

ГЕОФИЗИКА

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭМИССИИ ГАЗОВ В ОЗЕРЕ СЕВАН

Тозалакян П.В., Авагян А.В., Алавердян Г.Г.

*Институт геологических наук НАН РА
0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
E-mail: tozalakyan@mail.ru
Поступила в редакцию 10.12.2019г.*

Изучена содержащая метан эмиссия смеси газов со дна Малого Севана. Эмиссия зарегистрирована гидроакустическим методом. Определены физико-химические показатели воды на месте выделения газа и его состав. Показано, что за 2017-2018гг. интенсивность эмиссии и состав смеси газов менялись незначительно.

Для сравнения проведена регистрация гидроакустическим методом эмиссии углекислого газа в Большом Севане. По результатам работы установлено, что метод позволяет регистрировать пузырьки газа в широких пределах от малых, едва видимых невооруженным глазом, до крупных. Примененный метод позволяет оценить рельеф и площадь участка дна, с которого происходит выделение газа. Сформулированы возможности практического использования выделяющихся газов в хозяйствах бассейна озера в бытовых, экологических или коммерческих проектах.

Ключевые слова: озеро Севан, эмиссия газов, метан, углекислый газ, сонар.

Озеро Севан является крупнейшим высокогорным озером Евразии. Оно расположено на территории Армении, но является важнейшим фактором, влияющим на окружающую среду всего Южного Кавказа. Кроме того, оно обладает уникальной экосистемой, обусловленной сложной структурой вследствие воздействия вулканизма и активной тектоники в разных частях озера (Avagyan et al., 2005; Galoyan et al., 2009) и влияния геохимических аномалий бассейна и дна озера на состав вод в бассейне озера (Сатиан, 1990; Сатиан и Чилингарян, 1994, Каплянян и др., 1997).

Активная тектоника Севанского бассейна представлена Гаварагетским и Норатус-Канагехским активными разломами, а также двумя сегментами Памбак-Севан-Сюникского разлома (Милановский и др., 1952, 1968; Karakhanian et al., 1997, 2004, 2016; Макарян, 2017). На западном и восточном флангах озера фиксируются более короткие системы диагональных активных разломов, представляющих комбинацию сдвигов и сбросов. Эти разломы формируют линейные грабены растяжения (Karakhanian et al., 2001).

В ранее опубликованной работе (Karakhanian et al., 2001) мы из-

меряли возможную эмиссию метана с поверхности озера и обнаружили некоторое её увеличение над зонами активных разломов. Сравнивая эмиссию метана с поверхности воды над зоной разлома и вне ее пределов, мы предположили, что этот газ, по всей вероятности, является эндогенным (не биогенным) и, по-видимому, выделяется через эти зоны.

Однако использованный тогда метод отбора газа с поверхности воды с помощью ловушки с последующим его качественным и количественным определением ограничивает возможность локализации участка выделения газа с достаточной точностью, особенно при отсутствии пузырьков на поверхности воды. Он также не дает возможность оценить площадь эмиссии газа на дне озера. Такие методы в принципе не могут быть использованы для адекватной оценки выбросов газа, встречающегося на больших территориях из-за большой временной и пространственной изменчивости выделения газа (Ostrovsky et al., 2008). Между тем гидроакустическая технология позволяет быстро сканировать большие объемы водяного столба синоптически для определения содержания пузырьков газа (Géli et al., 2008, Söderberg & Flodén, 1992). Важно, что эта технология позволяет четко определять место выделения и рельеф дна на месте выброса (Schneider von Deimling et al., 2011).

Недавно нам удалось гидроакустическим методом зафиксировать эмиссию содержащей метан смеси газов в озере Севан (Karakhanyan et al., 2018). Эти предварительные результаты вызвали вопросы, связанные с интерпретацией картины, полученной сонаром, возможностями метода в зависимости от изменения условий эмиссии (размеров пузырьков газа, глубины и т.п.). Поэтому в представленной работе мы применили эту технику в двух участках эмиссии газов с разными составами газов, с различной интенсивностью и с различной глубиной в районе Малого и Большого Севана.

Материалы и методы

Исследования проводились на территории Малого и Большого Севана. Сканирование осуществлялось сонаром Humminbird 898c SI Combo SONAR. При обнаружении эмиссии газа дайверы спускались под воду и отбирали образцы газа в герметично закрываемые флаконы вместе с водой озера. Первичный анализ газа проводили в поле газоанализатором Biotech 5000 и уточняли в лаборатории методом газовой хроматографии. Полученную сонаром информацию обрабатывали с помощью программы Humi-Viewer. Площадь эмиссии оценивалась путем фиксации координат начала и конца выброса на дисплее показаний сонара после многократной регистрации выброса с разных сторон от выброса.

Физико-химические показатели воды определяли портативным анализатором WTW MeterMulti 3620 IDS с применением датчиков pH, электропроводности, содержания растворенного кислорода, турбидиметра.

Результаты и обсуждение

Регистрацию выделения газов проводили в двух точках озера Севан с координатами $40^{\circ}36,820'N$; $45^{\circ}01.238'E$ (1) и $40^{\circ}15,820950'N$; $45^{\circ}13.318'E$ (2) (рис.1)

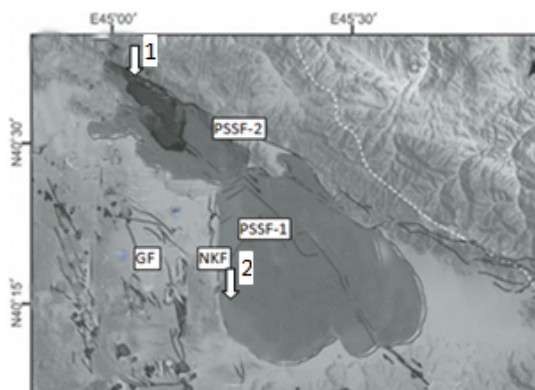


Рис.1. Точки в акватории озера Севан, где зарегистрированы эмиссии газов. Рисунок составлен на базе карты, опубликованной в (Karakhanyan et al., 2016). PSSF – Памбак-Севан-Сюникский разлом, NKF – Норатус-Канагехский разлом, GF – Гаварагетский разлом. Белые стрелки указывают на точки регистрации эмиссии газов.

В точке 1 сканирование дна сонаром позволило обнаружить выделение газа, хотя на поверхности это никак не проявлялось. На рис.2 продемонстрированы картины участка дна и выброса газа в точке 1 в Малом Севане, полученные с помощью сонара в 2017 и 2018 гг. На рисунке отчетливо видны столб выброса газа и изменение структуры и рельефа дна в его основании. Амплитуда деформации – 2-5 м, высота выброса в обоих случаях – около 30 м.

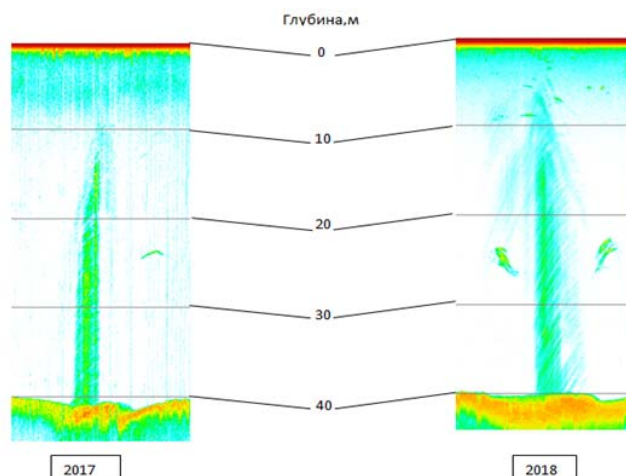


Рис.2. Картина эмиссии газа в Малом Севане, полученная сонаром. Желтый цвет у дна иллюстрирует рыхлый грунт (осадки), красный – твердый.



Рис.3. Отбор пузырьков у дна в пластиковый сосуд.

На рис.3 показана фотография, иллюстрирующая отбор проб газа у дна озера.

Под лучом фонаря в момент отбора пробы видна взвесь. Она появляется из-за турбулентности, возникающей при спуске дайвера на дно. Пузырьки газа настолько мелкие, что их практически не видно на фоне взвеси, и отбирать газ дайверам удастся с большим трудом и требует достаточно много времени. При этом важно, что сонар позволяет регистрировать высвобождение даже очень мелких пузырьков.

Температура воды у дна на месте сбора пузырьков газа составляла 9°C. Физико-химические показатели воды, собранной вместе с пузырьками газа, приведены в табл.1.

Таблица 1

Физико-химические показатели воды

Показатель	Значение		t° C при измерении в лаборатории
pH	8.513		15.8
O ₂ раств.	97.1	% насыщения или	
	7.57	mg/l	
Эл.проводность	735	μSi/cm	
Мутность	0.6	FNU	

Физико-химические показатели воды соответствуют средним показателям воды озера. Нами был изучен состав собранного в сосуд газа. Результат исследования представлен в табл.2.

Таблица 2

Состав смеси газов в пробе

Компонента	Содержание, %
Метан	72.9*
CO ₂	0.1
O ₂	5.6
Другие газы	21.4

(*) – Это максимальное значение содержания метана, полученное в 2017 году. Среднее же значение содержания метана полученное в 2017-2018гг. составило 64%±5,9.

Относительно высокое содержание кислорода в смеси могло быть связано либо поступлением кислорода вместе с метаном, либо с переходом растворенного кислорода из воды в газ.

Для сравнения, методика была применена для изучения участка 2, где ранее было обнаружено интенсивное выделение углекислого газа (Авагян и др., 2017).

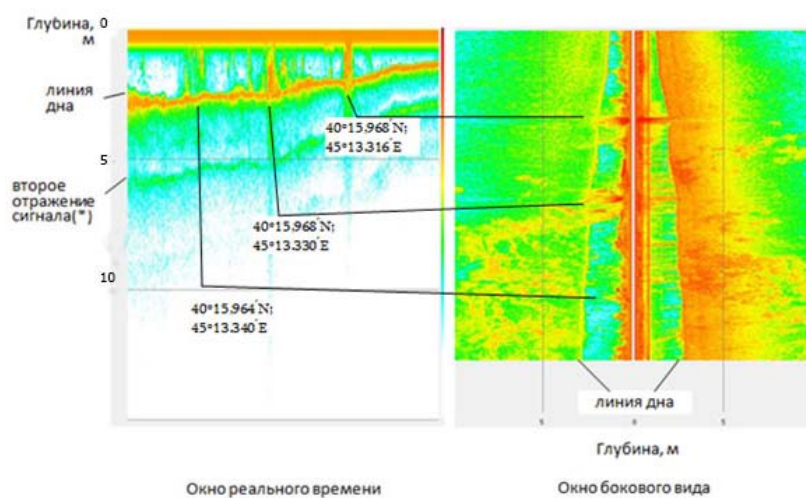


Рис.4. Картина эмиссии газа в Большом Севане, полученная сонаром.

(*) Интенсивность вторичного сигнала позволяет судить о твердости дна. Твердое дно показывает четкий вторичный сигнал, а в случае мягкого - он нечеткий, или вовсе не проявляется. Эти показания можно использовать для определения твердости дна (Humminbird Operation Manual).



Рис.5 Пузырьки газа в точке 2 в Большом Севане.

В этом случае размеры пузырьков газа гораздо больше, а выделение газа значительно интенсивнее, чем в точке 1. Следует отметить, что здесь, в отличие от картины, полученной в точке 1, выделение газа четко видно и в окне бокового обзора.

Как видно на рис.4 наиболее интенсивный выброс газа происходит в трех точках с указанными на рисунке координатами, по всему пути сканирования происходит выделение газа.

Искажения линии дна в окне реального времени подтверждают предположение о приуроченности эмиссии газов к зонам активных разломов. Нами была рассчитана ориентировочная площадь, с которой выделяется газ в точке 1. Она составляла около 300 м^2 (точность показаний сонара составляет $\pm 4,5\text{ м}$). Ограниченность площади эмиссии и умеренность выделения горючей смеси метана позволяет предположить возможность отбора выделяющегося газа для утилизации. Отбор газа можно осуществить с помощью легкой конструкции без бурильных работ, которые запрещены на территории национального парка «Севан». С помощью такой конструкции можно будет оценить «мощность» (количество выделяемого газа) источника, его другие технические (давление, стабильность эмиссии и т.п.) показатели и очертить возможную прикладную значимость этого газа, а также разработать проект сбора и использования выделяющегося газа. Это также позволило бы рассчитать экологический эффект от сокращения выделяющегося в атмосферу парникового газа - метана.

Углекислый газ, выделяющийся на участке 2 в Большом Севане, также может быть собран в баллоны под давлением и использован в коммерческих целях. Для этого также необходимо будет провести проектные работы.

По результатам представленной работы можно сделать следующие выводы:

- примененный метод позволяет синоптически регистрировать любые выделения газов со дна водоема, в виде небольших, мало заметных невооруженным глазом пузырьков;
- метод, параллельно с вышеизложенным, позволяет характеризовать структуру и рельеф дна на месте выделения газа;
- метод позволяет приблизительно оценить площадь участка дна, с которой происходит эмиссия газа;
- применение метода позволяет заключить, что выделение смеси газов, содержащей метан в Малом Севане, по крайней мере в течение 2017-2018 гг., не меняло локализацию и было достаточно стабильным по интенсивности и составу;
- учитывая стабильность эмиссии, содержащей метан смеси газов в Малом Севане, а также постоянство выделения углекислого газа в Большом Севане с учетом результатов этой и предыдущей работы (Авагян и др., 2017), прослеживаются возможности практического использования выделяющихся газов в хозяйствах бассейна озера в бытовых, экологических или коммерческих проектах.

Проведенные исследования по изучению эмиссии метана гидроакустическим методом были начаты под руководством доктором геолого-минералогических наук Караханяном А.С. Эта работа частично была проведена в рамках проекта МНТЦ G-2153, а также проекта ГКН РА 15Т-1Е041.

Авторы благодарят дайверов из Клуба Армдайвинг и Армянского центра подводных исследований и дайвинга, в особенности гг. Акопяна Мамикона и Мелконяна Ваге за неоценимую помощь, оказанную в этой работе.

Литература

- Ավագյան Ա.Վ., Մահակյան Լ.Հ., Աթալյան Թ.Պ., Հովակիմյան Հ.Գ., Թոգալարյան Պ.Վ.** 2017: Նոր տեղեկոսության տվյալներ նորատուս-Քանազեղ ակտիվ խզվախքի տարածման գոտում: ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, 70, № 1, էջ 60-75:
- Сатиан М. А., Чилингарян Г. В.** 1994. Геология Севана. Ереван. Изд-во НАН РА. 182 с.
- Сатиан М.А.** 1990. О геохимии донных осадков и геологической структуре акватории озера Севан. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 18 (2), с.3-15.
- Капелян П.М., Галстян А.Р., Григорян А.А., Карапетян А.И., Шагинян Г.В., Эксузян Ц.О.,** 1997. Геохимия природных вод бассейна озера Севан. Ереван. Изд-во Гитутюн НАН РА, 289 с.
- Макарян Х.В.** 2017. Норатусская перемычка: гипотезы образования и их анализ (Армения). Известия НАН РА, Науки о Земле, 70(2), с.66-74
- Avagyan A., Sosson M., Philip H., Karakhanian A., Rolland Y., Melkonyan R., Rebai S., Davtyan V.** 2005. Neogene to Quaternary stress field evolution in Lesser Caucasus and adjacent regions using fault kinematics analysis and volcanic cluster data. *Geodinamica Acta*, 18, p.401-416.
- Galoyan Gh., Rolland Y., Sosson M., Corsini M., Billo S., Verati Gh., Melkonyan R.** 2009. Geology, geochemistry and ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of Sevan ophiolites (Lesser Caucasus, Armenia): Evidence for Jurassic Back-arc opening and hot spot event between the South Armenian Block and Eurasia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, p.135-153.

- Géli L., Henry P., Zitter T., Dupré S., Tryon M., Çağatay M.N., Mercier de Lépinay B., Le Pichon X., Şengör A.M.C., Görür N., Natalin B., Uçarkuş G., Özeren S., Volker D., Gasperini L., Burnard P., Bourlange S. 2008. Gas emissions and active tectonics within the submerged section of the North Anatolian Fault zone in the Sea of Marmara. *Earth and Planetary Science Letters*. 274 (1-2), p.34-39.
- Karakhanian A., Tozalakyan P., Grillo J.-C., Philip H., Melkonyan D., Paronyan R., Arakelyan S., 2001. Tectonic impact on the Lake Sevan environment (Armenia). *Environmental Geology*, 40(3), p.279-288.
- Karakhanian A., Trifonov V., Philip H., Avagyan A., Hessami Kh., Jamali F., Bayraktutan M.S., Bagdassarian H., Arakelian S., Davtian V., Adilkhaniyan A. 2004. Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwest Iran. *Tectonophysics* 380, p.189-219.
- Karakhanian A., Arakelyan A., Avagyan A. and Sadoyan T. 2016. Aspects of the seismotectonics of Armenia: New data and reanalysis. in: *Tectonic Evolution, Collision, and Seismicity of Southwest Asia. In Honor of Manuel Berberian's Forty Years of Research Contributions*, Sorkhabi, R., ed., Geological Society of America Special Paper 525, p. 445-477, doi:10.1130/2016.2525(14). The Geological Society of America.
- Karakhanian A., Tozalakyan P., Avagyan A., Alaverdyan G. 2018. Gas emission in the active fault zone in the Lesser Sevan lake (Armenia). In: *30years after the Spitak earthquake: Experience and Perspectives*. International Conference, Abstracts, p.47, 3-7 Dec. Yerevan, Armenia
- Schneider von Deimling J., Rehder G., Greinert J., McGinnis D.F., Boetius A., Linke P. 2011. Quantification of seep-related methane gas emissions at Tommeliten, North Sea Continental Shelf Research 31 p.867-878
- Söderberg P., Flodén T. 1992. Gas seepages, gas eruptions and degassing structures in the seafloor along the Strömman tectonic lineament in the crystalline Stockholm Archipelago, east Sweden. *Continental Shelf Research*, 12 (10), p.1157-1171.
- Humminbird Operation Manual. URL: https://www.humminbird.com/sites/humminbird_site/files/hum_productmanual_ops_8-900c-531743e.pdf

ՀԻՂՐՈՍԿՈՒՍՏԻԿԱԿԱՆ ԵՂԱՆԱԿԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՄԵՎԱՆԱ ԼՃՈՒՄ ԳԱԶԵՐԻ ԱՐՏԱՆԵՏՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Թոգալաքյան Պ.Վ., Ավագյան Ա.Վ., Ալավերդյան Գ.Հ.

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է մերձան պարունակող գազերի արտանետումը Փոքր Սևանի հատակից: Արտանետումը գրանցվել է հիդրոակուստիկական եղանակով: Որոշվել են գազի անջատման տեղամասում ջրի ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշները և գազի խառնուրդի կազմը: Ցույց է տրված, որ 2017-2018թթ. գազի արտանետման ինտենսիվությունը և կազմը քիչ են փոխվել:

Համեմատության համար հիդրոակուստիկական եղանակով գրանցվել է ածխաթթու գազի արտանետումը Մեծ Սևանում: Աշխատանքի արդյունքներից երևում է, որ եղանակը թույլ է տալիս արձանագրել գազի պղպջակները լայն տիրույթում՝ անգն աչքով հազիվ տեսանելիներից մինչև խոշորները: Օգտագործված մեթոդը թույլ է տալիս գնահատել հատակի արտանետման տեղամասի ռելիեֆն ու մակերեսը: Ձևակերպված են արտանետվող գազերի օգտագործման

հնարավորությունները լճի ավազանի տնտեսություններում կենցաղային, էկոլոգիական և առևտրային նախագծերում:

APPLICATION OF THE HYDROACOUSTIC METHOD FOR GAS EMISSIONS STUDY IN LAKE SEVAN

Tozalakyan P.V., Avagyan A.V., Alaverdyan G.H.

Abstract

The emission of a methane-containing gas mixture from the bottom of Lesser Sevan was studied. Gas discharge is registered by a hydroacoustic method. At the site of emission, the physicochemical parameters of water and gas composition are determined. It is shown that the emission intensity and gas composition has been practically stable for 2017-2018.

For comparison, the registration by hydroacoustic method of carbon dioxide emissions in the Greater Sevan was carried out. The method allows the detection of gas bubbles over a wide range: from small, barely visible to the naked eye, to large ones. The applied method makes it possible to describe the topography and assess the gas emission area of the bottom. The opportunities of the practical use of the released gases in domestic, environmental or commercial projects in the lake basin are formulated.