

## ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ ОЗЕРА СЕВАН

Ю.Л. Джавадян<sup>1</sup>, В.О. Саркисян<sup>2</sup>, П.О. Балджян<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ЗАО “Институт Армводпроект”

<sup>2</sup>Национальный университет архитектуры и строительства Армении

<sup>3</sup>Национальный политехнический университет Армении

Существенное расхождение в величине активной водоотдачи, полученное различными способами, обусловлено погрешностями водно-балансовых расчетов. В связи с этим более надежной представляется оценка, сделанная по изменению объема водной массы и величине попусков, наиболее точно учитываемых гидрометрическими измерениями. На основании расчетов активной водоотдачи оз. Севан и с использованием новых гидрометеорологических данных дана оценка перспективного увеличения уровня оз. Севан до 2030 г. Получена тенденция изменения величины активной водоотдачи озера за 1927-2014 гг. Результаты расчетов позволяют констатировать, что величина естественной активной водоотдачи начиная с 1927 года постепенно увеличивается и в настоящее время с учетом переброски воды из реки Арпа составляет в среднем  $465 \text{ млн м}^3/\text{год}$ . Получена величина ежегодного поднятия уровня озера в среднем на  $22,5 \text{ см}$  с расчетом окончательного его поднятия на  $3,87 \text{ м}$ , т.е. до отметки  $1903,5 \text{ м}$  над уровнем моря, с учетом решения правительства РА о допустимой максимальной величине водозабора из озера для орошения до  $170 \text{ млн м}^3/\text{год}$ .

**Ключевые слова:** активная водоотдача, водозабор, циклическое колебание, экосистема, линия тренда, водный баланс.

**Введение.** Проблема восстановления экологического равновесия и качества воды оз. Севан после значительного уменьшения его объема, сохранения его уровня на возможно высокой отметке наряду с развитием орошаемого земледелия, водоснабжения, гидроэнергетики и других видов водопотребления является одной из острейших современных эколого-водохозяйственных задач Армении, связанной с влиянием хозяйственной деятельности на водные ресурсы республики. Прогноз режима уровня оз. Севан в настоящее время становится особенно актуальным для Армении в связи с увеличением роли антропогенного фактора в изменении поверхностного притока и уровней озера и реальной возможности вмешательства человека в переброску в ближайшем будущем дополнительного стока из р. Воротан в этот водоем.

В современных условиях при расчетах и прогнозах уровня оз. Севан необходимо учитывать существенную неоднородность притока вод в озеро, что обусловлено влиянием хозяйственной деятельности.

Основная цель перспективной оценки уровня воды оз. Севан - это охрана пресной воды, имеющей общенациональное и региональное значение, восстановление экологического равновесия и естественного развития экосистемы бассейна озера Севан и обеспечение устойчивого использования его водных ресурсов.

**Методы исследования.** Изучение изменения годовых величин основных параметров водного баланса [1] оз. Севан показало, что среднегодовая величина осадков, как основной показатель водности бассейна озера Севан за многолетний период (1927-2014 гг.), уменьшилась, составляя в среднем 500 млн м<sup>3</sup> (колебание за этот период составляло от 283 до 812 млн м<sup>3</sup>/год).

На рис. 1 приведен график колебания величин осадков на зеркало озера. Как видно из графика циклического колебания осадков, за 2001-2011 гг. наблюдалась фаза резкого подъема, в результате которого уровень озера за этот промежуток времени увеличился на 3,81 м.

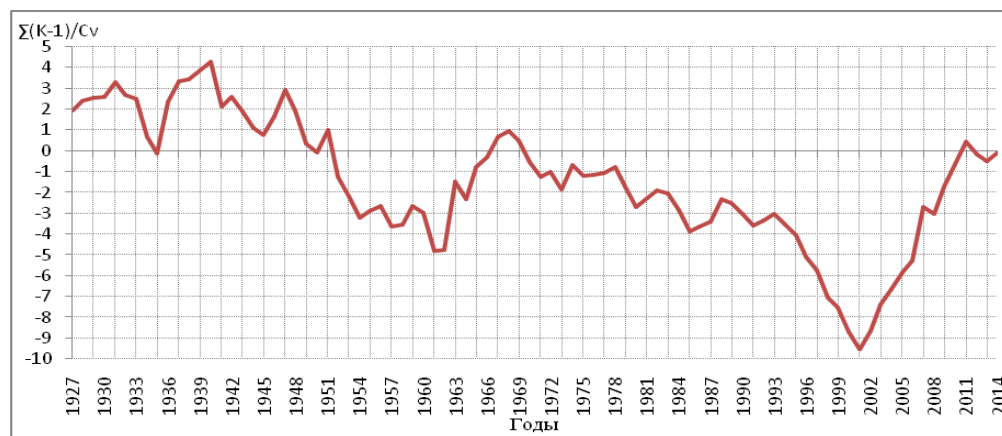


Рис. 1. Циклическое колебание осадков на зеркало озера за 1927-2014 гг.

Применительно к обоснованию проведенных мероприятий по рациональному использованию вод оз. Севан и подъему его уровня наиболее существенным вопросом, связанным с водно-балансовыми расчетами, является вопрос об оценке величины активной водоотдачи.

Для осуществления этой цели необходимо было решить следующие задачи.

1. Оценка величины активной водоотдачи как одного из основных параметров водного баланса озера, а также тенденции использования вод и изменения уровня за многолетний период и прогноз их изменения в перспективе.

2. Оценка и обоснование величины водозабора из озера с целью использования, особенно в сфере орошения, в перспективе до увеличения установленной отметки.

3. Оценка величины среднего ежегодного поднятия уровня озера и общего увеличения в перспективе до отметки 1903,5 м.

В 1984 году впервые учеными республики было предложено поднять уровень озера максимально на 6 м (до отметки 1903,5 м) с учетом того, что дальнейшее поднятие уровня от этой отметки приведет к уменьшению площади сечения туннеля и, тем самым, его пропускной способности, а также к нарушению закономерности режима движения стока.

Кроме того, после понижения уровня от естественного почти на 13 м в озере возникли нежелательные гидробиологические и гидрохимические явления [2].

В естественных условиях, до 1933 года, величина активной водоотдачи озера составляла около 110 млн м<sup>3</sup>/год. Но тогда уже предполагалось, что по мере снижения уровня озера и уменьшения непроемительных потерь этот показатель будет возрастать [3]. И в действительности, в дальнейшем величина водоотдачи озера несколько увеличилась в результате уменьшения испарения с водной поверхности и оттока подземных вод из озера, а начиная с 1981 года - также в связи с эксплуатацией туннеля Арпа-Севан и переброской вод из речного бассейна Арпы.

При отсутствии антропогенных воздействий естественная водоотдача обычно определяется как сумма поверхностного стока и приращения уровня озера (+) или (-). В условиях антропогенного воздействия величина активной водоотдачи определяется как разность между приходной частью баланса озера и естественной расходной его частью (испарение плюс подземный отток).

Однако активную водоотдачу можно определить также как разницу величин попусков из озера и изменения объема озера. Этот второй метод можно считать более приемлемым для расчетов, так как величина водоотдачи определяется по более сравнительно точным данным, а в его состав не включены точность гидрометеорологических измерений, а также точность расчетных методов отдельных компонентов баланса.

Основная часть годового отбора вод (более 67%) осуществляется в течение трех летних месяцев. Именно в эти месяцы преобладает водопотребление на нужды орошения. В остальные 9 месяцев отбирается около 1/3 части объема изымаемых вод.

В количественном отношении влияние промышленно-коммунального водопотребления на гидрологический режим речных бассейнов оз. Севан невелико и существенно не сказывается на их водных ресурсах.

Среднегодовое количество попусков из озера составляет 536 млн м<sup>3</sup>/год, наибольшее положительное изменение объема воды за многолетний период отмечалось в 1988 году (912 млн м<sup>3</sup>), а наименьшее - в 1972 году (25 млн м<sup>3</sup>).

В таблице приведены величины активной водоотдачи озера за отдельные периоды и оцененные по второму расчетному методу.

Как видно из таблицы, за период гидрометеорологических наблюдений озера Севан (1927-2014 гг.) средняя величина активной водоотдачи составляет 465 млн м<sup>3</sup>/год, а в годы эксплуатации туннеля Арпа-Севан (1981-2014 гг.) - 295...300 млн м<sup>3</sup>/год.

Таким образом, в настоящее время при современном режиме попусков из

Севана и сбросов в озеро объем воды, который можно изъять из озера, не затрагивая его запасов, составляет в среднем 460...470 млн м<sup>3</sup>/год.

Таблица

Средняя величина активной водоотдачи озера Севан за 1927-2014 гг.

Метод расчета	Период					
	Разница между попуском воды из озера и изменением объема озера (±)	1927 - 1932 гг.	1933 - 1950 гг.	1951 - 1965 гг.	1966 - 1980 гг.	1981-2014 гг.
	109	124	222	278	465	297

Полученная тенденция изменения величин активной водоотдачи озера за 1927-2014 гг. приведена на рис. 2.

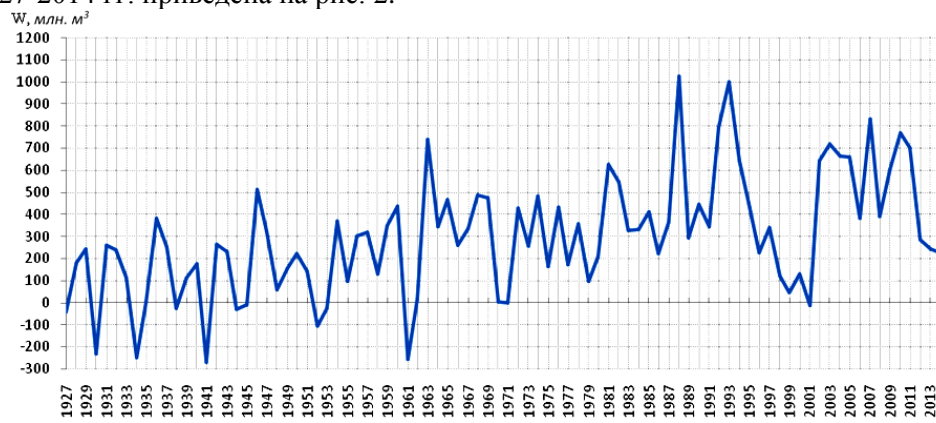


Рис. 2. Изменение величин активной водоотдачи оз. Севан за 1927-2014 гг.

Как видно, имеется четко выраженная тенденция увеличения этой величины на протяжении всего периода наблюдений. Это связано в основном как с переброской воды в озеро из соседнего бассейна, так и с уменьшением испарения из озера в связи с понижением его уровня.

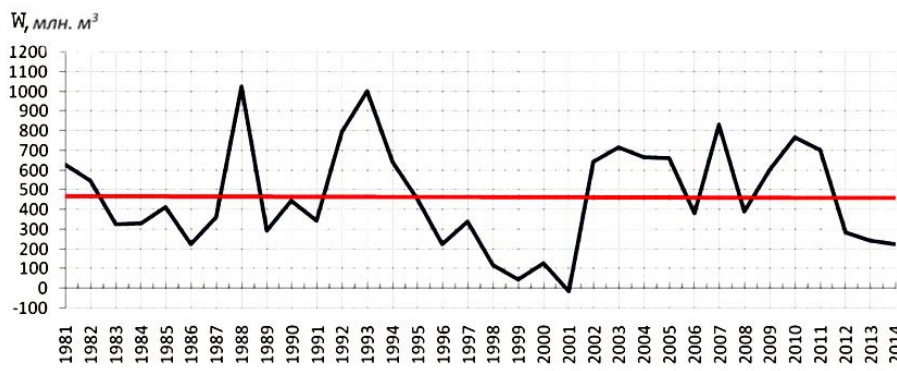


Рис. 3. Изменение величин активной водоотдачи оз. Севан за 1981-2014 гг.

Однако эта тенденция почти уравновесилась и стала почти постоянной (рис. 3) за последние 34 года (1981-2014 гг.), когда действовал туннель Арпа-Севан и воды бассейна реки Арпы перебрасывались в озеро Севан.

Как видно из линии тренда активной водоотдачи, средняя ее величина за этот период очень мало изменилась и составляла 465 млн м<sup>3</sup>/год. Между тем за период 2001-2011 гг. в связи с резким увеличением величин осадков над зеркалом озера величина водоотдачи озера доходила до 577 млн м<sup>3</sup>/год.

Изменение активной водоотдачи озера представлено в виде уравнения

$$W = - 0,22T + 468,7,$$

где W - величина активной водоотдачи, млн м<sup>3</sup>/год, а T - число лет, считая с 1981 г.

По состоянию на 1-е января 2015 г. отметка уровня оз. Севан составляла 1900,13 м, а площадь зеркала - 1276 км<sup>2</sup>. Если дату окончательного поднятия уровня озера принять 1-е января 2030 г. (срок поднятия уровня 15 лет), то за этот период, при среднем условии активной водоотдачи, уровень озера необходимо будет поднять на 3,37 м (до отметки 1903,5 м). При таком уровне площадь озера составит 1306 км<sup>2</sup>, а средняя площадь за этот промежуток времени будет 1291 км<sup>2</sup>.

В течение 15-ти ближайших лет общий объем требуемой воды с целью поднятия уровня составит 3,37 м • 1291 км<sup>2</sup> = 4350 млн м<sup>3</sup>, т.е. ежегодно потребуются увеличить объем озера в среднем на 4350:15 = 290 млн м<sup>3</sup>, а уровень воды озера ежегодно можно будет поднять на 3,37 м : 15 лет = 22,5 см.

**Заключение.** Используя ранее полученное уравнение линии тренда активной водоотдачи, можно предполагать, что до 2030 г. водоотдача озера составит в среднем 460 млн м<sup>3</sup>/год. Следовательно, при ежегодном увеличении объема озера на 290 млн м<sup>3</sup> величину водозабора из озера на нужды орошения сельскохозяйственных полей республики, не нарушая общего режима поднятия уровня оз. Севан до намеченной отметки – 1903,5 м, можно установить до 170 млн м<sup>3</sup>/год.

Однако необходимо иметь в виду, что во время эксплуатации туннеля практически не будет возможным ежегодно добавлять определенное количество воды в озеро и увеличить его уровень на постоянную величину. Эти величины за отдельные годы могут быть больше или меньше расчетных, так как изменение уровня воды зависит как от антропогенного влияния на озеро (рабочее состояние туннеля Арпа-Севан, строительство в республике новых водохранилищ и др.), так и от изменения основных климатических факторов водного баланса озера (осадки, испарение, температура воздуха и др.).

### Литература

1. Саркисян В.О. Воды Армении. – Ереван: ЕГУАС, 2008. - 208 с.
2. Մովսիսյան Վ.Մ. ՀՀ ջրային ռեսուրսների կառավարման հիմունքները: - Երևան: Երեւանի ճարտ. և շին. պետական համալսարան, 2012. – 215 էջ:

3. **Զիլինգարյան Լ.Ա.** Սևանա լճի մակարդակի բարձրացման և ջրատնտեսական հաշվեկշռի տարրերի փոփոխության կանխագուշակումը. - Երևան: Հայաստան, 1992. – 134 էջ:

*Поступила в редакцию 24.01.2015.  
Принята к опубликованию 15.06.2015.*

## **ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՄԱԿԱՐԴԱԿԻ ԱՆԹՐՈՊՈԳԵՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ**

**Յու.Լ. Ջավադյան, Վ.Հ. Սարգսյան, Պ.Հ. Բալջյան**

Սևանա լճի մակարդակի ռեժիմի կանխատեսումը հանրապետության համար արդիական խնդիր է՝ կապված հատկապես անթրոպոգեն գործոնների դերի բարձրացման հետ: Ներկա պայմաններում Սևանա լճի մակարդակի հաշվարկի և կանխատեսման դեպքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել լիճը լցվող հոսքի ոչ միատարրությունը, որը պայմանավորված է տնտեսական գործունեության ազդեցությամբ: Գնահատվել է Սևանա լճի մակարդակի հեռանկարային փոփոխությունը՝ կախված լճի ակտիվ ջրատվության մեծությունից, օգտագործելով վերջին տարիներին հանրապետությունում կուտակված հիդրոոդերևութաբանական նոր տվյալները: Սևանա լճի՝ ՀՀ Կառավարության կողմից հաստատված մակարդակի նիշը մինչև 1903,5 մ բարձրացնելու նպատակով հաշվարկվել է լճի ամենամյա բարձրացման չափը, ինչպես նաև որոշվել է այդ մակարդակին հասնելու ժամկետը: Միաժամանակ, գնահատվել և հիմնավորվել է Սևանա լճից ոռոգման նպատակներով տարեկան բացթողումների առավելագույն չափը՝ մինչև 170 մլն մ<sup>3</sup>, չազդելով մակարդակի բարձրացման ռեժիմի վրա:

**Առանցքային բառեր.** ակտիվ ջրատվություն, ջրառ, ցիկլայնություն, էկոհամակարգ, տրենդի գիծ, ջրային հաշվեկշիռ:

## **ASSESSING THE ANTHROPOGENIC CHANGE OF THE SEVAN WATER LEVEL**

**Yu.L. Javadyan, V.H. Sargsyan, P.H. Baljyan**

The essential divergence in the value of the active water yield obtained by different methods is conditioned by the errors in water balance calculations. In this connection, the estimation carried out on the change of the water mass volume and the release size more precisely considered by hydrometric measurements is more reliable. On the basis of calculating the active water yield of lake Sevan and using the new hydro-meteorological data, the perspective increase in the level of the lake is estimated till 2030. The tendency of the change in the active water yield size of the Sevan for the period 1927-2014 is obtained. The calculation results allow to state that the size of the natural active water yield has gradually increased since 1927, and at present, considering the water inflows from the river Arpa it constitutes 465 mln m<sup>3</sup> yearly in average. The value of the yearly increase in the lake level – 22,5 cm in average is obtained considering its final increase by 3,87 m, i.e. up to the point of 1903,5 m above sea level taking into account the resolutions of the RA government on the permissible maximum amount of water intake from the lake for irrigation up to 170 mln m<sup>3</sup> yearly.

**Keywords:** active yield of water, water intake, cyclic fluctuation, ecosystem, trend, water balance.