

УДК 504.455+504.4.062.2+502.333

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ОЗЕРА СЕВАН

© 2016 г. Академик Г.Г. Матишов^{1,2}, В.В. Селютин¹, К.Э. Месропян¹,
Н.И. Булышева^{1,3}, И.В. Шевердяев^{1,3}, Р.М. Арутюнян⁴, Б.К. Габриелян⁵

Аннотация. В настоящее время для Республики Армения продолжает оставаться актуальной проблема восстановления экосистемы озера Севан после длительного регулирования его уровня. В статье для решения данной проблемы рассмотрен методологический подход интегрированного управления использованием природных ресурсов в регионе на основе концепции «движущие факторы, давление, состояние, воздействие, последствия, восстановление». Проведена комплексная оценка экономико-экологических факторов кризиса биологического баланса озера Севан с использованием опубликованных и фондовых гидролого-гидробиологических, экологических и экономических данных о состоянии бассейна озера за последние 80 лет. Для изучения динамики уровня озера Севан посредством дистанционного зондирования использовались данные, полученные со спутников Landsat 5 и Landsat 8. Выполнен анализ использования природных ресурсов в водосборном бассейне озера Севан в контексте интегрированного управления. Описано изменение одной из основных биоиндикационных групп гидробионтов – зообентоса. Разработаны методологические принципы интегрированного управления природопользованием в бассейне озера Севан. Показано, как эколого-экономические конфликты влияют на состояние озера. Сформулированы задачи будущих исследований: а) районирование прибрежной зоны озера Севан по степени совместимости землепользования, б) создание математического аппарата прогнозирования внешних нагрузок на его экосистему. Решение этих задач послужит базой для разработки организационных основ интегрированного природопользования и природоохранной деятельности в регионе.

Ключевые слова: экосистема, озеро Севан, природные ресурсы, антропогенное воздействие, спутниковые данные, гидробионты.

CURRENT STATE AND PROBLEMS OF THE STUDY OF LAKE SEVAN

Academician RAS G.G. Matishov^{1,2}, V.V. Selyutin¹, K.E. Mesropyan¹, N.I. Bulysheva^{1,3},
I.V. Sheverdyayev^{1,3}, R.M. Aroutiounian⁴, B.K. Gabrielyan⁵

Abstract. The recovery of Lake Sevan after a long period of its water level regulation remains to be important for the Republic of Armenia. A methodological approach to the natural resources' integrated management in the region based on the concept of "driving forces, pressures, state, impact, consequences, and recovery" is

¹ 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, тел. (863) 266-64-26, e-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru

² Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17.

³ Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, тел. (863) 250-98-07, e-mail: bulysheva@ssc-ras.ru.

⁴ Ереванский государственный университет (Yerevan State University, Yerevan, Republic of Armenia), Республика Армения, г. Ереван, 0025, ул. Алека Манукяна, 1, e-mail: rouben_a@hotmail.com

⁵ Научный центр зоологии и гидроэкологии Национальной академии наук Республики Армения (Scientific Center of Zoology and Hydro-Ecology of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Republic of Armenia), Республика Армения, г. Ереван, 0014, ул. П. Севака, 7, e-mail: gabrielb@sci.am

discussed in the paper to solve the indicated problem. A complex evaluation of economical and ecological factors of biological balance crisis in Lake Sevan was conducted by using published and archival hydrological, hydrobiological, ecological, and economic data on the state of the lake basin during the last 80 years. Remote sensing data obtained from satellites Landsat 5 and Landsat 8 were used for the water level dynamics investigation. The authors analyzed natural resources' exploitation in Lake Sevan water catchment basin in the context of integrated management. The changes of zoobenthos, one of the main bio-indicative groups of hydrobionts, were described. The methodological principles of integrated management of nature exploitation in Lake Sevan basin were developed. The research results indicate that ecological and economic conflicts affect the lake status. The following goals of subsequent studies have been formulated: a) coastal area zoning by degree of compatibility of land use types; b) development of mathematical tool for the forecast of Lake Sevan ecosystem external loads. The achievement of indicated goals will provide the conditions for the development of managerial base of natural resources' integrated exploitation and nature protection in the region.

Keywords: ecosystem, Lake Sevan, natural resources, anthropogenic impact, satellite data, hydrobionts.

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Севан – крупнейший высокогорный пресноводный водоем Северного Кавказа, характеризующийся нарушенным биотическим балансом. Трудно переоценить значение для Армении этого водоема, который одновременно является хранилищем стратегического запаса пресной воды, ресурсом для гидроэнергетики и орошения (река Раздан), объектом культурного наследия, туризма и рекреации, источником ценной рыбной продукции, крупным водохозяйственным комплексом регионоформирующего воздействия.

История систематического изучения Севана насчитывает более 90 лет начиная с создания в 1923 г. Севанской рыболовной станции, позднее – Севанской гидробиологической станции, реорганизованной в 1990 г. в Институт гидроэкологии и ихтиологии Национальной академии наук Республики Армения (НАН РА), ныне входящий в состав Научного центра зоологии и гидроэкологии (НЦЗГЭ НАН РА).

Интенсификация научных исследований озера Севан в современный период связана с признанием того факта, что нерациональное использование его ресурсов привело к экологическому кризису. Проблемы водоема обозначались еще в 1930-х годах, когда была разработана схема искусственного снижения уровня и значительного сокращения площади озера, а вековые запасы вод стали использоваться в ирригационных и энергетических целях. С вводом в 1949 г. Севанской ГЭС (в последующем – Севано-Разданского каскада) интенсивность попусков увеличилась, уровень озера стал ежегодно снижаться на один метр. В результате максимальное снижение (в 1970-е гг.) достигло 20 метров.

Скачкообразное снижение уровня в сочетании с ростом хозяйственного воздействия на экосисте-

му со стороны водосбора запустило ряд внутриводоемных процессов, ухудшивших качество вод и условия воспроизводства ценных промысловых популяций. Фактически над экосистемой озера был поставлен уникальный, хотя и неоправданный природный эксперимент, который дал обильный материал для широкого спектра научных исследований, имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение.

Для выбора научно обоснованной стратегии решения проблемы Севана в 1980–1987 гг. была разработана «Комплексная программа исследований озера Севан», в которой участвовало около 40 научно-исследовательских институтов СССР. Однако в связи с распадом СССР и последующими экономическими трудностями переходного периода в Армении комплексные исследования Севана не получили запланированного развития, выработанные рекомендации не были реализованы.

Очередной шаг в исследованиях озера был сделан в рамках соглашения о научном сотрудничестве между Институтом биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН и Институтом гидроэкологии и ихтиологии НЦЗГЭ НАН РА при осуществлении проекта «Совместные исследования современного экологического состояния озера Севан». Результаты исследований российско-армянской биологической экспедиции оз. Севан (2005–2010 гг.) опубликованы в [1; 2 и др.]. В 2011 г. была также проведена комплексная оценка экологического состояния озера Севан на основе исследований, показавших необходимость постоянного мониторинга качества воды и состояния окружающей среды в прибрежных зонах [3].

Вместе с тем ряд важных аспектов функционирования экосистемы оз. Севан до настоящего времени остается недостаточно изученным, что затрудняет получение целостного системного

представления об экосистеме. В разные годы предпринималось несколько попыток создания математической модели оз. Севан, но верифицированной модели, пригодной для прогнозирования и оценок возможных сценариев управления состоянием озера, до сих пор не существует. В частности остаются открытыми или недостаточно изученными такие важные вопросы, как динамика органических и минеральных соединений азота, фосфора и органического углерода в притоках и водах озера, внешний баланс азота, фосфора и органического углерода, энергетический (биотический) баланс экосистемы, включая трофическую сеть, состав органического вещества в контексте соотношения стабильных и легко окисляемых фракций.

Недоучет специфики хозяйственной активности и социальных факторов в прибрежных зонах, а также мультипликативного эффекта привел к диспропорциям в развитии отдельных звеньев хозяйственного комплекса, чрезмерной эксплуатации или недооценке имеющихся природных ресурсов озера. В этой связи актуальной проблемой является формирование системы управления природопользованием, которая могла бы обеспечить экономико-экологическую безопасность в регионе бассейна озера Севан. Мировой опыт свидетельствует о необходимости применения системного подхода и оценки эколого-экономических конфликтов для комплексного управления и устойчивого развития бассейнов озерных экосистем [4].

Представленная работа подготовлена в рамках научного проекта, целью которого является формирование интегрированной системы управления природопользованием для обеспечения экономико-экологической безопасности в регионе бассейна оз. Севан. Для этого требуется: а) провести системную оценку экономико-экологических факторов кризиса биологического баланса оз. Севан с использованием современных информационных технологий, спутниковой информации, б) выполнить всесторонний анализ природно-хозяйственного комплекса в водосборном бассейне оз. Севан в контексте интегрированного управления, в) разработать методологические принципы интегрированного управления природопользованием в бассейне оз. Севан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведен ретроспективный анализ опубликованных и фондовых гидролого-гидробиологических и эколого-экономических данных о состоянии бассейна оз. Севан за последние 80 лет.

Для изучения динамики уровня оз. Севан по данным дистанционного зондирования использовались данные, полученные со спутников Landsat 5 и Landsat 8, поскольку имеется свободный доступ к непрерывному архиву спутниковых снимков с начала 1980-х гг. Среди них есть снимки с обширным охватом (200×200 км). Они имеют оптимальное пространственное разрешение 30×30 м; съемка производилась в видимом, ближнем инфракрасном и инфракрасном диапазонах. Дешифрирование полигонов водного зеркала проводилось путем расчета вегетационного индекса (NDVI) для каждого изображения. Были использованы снимки с различными датами преимущественно теплого периода, чтобы исключить ошибочную классификацию снежного покрова как водной поверхности.

Для аналитической поддержки формирования антикризисной политики в отношении экосистемы озера Севан использовались системные подходы DPSIRR (*driving forces, pressures, state, impact, response, recovery* – движущие факторы, давление, состояние, воздействие, последствия, восстановление) [5] и CHANS (*coupled human and natural systems* – связанные человеческие и природные системы), позволяющие интегрировать наборы данных, необходимых для анализа изменений природной и антропогенной систем [6; 7].

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗЕРА СЕВАН

Ретроспективный анализ данных показал, что на протяжении последних 80 лет экосистема оз. Севан претерпела значительную трансформацию, последствия которой представлены в таблице 1. Так, начиная с 1937 г. проводились интенсивные попуски, имевшие целью решение хозяйственных задач – создание энергетических мощностей и орошение 80 тыс. га земель Араратской долины. Планировалось ежегодно выпускать по 1 млрд м³ воды и в течение 50 лет сократить вековые запасы озера до 8,5 млрд м³, что должно было повлечь снижение уровня на 50 м, осушение Большого Севана и сокращение площади водной поверхности Малого Севана до 239 км². В 1960-х гг. было решено привести уровень озера ближе к естественному. С 1965 г. попуски из озера сокращены до 500 млн м³ в год. Кроме того, для увеличения приходной части водного баланса в 1981 г. был введен в эксплуатацию подземный канал Арпа – Севан длиной 49 км, что позволило перебрасывать до 250 млн м³ воды в год. Далее для увеличения уровня воды в озере было решено построить канал Воротан – Арпа (из Спандарянского водохранилища в Кечутское) длиной 21,7 км. Его строительство было завершено в 2003 г. (рис. 1) [8].

Таблица 1. Ключевые этапы антропогенного вмешательства в экосистему озера Севан 1933–2015 гг. (составлено по [3; 9; 10])
Table 1. Milestones of anthropogenic interference into the ecosystem of Lake Sevan in 1933–2015 (composed based on [3; 9; 10])

Годы	Действия	Последствия
1933	Создание Севан-Разданского ирригационно-энергетического комплекса, расход трети объема воды на хозяйственные нужды	Снижение уровня озера
1937–1962	Интенсивное использование вод озера для развития агропромышленного комплекса прилегающих территорий	Развитие экономики республики, снижение уровня озера
1962–1978	Прекращение энергетических попусков воды	Ухудшение качества воды, эвтрофирование → цветение
1978–1987	Создание Национального парка «Севан», ввод в эксплуатацию подземного канала Арпа – Севан длиной 49 км	Замедление падения уровня озера
1994–2002	Проект «Восстановление экологического равновесия озера Севан» (при финансовой поддержке Всемирного банка), закон Республики Армения «Об озере Севан», законопроект об изменениях в законе «Об утверждении годовых и комплексных программ по восстановлению, охране, воспроизводству и использованию экосистемы озера Севан»	Замедление падения уровня озера, загрязнение озера
2003–2008	Создание основ ведения государственного водного кадастра, программа сохранения репродукции и использования экосистем озера, реконструкция и эксплуатация туннеля Воротан – Арпа	Поднятие уровня озера, затопление объектов береговой зоны, заиливание донных осадков в зоне затопления
2014–2015	Очистка затопленных прибрежных территорий, реинтродукция севанской форели – ишхана и пр.	Некоторое улучшение характеристик воды (прозрачность и пр.)

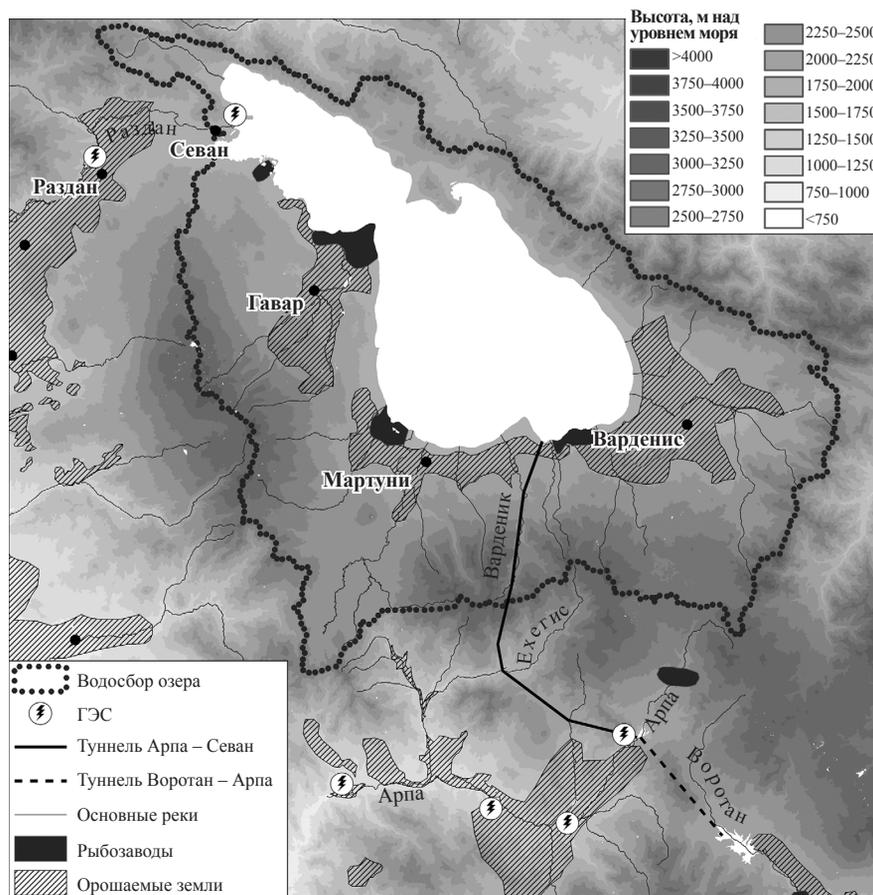


Рис. 1. Гидрография бассейна оз. Севан (составлена по данным [8])
Fig. 1. Hydrography of Lake Sevan basin (compiled according to [8])

В 2001 г. законом об оз. Севан были зафиксированы следующие меры: исключение отрицательного водного баланса озера; исключение хозяйственной деятельности, способной нанести ущерб экологии озера; осуществление подъема уровня на 6 м (до уровня 1903,5 м). В результате осуществленных мероприятий уровень озера начал ежегодно повышаться и часть затопляемых берегов, где в середине прошлого века были посажены деревья и организованы рекреационные зоны, не были под-

готовлены и стали источником серьезного загрязнения озера [1].

В результате принятых мер падение уровня замедлилось, достигнув минимума в 2002 г. (1896,34 м), и с этого года уровень начал подниматься, превысив в 2011 г. отметку в 1900 м (табл. 2). Таким образом, за семь лет уровень воды в озере повысился на 2,47 м. По данным Гидрометслужбы МЧСТУ Республики Армения, в 2008–2014 гг. уровень озера поднялся всего на 1,34 м и на 1 января 2015 г. составил 1900,13 м [11].

Таблица 2. Водный баланс озера Севан в 2002–2009 гг. [1]
Table 2. The water balance of Lake Sevan in 2002–2009 [1]

Составляющие водного баланса	Годы							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Поверхностный приток, млн м ³	692,5	760,9	750,5	735,2	703,2	804,1	668	764,3
Подземный приток, млн м ³	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2
Осадки на зеркало, млн м ³	585,6	620,9	567,8	577,4	554,0	742,9	469,4	625,7
Приток из Арпы, млн м ³	243,7	260,6	247,9	240,6	183,8	177,5	192,4	203,8
Итого приход, млн м ³	1616,0	1736,6	1660,4	1647,4	1535,2	1818,7	1424,0	1688,0
Испарение, млн м ³	966,5	1018,4	1015,4	1001,2	1170,3	1092,8	1044,9	1053,7
Подземный сток, млн м ³	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
Сток в Раздан, млн м ³	99,4	118,3	149,9	149,6	152,4	154,6	303,7	126,5
Итого расход, млн м ³	1080,3	1151,1	1179,7	1165,2	1337,1	1261,8	1363,0	1194,6
Уровень в конце года, м	1896,76	1897,24	1897,66	1898,07	1898,25	1898,79	1898,85	1899,23
Объем воды в конце года, км ³	33,466	34,066	34,584	35,094	35,326	36,003	36,088	36,566

Анализ данных дистанционного зондирования динамики береговой линии подтвердил увеличение уровня озера в последнее десятилетие (рис. 2). Из всех имеющихся изображений только на космическом снимке от 05.03.1999 г. отмечен минимальный

уровень. В архиве наблюдений данные за 2002 г., когда уровень водоема упал до минимума, отсутствуют. Для каждого снимка были рассчитаны площади водного зеркала, которые были сопоставлены с уровнями и сведены на рисунке 3.

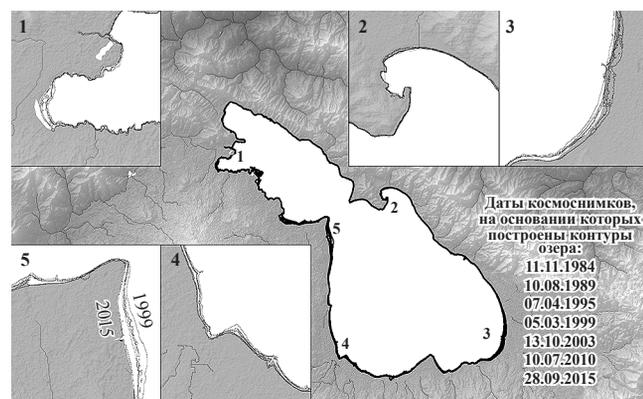


Рис. 2. Динамика береговой линии озера Севан по снимкам Landsat (внешняя граница – уровень в 2015 г.; внутренняя граница – уровень в 1999 г.)

Fig. 2. Dynamics of Lake Sevan shoreline by Landsat images (the outer limit – the level in 2015; the inner limit – the level in 1999)

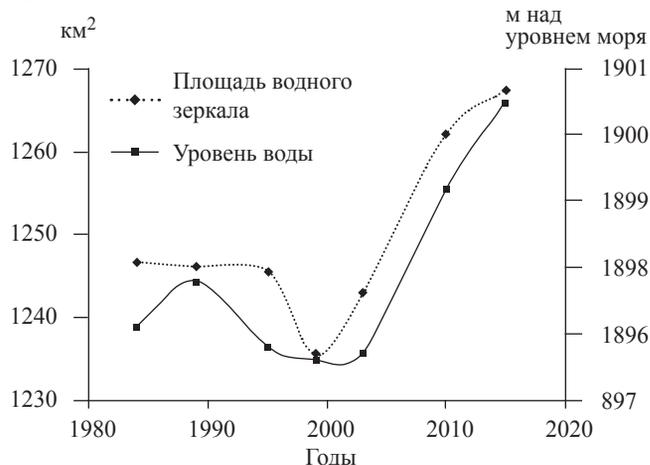


Рис. 3. Сравнение динамики площади оз. Севан и уровня воды

Fig. 3. Comparison of the dynamics of Lake Sevan total area and water level

Все описанные выше изменения не могли не отразиться на гидробионтах оз. Севан. Известно, что одним из индикаторов состояния экосистемы в целом является зообентос, характеризуемый стабильной локализацией в течение длительного времени. В состав зообентоса входят наиболее долгоживущие группы гидробионтов, причем их доля самая значительная в общей биомассе водоема. Зообентос традиционно является основой систем биоиндикации стран Европы и США. Методики оценки состояния водных экосистем по показателям зообентоса были также утверждены в СССР, а затем в России [12].

В период существования СССР озеро считалось одним из наиболее изученных горных водоемов, однако после распада СССР в 1990-е гг. интенсивность исследований гидробионтов значительно снизилась.

Особенностью оз. Севан допускоского периода было интенсивное развитие макрофитов до глубин 15–19 м. Понижение уровня воды привело к большим изменениям в составе и распределении грунтов озера. Каменистые донные осадки и галечник, занимавшие значительную часть прибрежного дна, оказались выше современного уровня озера, песчаные донные осадки заилились, почти полностью исчезла прибрежная полупогруженная растительность [1].

По продуктивности макрозообентоса выделяют шесть периодов (рис. 4): малопродуктивный в 1928–1948 гг.; высокопродуктивный в 1955–1971 гг.; высокопродуктивный в 1976–1980 гг.; период снижения продуктивности в 1981–1985 гг.; период относительной стабилизации продуктивности в 1986–1991 гг.; в 2004–2009 гг. отмечалось некоторое снижение продуктивности [1]. Последний спад продуктивности можно связать с принятием в 2001 г. закона Республики Армения «Об утверждении годовых и

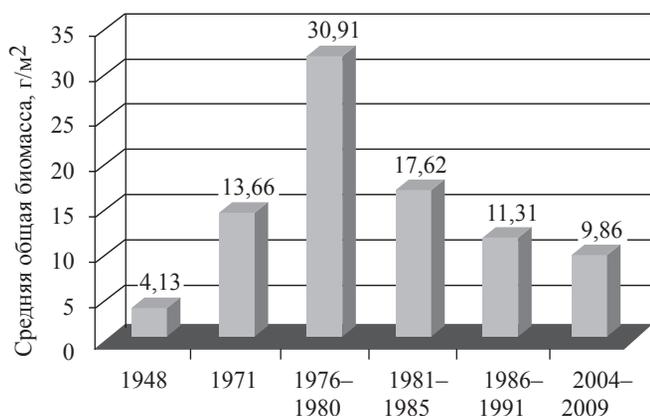


Рис. 4. Динамика биомассы зообентоса в оз. Севан (по данным [1])

Fig. 4. Dynamics of zoobenthos biomass in Lake Sevan (according to [1])

комплексных мероприятий по сохранению, восстановлению, воспроизводству и использованию экосистемы озера Севан».

В начале текущего столетия в рамках Российско-армянской комплексной биологической экспедиции РАН и НАН Армении было отмечено 38 видов зообентоса, из них 14 зарегистрированы в озере первый раз [2; 13]. Впервые за последние 30 лет в сублиторали и профундали оз. Севан по биомассе доминировали хирономиды (48,9 и 60,3 % соответственно), доля которых ранее составляла около 22–26 %. Одной из вероятных причин смены доминирующих групп в составе макрозообентоса является резкое снижение численности севанского сига – основного потребителя личинок и куколок Chironomidae [1; 2].

Происходящие процессы привели к необходимости разработки научных основ интегрированного управления использованием ресурсов в бассейне оз. Севан и проведения политики, ориентированной на вырабатываемые в рамках системного подхода рекомендации.

Как показывает анализ текущей ситуации, недостаточно проведения мониторинга качества воды в бассейне оз. Севан. Процесс восстановления уровня оз. Севан осложняется конфликтом интересов различных групп в Республике Армения. С 2008 г. ведутся дебаты об увеличении пусков воды из озера для обеспечения водой нижерасположенной оросительной системы, забора воды для хозяйственных нужд. Также ежегодно существует опасность снижения притока воды из рек Арпа и Воротан, входящих в сложную гидротехническую систему страны. Проблемы экологической безопасности и окружающей среды включены в систему регионального сотрудничества, осуществляемого по программам и соглашениям в рамках СНГ, Черноморского экономического сотрудничества [14].

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КОНФЛИКТЫ В БАСЕЙНЕ ОЗЕРА СЕВАН

Границы бассейна оз. Севан совпадают с территорией Гегаркуникской области Республики Армения с плотностью населения 45 человек на 1 км² (по данным 2012 г.) [15]. Как и 35 лет назад, на территории, занимающей 18 % площади страны, в настоящее время проживает 8 % от всего населения Армении, при этом городское население составляет около трети [9; 15]. В 1980-х гг. рост численности населения области происходил за счет городского населения, в последние годы численность населения городов оставалась относительно стабильной.

Основными видами хозяйственной деятельности региона являются сельское хозяйство (растениеводство – производство зерна, картофеля и овощей), рыболовство и горнодобывающая промышленность (золото, доломит, базальт, песок, вулканический туф). В масштабах страны сельское хозяйство Гегаркуникской области наиболее значимо, поскольку его вклад в объем республиканского сельхозпроизводства составляет 19 %, что превышает данный показатель 1980-х гг. (12 %). Доля промышленности региона в объеме промышленного производства государства невелика – 2 %, что в два раза меньше, чем 35 лет назад.

Вода в регионе расходуется на следующие цели: сельское хозяйство и рыболовство (50 %), потери воды при транспортировке (36 %), промышленное и жилищно-коммунальное потребление (9 %) и питьевые нужды (5 %).

Исследователи выделяют наиболее существенные экологические проблемы, связанные с повышением уровня Севана: сброс вредных веществ в озеро, эрозия почв, исчезновение естественных водоемов, воздействие глобальных изменений климата, сокращение биоразнообразия [16]. Связанные с этими проблемами эколого-экономические конфликты в бассейне озера Севан разделяются на два основных типа: а) конфликты между нормативным и фактическим состоянием окружающей среды (сброс стоков в водные объекты, загрязнение отходами, эвтрофирование, абразия берегов и т.п.); б) конфликты, связанные с различными целями землепользования: распашка или застройка в водоохранной зоне и на эрозионно-опасных склонах, выпас в водоохранной зоне, размещение промышленных предприятий, природно-антропогенные ландшафты и т.п. [17].

В 2009 г. были представлены возможные пути реализации ландшафтного плана как инструмента разработки стратегии экологически ориентированного землепользования [18]. Предложено районировать территории бассейна оз. Севан по категориям в соответствии с типом рекомендованных целей развития: сохранение, улучшение и развитие. Для категории «сохранение» определено: запрет всех видов хозяйственной деятельности, нарушающих режим заповедников и заказников, строгая охрана, постоянный уход и контроль с отказом от использования выходов подземных вод, родников и мест водозаборов, находящихся в густонаселенных районах (для хребтов Гегам и Варденис западного и южного побережья озера). В целях улучшения состояния водосбора предложено уделить внимание территориям в прибрежных частях Севанской котловины, Масрикской равнины и северо-запада Гегамского хребта с

последующим переводом в категорию «сохранение». Примыкающие к предгорьям юго-восточного побережья озера территории предложено перевести из категории «улучшение» в категорию «развитие». К категории «развитие» также отнесены территории высокогорных частей всех горных хребтов, окаймляющих озеро, кроме территорий северо-западной части Гегамского хребта, находящихся под сенокосами и пастбищами и нуждающихся в регламентированном использовании.

В 2010 г. Правительством Республики Армения были утверждены следующие меры по восстановлению экосистемы [3]:

1) мероприятия, обеспечивающие дальнейший подъем уровня озера, сокращение потерь воды (проверка и отладка водоводов, реконструкция Апаранского водохранилища, урегулирование пусков воды на орошение);

2) мероприятия, направленные на сокращение поступления загрязняющих веществ в озеро и улучшение качества воды;

3) меры, направленные на восстановление биоразнообразия в озере, в частности местной ихтиофауны, включающие разработку нового порядка промысловой рыбной ловли, обеспечение беспрепятственного нереста рыб в реках бассейна, запрещение строительства малых ГЭС на реках бассейна;

4) меры по охране почв – облесение склонов в бассейне озера;

5) расширение и усовершенствование системы экологического мониторинга в озере и его бассейне как по географическому охвату, так и по перечню изучаемых загрязняющих веществ.

Реализация ряда перечисленных выше мероприятий потенциально влечет за собой появление новых конфликтов, поэтому необходимо предложить подход интегрированного управления ресурсами озера.

ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ОЗЕРА И ЗАДАЧИ БУДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Применение интегрированного подхода опирается на изучение долгосрочного взаимодействия экологической и социально-экономической систем. Будучи взаимосвязанными, эти системы уязвимы относительно изменений, происходящих в экосистеме озера. Последствия деградации оз. Севан чреваты существенными изменениями режима поверхностных и подземных вод, общей аридизацией региона, потерей перспективного источника питьевого водоснабжения и базы значительного биоразнообразия.

Для анализа проблем оз. Севан сформирована схема причинно-следственных связей, отражающих взаимодействие социально-экономических и природных систем (рис. 5). Более детальное рассмотрение эколого-экономических конфликтов в бассейне озера предложено в форме классификации конфликтов согласно [16] (рис. 6).

Рассматриваемый подход предполагает: 1) районирование прибрежной зоны оз. Севан по степени совместимости (конфликтности) разных видов деятельности по использованию природных ресурсов на основе изучения динамики ландшафтов (обработка спутниковых снимков); 2) создание математического



Рис. 5. Схема причинно-следственных связей, отражающих взаимодействие социально-экономических и природных систем
Fig. 5. The scheme of causal relationship indicating the interaction of socio-economic and natural systems

аппарата прогнозирования взаимосвязанных явлений с помощью сценарного моделирования внешних нагрузок на экосистему, в том числе воздействия на ресурсы озера сельского хозяйства и водоснабжения. В частности, для управления прибрежным рыболовством необходимы модели управления водными ресурсами водохозяйственных систем, связанных с оз. Севан. Результаты комплексного анализа проблем и перспектив устойчивого развития региона могут быть представлены в виде картографического материала благодаря применению геоинформационных технологий и других методов визуализации пространственных данных [19].



Рис. 6. Конфликты природопользования в бассейне оз. Севан (составлен по [15])
Fig. 6. Conflicts of nature exploitation in the basin of Lake Sevan (composed based on [15])

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение эколого-экономических проблем оз. Севан предлагается проводить с использованием методологического подхода, учитывающего наличие конфликтности видов природопользования, влияние факторов времени и неопределенности в системе экономико-экологического планирования и интегрированного антикризисного управления.

В качестве научно-методических основ предлагается разработать модели управления в регионе бассейна оз. Севан, описывающие механиз-

мы использования водных ресурсов и развития природно-хозяйственных комплексов оз. Севан и способы интеграции в системе управления экономико-экологическим устойчивым развитием оз. Севан.

Данное исследование выполнено при поддержке РФФИ и Государственного комитета по науке Министерства образования и науки Республики Армения в рамках международного проекта № 15-55-05099 Арм_а «Научные основы интегрированного управления использованием природных ресурсов оз. Севан».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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, изд-во «Наука» ДНЦ: 348 с.
2. Щербина Г.Х. 2013. Видовой состав и структура макрозообентоса озера Севан. *Биология внутренних вод*. (2): 44–50. doi: 10.1134/S1995082913020089
3. *Интегральная оценка экологического состояния озера Севан (GEO-Lake Sevan)*. 2011. Ереван, изд-во Лусакн: 100 с.
4. Ness B., Anderberg S., Olsson L. 2010. Structuring problems in sustainability science: The multi-level DPSIR framework. *Geoforum*. 41: 479–488.
5. Teixeira Z., Teixeira H., Marques J.C. 2014. Systematic processes of land use/land cover change to identify relevant driving forces: Implications on water quality. *Science of the Total Environment*. 47: 1320–1335.
6. Baustian M.M., Mavrommati G., Dreelin E.A., Esselman P., Schultze S.R., Qian L., Rose J.B. 2014. A one hundred year review of the socioeconomic and ecological systems of Lake St. Clair, North America. *Journal of Great Lakes Research*. 40: 15–26.
7. Elliott M., Burdon D., Hemingway K.L., Apitz S., 2007. Estuarine, Coastal and Marine Ecosystem Restoration: confusing management and science – a revision of concepts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 74: 349–366.
8. AUA Acopian Center for Environment GIS data. URL: <http://ace.aua.am/aua-acopian-center-for-the-environment-gis-data/> (дата обращения: 15.12.2015).
9. Исаханов Р. 1982. Социально-экономический комплекс региона бассейна озера Севан. *Вестник общественных наук*. (1): 13–21.
10. Информационное НПО «Эколур», 2014. URL: <http://www.ecolur.org/ru/news/officials/nature-protection-ministers-final-press-conference-for-2014-lake-sevan-part-3/6913/> (дата обращения: 10.11.2015).
11. Информационное НПО «Эколур», 2014. URL: <http://www.ecolur.org/ru/news/sevan/lake-sevan-water-balance-element-and-level-change-dynamics-for-20022014/7033/> (дата обращения: 15.12.2015).
12. *Руководство по гидробиологическому мониторингу поверхностных экосистем*. 1992. Под ред. В.А. Абакумова. СПб., Гидрометеиздат: 318 с.
13. Щербина Г.Х., Зеленцов Н.И. 2011. К фауне хирономид (Diptera, Chironomidae) озера Севан. *Биология внутренних вод*. (3): 11–14.
14. Петросян Р.А. 2014. Экологическая безопасность как фактор обеспечения экологического благополучия окружающей среды. *Сборники конференций НИЦ Социосфера*. (33): 37–41.
15. Marzes of the Republic of Armenia and Yerevan city in figures, 2008–2012. National Statistical Service of the Republic of Armenia. URL: <http://armstat.am/en/?nid=82&id=1501> (дата обращения: 15.12.2015).
16. 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. doi: 10.1016/j.gnr.2009.09.014
17. Новикова Н.М., Калюжная И.Ю., Калюжная Н.С., Сохина Э.Н., Зубов И.А. 2012. Выявление и картографирование экологических конфликтов на примере Цимлянского водохранилища. *Аридные экосистемы*. Т. 18. 3(52): 31–43.
18. Гагаринова О.В., Саядян О.Я. 2009. Гидрологические основы ландшафтного планирования бассейна озера Севан. *География и природные ресурсы*. (3): 143–150.
19. Матишов Г.Г., Пащенко И.В. 2013. *Атлас социально-политических проблем, угроз и рисков Юга России. Т. VI (специальный выпуск): Южнороссийский макрорегион и Олимпиада в Сочи*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 200 с.

REFERENCES

1. *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 Lake Sevan in the period of its level increase. The research results of the Russian-Armenian hydrobiological expedition survey of Lake Sevan (Armenia) (2005–2009)]. 2010. Makhachkala, Nauka Publishers, Dagestan Scientific Center: 348 p. (In Russian).
2. Shcherbina G.Kh. 2013. The species composition and structure of macrozoobenthos in Lake Sevan during the period of its increased water level. *Inland Water Biology*. 6(2): 124–130. doi: 10.1134/S1995082913020089
3. *Integral'naya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya ozera Sevan*. [Integrated assessment of Lake Sevan environmental conditions (GEO-Lake Sevan)]. 2011. Erevan, Lusakn Publishers: 100 p. (In Russian).
4. Ness B., Anderberg S., Olsson L. 2010. Structuring problems in sustainability science: The multi-level DPSIR framework. *Geoforum*. 41: 479–488.
5. Teixeira Z., Teixeira H., Marques J.C. 2014. Systematic processes of land use/land cover change to identify relevant driving forces: Implications on water quality. *Science of the Total Environment*. 47: 1320–1335.
6. Baustian M.M., Mavrommati G., Dreelin E.A., Esselman P., Schultze S.R., Qian L., Rose J.B. 2014. A one hundred year review of the socioeconomic and ecological systems of Lake St. Clair, North America. *Journal of Great Lakes Research*. 40: 15–26.
7. Elliott M., Burdon D., Hemingway K.L., Apitz S., 2007. Estuarine, Coastal and Marine Ecosystem Restoration: confusing management and science – a revision of concepts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 74: 349–366.
8. AUA Acopian Center for Environment GIS data. Available at: <http://ace.aua.am/aua-acopian-center-for-the-environment-gis-data/> (accessed 15 December 2015).
9. Isakhanov R. 1982. [Socio-economic complex of Lake Sevan basin]. *Vestnik obshchestvennykh nauk. (Herald of the Social Sciences)*. (1): 13–21. (In Russian).
10. Ecolur Informational policy in ecology. 2014. Available at: <http://www.ecolur.org/ru/news/officials/nature-protection-ministers-final-press-conference-for-2014-lake-sevan-part-3/6913/> (accessed 10 November 2015).
11. Ecolur Informational policy in ecology. 2014. Available at: <http://www.ecolur.org/ru/news/sevan/lake-sevan-water-balance-element-and-level-change-dynamics-for-20022014/7033/> (accessed 15 December 2015).

12. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu poverkhnostnykh ekosistem*. [Guide on hydrobiological monitoring of surface ecosystems]. 1992. V.A. Abakumov (Ed.). St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publishers: 318 p. (In Russian).
13. Shcherbina G.Kh., Zelentsov N.I. 2011. [On the fauna of chironomids (Diptera, Hironomidae) of Lake Sevan]. *Biologiya vnutrennikh vod. (Inland Water Biology)*. (3): 11–14. (In Russian).
14. Petrosyan R.A. 2014. [Environmental safety as a factor ensuring the well-being of the environment]. *Sborniki konferentsiy NIC Sociosfera*. (33): 37–41. (In Russian).
15. Marzes of the Republic of Armenia and Yerevan city in figures, 2008–2012. National Statistical Service of the Republic of Armenia. Available at: <http://armstat.am/en/?nid=82&id=1501> (accessed 15 December 2015).
16. Antipov A.N., Semenov J.M., Elisbarashvili N.K., Sayadyan H.Y., Mamedov R.M. 2009. Landscape planning in Transcaucasia. *Geography and natural resources*. (3): 286–293. doi: 10.1016/j.gnr.2009.09.014
17. Novikova N.M., Kalioujnaia I.Yu., Kalioujnaia N.S., Sokhina E.N., Zubov I.A. 2012. Identification and mapping of ecological conflicts on the example of Tsimlyansk reservoir. *Arid Ecosystems*. 2(3): 156–164. doi:10.1134/S2079096112030110
18. Gagarinova O.V., Sayadyan O.Ya. 2009. [Hydrological bases of landscape planning of Lake Sevan basin]. *Geografiya i prirodnye resursy*. (3): 143–150. (In Russian).
19. Matishov G.G., Pashchenko I.V. 2013. *Atlas sotsial'no-politicheskikh problem, ugroz i riskov Yuga Rossii. T. VI (spetsial'nyy vypusk): Yuzhnorossiyskiy makroregion i Olimpiada v Sochi*. [Atlas of Social-Political Problems, Threats, and Risks in the South of Russia. Volume VI (Special Issue): Southern Russian Macro-Region and the Olympic Games in Sochi]. Rostov-on-Don, SSC RAS Publishers: 200 p. (In Russian).

Поступила 24.12.2015