

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Е.Ф. Шнюков¹, М.А. Деяк², С.П. Науменко

¹ Государственное научное учреждение «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: shnyukov@nas.gov.ua
Академик НАН Украины, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом.

² Государственное научное учреждение «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: nayk@ukr.net
Кандидат геологических наук, старший научный сотрудник.

Приведены данные о взаимосвязи между грязевыми вулканами Керченского полуострова и землетрясениями. Установлено влияние землетрясений на состояние грязевых вулканов, соотношения основных компонентов сопочных газов, дебит сопочных вод и объем изверженной сопочной брекчии. Выявлено коррелятивную связь между изменением концентрации углекислого газа и гелия с землетрясениями.

Ключевые слова: грязевые вулканы; сопочные газы; землетрясения; Керченский полуостров.

MUD VOLCANOES OF THE KERCH PENINSULA AS POTENTIAL PRECURSORS OF THE EARTHQUAKES

E.F. Shnyukov¹, M.A. Deyak², S.P. Naumenko

¹ State sciences institution «Department of marine geology and sedimentary ore formation of National Academy of Sciences of Ukraine», Kiev, Ukraine, E-mail: shnyukov@nas.gov.ua
Academician of NAS of Ukraine, doctor geological-mineralogical sciences, head of department.

² State sciences institution «Department of marine geology and sedimentary ore formation of National Academy of Sciences of Ukraine», Kiev, Ukraine, E-mail: nayk@ukr.net
Candidate of geological sciences, senior scientific researcher.

The data about connection between mud volcanoes of the Kerch Peninsula and earthquakes are presence. Influence of the earthquakes on state of the mud volcanoes, correlations main component mud volcanic gases, debet mud volcanic water and the volume of the eruptet mud volcanic breccia are established. The correlative relationship between change of the concentrations CO₂, He and earthquakes are revealed.

Key word: mud volcanoes; mud volcanic gases; earthquake; Kerch peninsula.

ГРЯЗЬОВІ ВУЛКАНИ КЕРЧЕНСЬКОГО ПІВОСТРОВА ЯК ПОТЕНЦІЙНІ ПЕРЕДВІСНИКИ ЗЕМЛЕТРУСІВ

Є.Ф. Шнюков¹, М.А. Деяк², С.П. Науменко

¹ Державна наукова установа «Відділення морської геології та осадочного рудоутворення НАН України», Київ, Україна, E-mail: shnyukov@nas.gov.ua
Академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, завідувач відділу.

² Державна наукова установа «Відділення морської геології та осадочного рудоутворення НАН України», Київ, Україна, E-mail: nayk@ukr.net
Кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник.

Наведено дані про зв'язок між грязьовими вулканами Керченського півострова та землетрусами. Встановлено вплив землетрусів на стан грязьових вулканів, співвідношення основних компонентів сопочних газів, дебіт сопочних вод і об'єм виверженої сопочної брекчії. Виявлено корелятивний зв'язок між зміною вуглекислого газу і гелію із землетрусами.

Ключові слова: грязьові вулкани; сопочні газы; землетруси; Керченський півострів.

© Е.Ф. Шнюков, М.А. Деяк, С.П. Науменко, 2018

На протяжении последних десятилетий на Земле наблюдается активное увеличение стихийных бедствий, среди которых одними из главных являются землетрясения, имеющие во многих случаях катастрофические последствия. В результате землетрясений каждый год в мире погибает огромное количество людей. В настоящее время весьма актуален вопрос по выявлению предвестников землетрясений. Сейчас эта проблема – одна из важнейших для ученых.

В пределах Крымского региона самой информативной геосистемой предсказания землетрясений являются грязевые вулканы Керченского полуострова.

Грязевой вулканизм – уникальное природное явление, которое проявляется в динамически активных зонах земной коры. Грязевые вулканы распространены в Азербайджане, Туркменистане, Дагестане, Грузии, России, Украине, Румынии и других странах. С грязевым вулканизмом связаны месторождения нефти и газа, железных руд, бальнеологического сырья. Грязевой вулканизм дает большую геологическую и сейсмическую информативность о регионе, в котором он распространен. По данным трехмерной сейсмоки азербайджанские геологи установили, что субвертикальные тела грязевых вулканов, находящихся на территории Азербайджана, прослеживаются на глубину до 18-20 км [Алиев и др., 2015].

Во многих работах отмечается связь грязевого вулканизма и землетрясений. Впервые эту мысль высказал академик П.С. Паллас. Он отметил взаимосвязь сильного землетрясения в Екатеринодаре и взрыва грязевого вулкана Голубицкий в Азовском море у г. Темрюк в 1796 г. В. Г. Абих указывает на приуроченность грязевых вулканов к разломам земной коры. По его мнению, импульсами для начала вулканической деятельности являются сейсмические толчки. Крупные извержения грязевых вулканов, таких как банка Ливанова (Южный Каспий), Шихзарлы (Кобыстана), Джау-Тепе (Керченский полуостров), произошли после сильных землетрясений – соответственно Красноводского (1895), Шемаханского (1902). Четыре грязевулканических острова были обнаружены в Аравийском море в прибрежной зоне Макрана после землетрясения 28.11.1945 г. Многочисленные грязевулканические проявления наблюдались после Ашхабадского землетрясения (1948) в пределах его эпицентральной зоны.

Рассматривая связь извержений грязевых вулканов с землетрясениями, Ф.С. Ахмедбейлы (1975) утверждал, что сейсмические толчки создают благоприятные условия и могут способствовать извержению грязевых вулканов. Отмечается также, что в ряде случаев извержения грязевых вулканов и землетрясений совпадают во времени, а иногда интервал между событиями составляет несколько дней. Часто очаги извержения вулкана и эпицентр сейсмического толчка, который спровоцировал его, располагаются рядом, хотя известны случаи их значительного удаления друг от друга.

В последнее десятилетие появилось много публикаций, посвященных изучению связей между землетрясениями и грязевыми вулканами. Стоит выделить работы Ад.А. Алиева. Им и его коллективом был собран огромный материал по всем грязевым вулканам мира, что отображено в книге «Атлас грязевых вулканов мира» [Алиев и др., 2015].

Под руководством Ад.А. Алиева за последние 30 лет были опубликованы работы, посвященные связи между извержениями грязевых вулканов Азербайджана и землетрясениями.

Надо сказать, что еще в 80-х и в начале 90-х годов прошлого столетия в течение ряда лет (1982-1985 – 1991-1992 гг.) на 14 грязевых вулканах, расположенных в различных регионах Азербайджана, преимущественно в пределах Шамахи-Гобустанского сейсмоактивного региона, под руководством Ад.А. Алиева проводился мониторинг – режимные наблюдения с целью выявления связи грязевулканической деятельности с сейсмичностью. В результате были выявлены закономерности в изменении отдельных компонентов газа (CO_2 , He) и вод (B , Cl, SO_4) в сторону их аномального увеличения в период активизации грязевулканической деятельности, предшествующих и сопутствующих сейсмособытиям. Исследованиями было установлено, что в период активизации деятельности вулкана CO_2 при среднем фоне 2% увеличивается до 4-5%; He – на порядок; SO_4 – до 0,4-0,5 мг·экв/л (фон 0,2); B – более 100 мг/л и т.д. Следовательно, они могут рассматриваться в качестве возможных газогидрогеохимических предвестников слабых землетрясений; причем углекислый газ является «коротким предвестником», гелий – длительным, так как содержания первого в составе газовой составляющей вулканов увеличивается за 2-5 дней,

второго – за месяц до сейсмического события [Алиев, 1992; Алиев и др., 1989, 2000].

В конце 90-х годов XX в., продолжая наблюдения за деятельностью грязевых вулканов, особенно эруптивной стадии их проявления, Ад.А. Алиевым было установлено, что извержения происходят преимущественно после сильных землетрясений. Выполненный сравнительный анализ данных о землетрясениях и зафиксированных извержениях грязевых вулканов, происшедших в Азербайджане за последние два столетия, выявил генетическую связь между активизацией грязевулканической деятельности и сейсмичностью района развития вулканов или смежных территорий [Алиев, 1992; Алиев и др., 1989, 2000].

Ад.А. Алиевым установлена парагенетическая связь грязевулканической деятельности с сейсмическими событиями, особенно когда очаги землетрясений и вулканов расположены в пределах региональных структур – автохтона и параавтохтона [Алиев и др., 2001].

Выполненный Ад.А. Алиевым в последние годы анализ сведений о землетрясениях и деятельности грязевых вулканов за период 1986-2006 гг. показал, что подземные толчки, как правило, не только провоцируют бурные извержения грязевых вулканов, но и влияют на активизацию грифонно-сальзовой стадии вулканической деятельности. Об этом свидетельствуют результаты наблюдений в последние годы [Алиев, Байрамов, 2007, 2008; Алиев и др., 2009].

Сейчас на Керченском полуострове насчитывается до 17 действующих грязевых вулканов. Все они находятся в спокойной газогрифонной стадии развития. На поверхность медленно извергают жидкую грязь, сопочную воду и газ. За последнее десятилетие самым активным среди них является Булганакский, который в дальнейшем был избран нами в качестве полигона.

Методика исследований

Режимные наблюдения проведены Отделением морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины на протяжении 2007-2008 гг. – 2010-2013 гг. Исследованиями были охвачены Булганакский, Мало-Тарханский, Солдатско-Слободской и Еникальский грязевые вулканы.

Во время полевых исследований выполнено картирование зон активизации грязевулканической деятельности на исследуемых вулканах. Были отобраны каменный материал, сопочные

воды и газ для лабораторных исследований. Проведены визуальные наблюдения за активизацией грифонно-сальзовой стадии.

Сопочные воды отбирались непосредственно из кратера сопки в герметичную пластиковую тару и на протяжении трех дней анализировались в лаборатории. Отбор сопочной воды обязательно сопровождался замерами температуры и дебита. При анализе воды определяли соленость, содержание в воде бора, ртути, мышьяка. Химический состав сопочных вод определен в лаборатории Государственного предприятия “Укрчерметгеология”.

Результаты изучения воды оказались малопродуктивными. Пожалуй, соленость воды в большей степени определялась осадками, чем глубинными факторами. В связи с этим не удалось проследить взаимосвязь между содержанием бора с сейсмическими событиями. Содержание ртути и мышьяка в сопочной воде имеют не очень четкую связь с сейсмической активностью: в целом, концентрации этих элементов в значительной степени подпадают под погрешность; поэтому их использование для прогнозирования землетрясений нецелесообразно.

Отбор сопочных газов проводился непрерывно в течение 30 дней (один раз в сутки), а в 2008 г. – в течение 60 дней. Газ отбирался по методике И.А. Брода (через воду в бутылку с гидравлическим замком).

Химический состав газов определен в лаборатории Института геологических наук НАН Украины (аналитик И.Е. Мамышев). Измерение содержания кислорода, азота, водорода, метана осуществлено на хроматографе Цвет-560 М (детектор ДТП, колонка – молекулярные сита, газ-носитель – аргон). Измерение углекислого газа проводилось на хроматографе ЛХМ-8М (детектор ДТП, колонка – порapak, газ-носитель – гелий). Расчеты отдельных компонентов газовой смеси выполнены по внешнему стандарту. Для калибровки хроматографов применены протестированные проверочные газовые смеси в соответствии с ГОСТ-3214 – 2003 г.

Исследования позволили оценить возможные результаты прогнозирования по всем указанным направлениям и прийти к выводу о наибольших перспективах мониторинга газов вулканов для возможного прогноза землетрясения.

При анализах газов определены CH_4 , CO_2 , N_2 , H_2 , O_2 , He.

Результаты исследований

Сопоставление взаимосвязи выбросов различных газов с составом газовых струй грязевых вулканов, а также изучение воды в сравнении с сейсмической картиной за период наблюдений позволили установить сложность взаимосвязей содержания изученных компонентов и сейсмических явлений.

Газы грязевых вулканов имеют полигенную природу. Об этом свидетельствуют многочисленные данные изотопного состава их компонентов [Алиев, 2006; Алиев и др., 2015; Лаврушин и др., 2009; Сорочинская и др., 2009; Шнюков и др., 1986, 1992]. Так, для Булганакского вулкана, как в целом и для Керченско-Таманской грязевулканической области, изотопный состав углерода из метана и углекислого газа существенно отличаются.

Для метана $\delta^{13}\text{C}$ изменяется от $-3,33$ до $-4,84\%$, что характерно для углерода газовых и нефтегазовых месторождений осадочных толщ этого региона. Для углекислоты $\delta^{13}\text{C}$ колеблется от $-0,99$ до $+1,17\%$, что хорошо согласуется с изотопным составом газов глубинного происхождения, например вулканических газов Курильских островов ($-0,71$ до $+0,38\%$) [Сорочинская и др., 2009].

Изотопные исследования гелия Булганакского грязевого вулкана указывают на его осадочное происхождение. Соотношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ – $(5,5-6,8)\times 10^{-8}$. Сходные данные получены для большинства вулканов Азербайджана ($(5-55)\times 10^{-8}$), Туркмении ($(6,6-33)\times 10^{-8}$) и Румынии ($(2,1-6,1)\times 10^{-8}$) [Алиев и др., 2015; Vaciu et al., 2007; Herbin et al., 2008].

Только для некоторых вулканов Сахалина (Южно-Сахалинский – 300×10^{-8}), Грузии (Восточ-

ная Кила-Купра – 200×10^{-8}) наблюдаются эманации гелия глубинного происхождения [Якубов, 1980].

Учитывая сказанное, можно с определенной вероятностью утверждать, что газы Булганакского грязевого вулкана будут по-разному реагировать на сейсмические события в регионе. Наиболее чувствительным к землетрясениям должен быть углекислый газ, поскольку он большей частью имеет глубинное происхождение. Амплитуды его пульсации будут коррелировать с периодами растяжения и сжатия наиболее глубоких участков земной коры.

Во время проведения мониторинговых работ нами было проведено сопоставление изменения содержания каждого компонента газа с сейсмическими событиями. Данные о сейсмической обстановке в регионе на период наблюдений (2007-2013 гг.) получены в Крымском отделении сейсмологии Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины. Учитывались землетрясения местной (до 300 км) и ближней зон (300-1000 км).

В местной зоне Крымско-Черноморского региона выделяются следующие сейсмические районы: Севастопольский, Ялтинский, Алуштинский, Судакский-Феодосийский, Керченско-Анапский, Степной Крым, Азово-Кубанский, Северо-Западный, Черноморская впадина.

Наибольшее количество землетрясений в пределах Крымско-Черноморского региона приходится на 2009 г. Здесь в течение года состоялось более 160 землетрясений. А максимальное количество выделяемой энергии при землетрясении зафиксировано в 2002 и 2008 гг. (рис. 1).

Основные очаги землетрясений ближней зоны расположены в Турции, Болгарии, Румынии, Грузии, Эгейском море и на Кавказе.

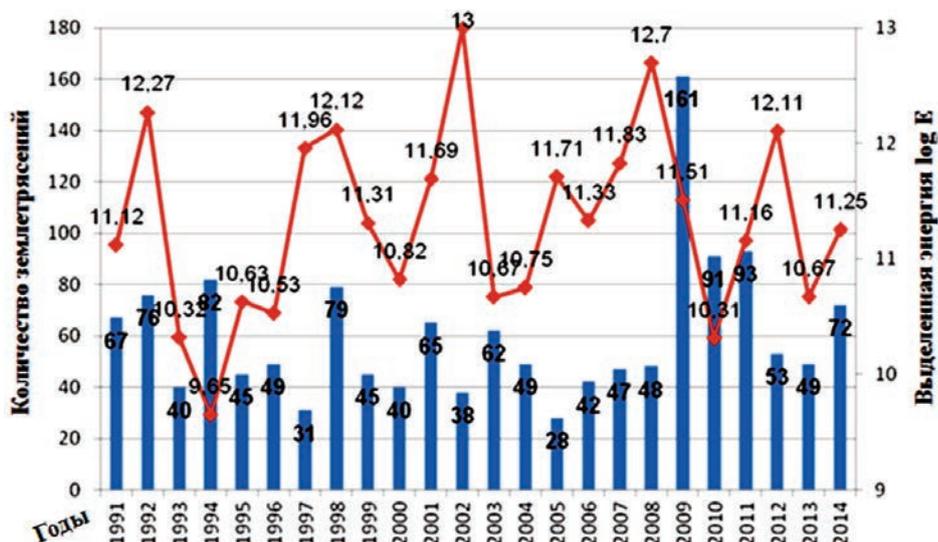


Рис. 1. Распределение выделенной энергии и количество землетрясений в пределах Крымско-Черноморского региона за период 1991-2014 гг.

Fig. 1. The distribution of released energy and the number of earthquakes in Crimean-Black Sea region for period from 1991 on 2014

Сопоставление данных состава газовой фазы с пиками сейсмической активности за период мониторинга показало неоднозначный и сложный характер корреляции между этими параметрами. Наиболее чувствительным к сейсмическим колебаниям среди компонентов являются углекислый газ и гелий.

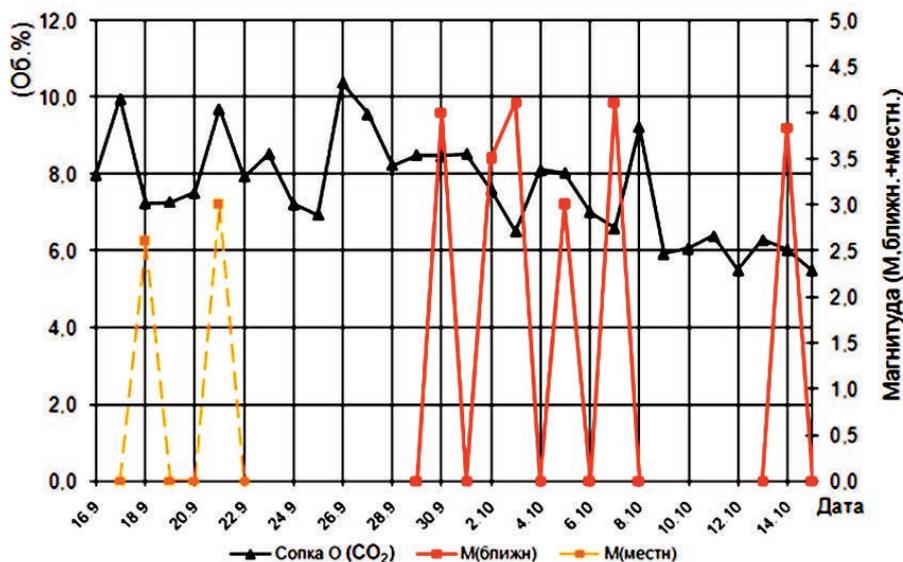
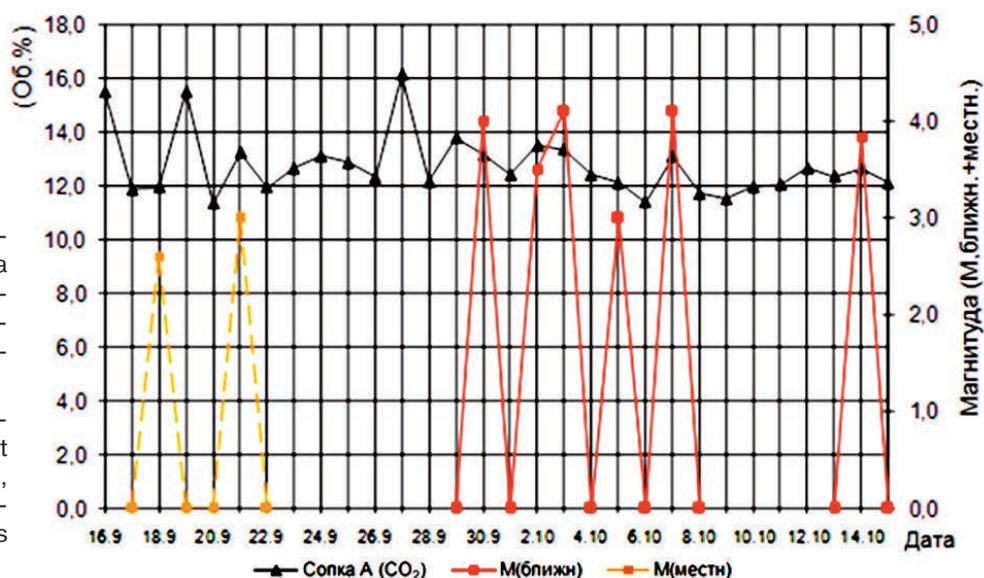
Связь колебаний содержания углекислого газа с сейсмичностью региона проявляется на всех вулканах; она универсальна для Керченского полуострова в целом. Динамические изменения содержания углекислого газа в сопочных газах происходят непосредственно перед волной сейсмической активности или совпадают с ее максимумом.

Содержание углекислого газа в источниках, которые изучены, колебалось в широких пределах – от 4,3% (сопка Тищенко) до 18% (сопка Андрусове), но почти во всех случаях было зафиксировано повышение содержания углекислого газа, которое предшествовало или совпадало с сейсмическими событиями (рис. 2-4). Максимальная амплитуда колебаний концентрации углекислого газа достигала 6%.

В составе сопочных газов гелий менее чувствителен к землетрясениям, чем углекислый газ. Содержание гелия в сопочных газах колеблется от 0,007% (сопка Тищенко) до 0,044% (сопка Андрусова). Максимальная амплитуда изменения концентрации гелия достигает 0,034%.

Рис. 2. Всплески концентрации углекислого газа на сопке Андрусова, которые совпадали с землетрясениями региона и предшествовали им (2010 г.)

Fig. 2. The increase in CO₂-concentration observed at the Andrusov mud volcano, coinciding with and preceding earthquakes in this region (2010)



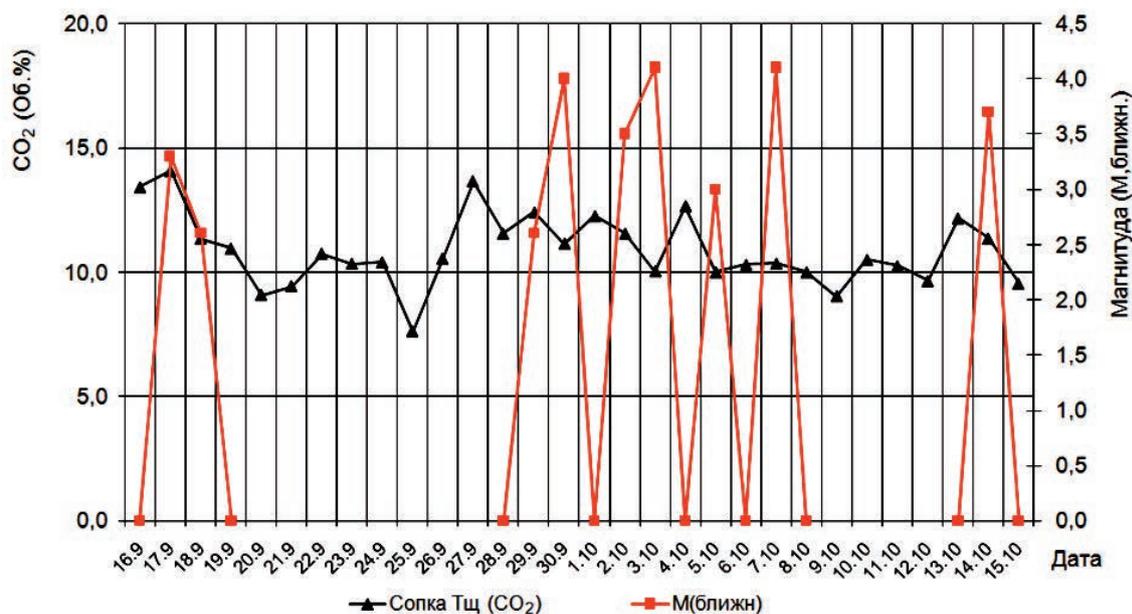


Рис. 4. Всплески концентрации углекислого газа на сопке Тищенко, которые предшествовали сейсмическим событиям региона (2010 г.)

Fig. 4. The increase in CO₂-concentration observed at the Tishchenko mud volcano, preceding seismic events in this region (2010)

В течение мониторинга были зафиксированы две аномалии гелия.

Первая наблюдалась 28.07.2013 г. на сопке Андрусова. Содержание гелия составило 0,044%, что является максимальным в течение всего мониторинга. Эта аномалия предшествовала землетрясению с магнитудой 5,3 балла, которое состоялось 30.07.2013 г. в Эгейском море. Эпицентр землетрясения находился на глубине 10 км (рис. 5).

Вторая аномалия гелия была зафиксирована 10.08.2013 г. на сопке Ольденбургского. Содержание гелия составило 0,032%. Это значение зафиксировано накануне землетрясения в Румынии, которое состоялось 11.08.2013 г. Его магнитуда составила 4,3 балла, а эпицентр землетрясения находился на глубине 86 км (рис. 6).

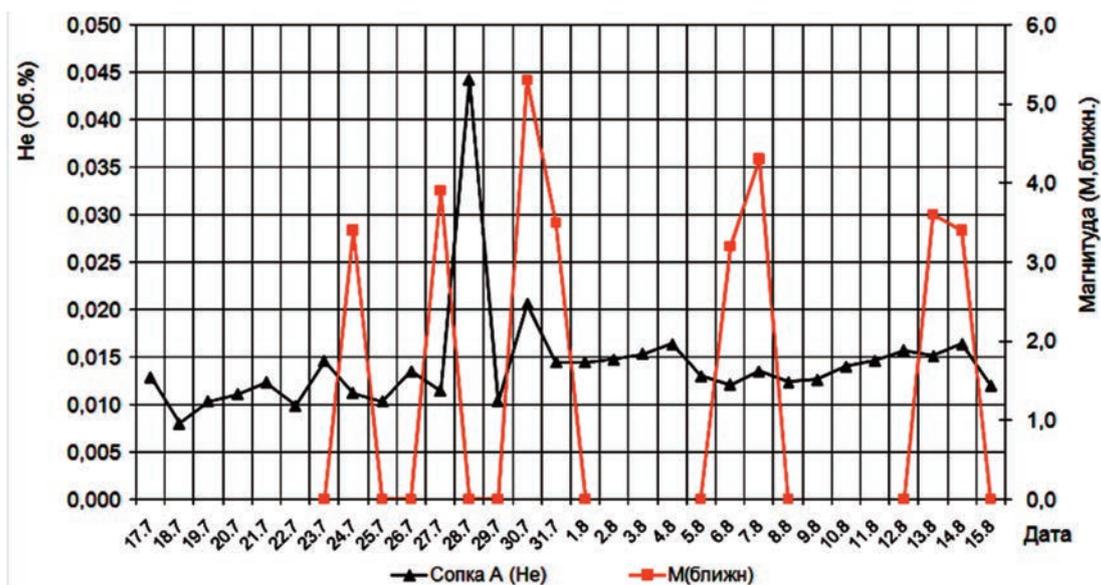


Рис. 5. Аномальная концентрация гелия на сопке Андрусова, которая предшествовала землетрясению с магнитудой 5,3 балла в Эгейском море

Fig. 5. The anomalous concentration of Helium observed at the Andrusov mud volcano, preceding the earthquake with 5,3 magnitude in the Aegean Sea

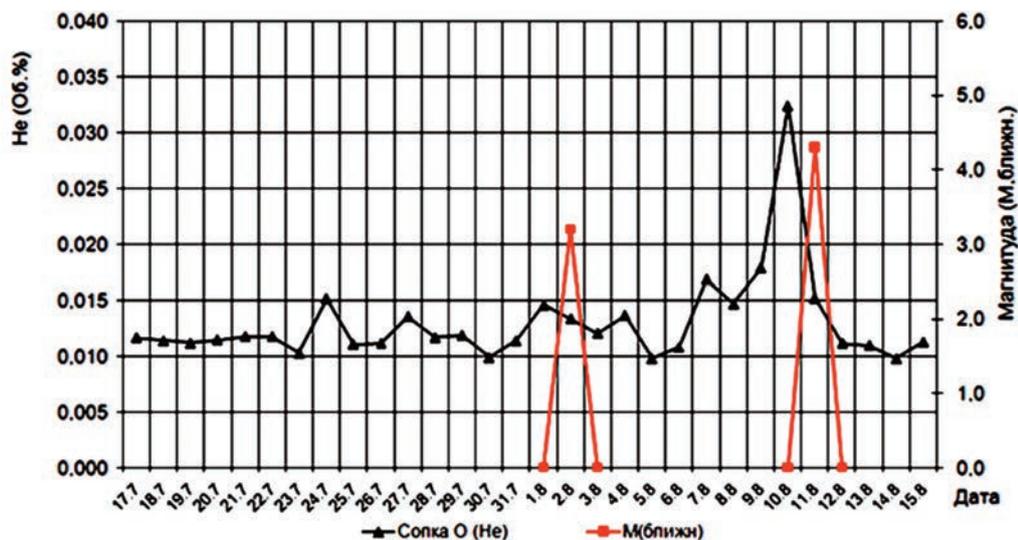


Рис. 6. Аномальный всплеск концентрации гелия на сопке Ольденбургского, который предшествовал землетрясению в Румынии с магнитудой 4,3 балла

Fig. 6. The anomalous concentration of Helium observed at the Oldenburgskiy mud volcano, preceding the earthquake with 4,3 magnitude in Romania

Следует отметить, что динамические изменения содержания углекислого газа в зависимости от сейсмических событий проявляются не только на Булганакском грязевом вулкане, но и на всех действующих вулканах, расположенных в пределах северо-восточной части Керченского полуострова (Мало-Тарханский, Еникальский, Солдатско-Слободской). Однако даже в пределах одного вулкана, но на разных сопках отмечается различный характер углекислотных всплесков. Это касается как амплитуды колебаний, так и смещения их во времени. Итак, каждая сопка имеет свою собственную реакцию на проявления землетрясений.

На графиках изменения концентрации углекислого газа и других газов наблюдаются отрицательные аномалии (рис. 4), связанные с

нарушением методики отбора газов; они не учитываются при интерпретации данных.

Нами было проведено сопоставление между изменением концентрации углекислого газа и гелия в связи с сейсмическими событиями каждого региона. Оказалось, что сопочные газы грязевых вулканов Керченского полуострова наиболее чувствительны к землетрясениям с эпицентрами в Румынии и западной Турции (рис. 7, 8).

Изучение колебаний содержания других компонентов природных газов грязевых вулканов (метан, кислород, азот) в основном не показывает четких связей с сейсмичностью региона. Во всяком случае такую зависимость нам обнаружить не удалось. Возможно, это связано с достаточно коротким периодом мониторинговых исследований или отсутствием в это время крупных сейсмических событий.

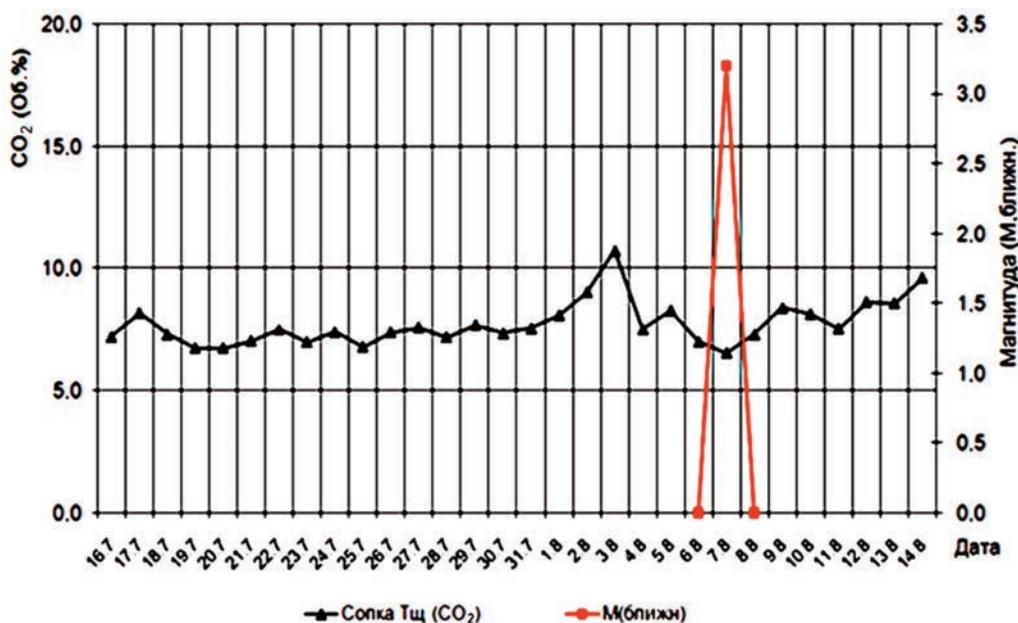


Рис. 7. Повышение концентрации углекислого газа на сопке Тищенко, которое предшествовало землетрясению в западной Турции (2011 г.)

Fig. 7. The increase in CO₂-concentration observed at the Tishchenko mud volcano, preceding earthquake in western Turkey (2011)

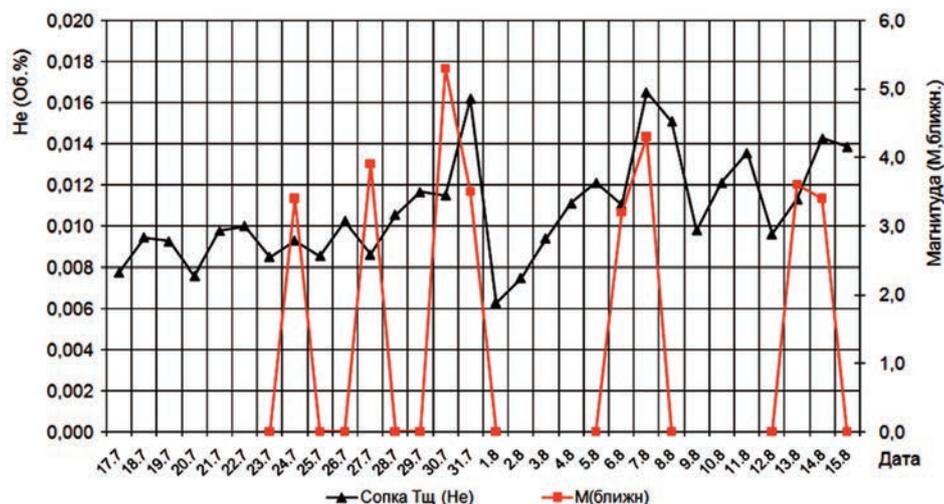


Рис. 8. Всплески концентрации гелия на сопке Тищенко, которые совпадают с землетрясениями в западной Турции (2013 г.)

Fig. 8. The increase in He-concentration observed at the Tishchenko mud volcano, which comply with earthquakes in western Turkey (2013)

Выводы

1. Выявлено, что подземные толчки, как правило, не только провоцируют бурные извержения вулканов, но и влияют на активизацию грифонно-сальзевой стадии вулканической деятельности. Активизация может проявляться перед, во время и после землетрясения.

2. С учетом магнитуды, глубины эпицентра, энергетического класса, расстояния между эпицентром и вулканом землетрясения играют роль «спускового механизма» в грязевулканическом процессе. Особенно хорошо это проявляется, если вулкан накопил аномально высокое давление в корневой системе, но его недостаточно для прорыва.

3. Основным компонентом газов грязевых вулканов Керченского полуострова является метан. Второй по содержанию – углекислота.

4. На проявление сейсмической активности в регионе наиболее чувствительны колебания концентрации углекислого газа и гелия в газовой фазе. Такая зависимость наблюдается на всех сопках, но наиболее коррелятивные связи выявлены на сопках Андрусова, Ольденбургского и Тищенко.

5. Установленные аномалии гелия на сопках Андрусова и Ольденбургского указывают на то, что каждая сопка по-разному реагирует на геодинамические процессы в регионе и имеет разные глубины корневой системы.

6. Содержание углекислого газа и гелия в сопочных газах наиболее чувствительно к землетрясениям с эпицентром в Румынии и западной Турции.

Список литературы

Алиев Ад.А. Геохимия грязевых вулканов и нефтегазоносность больших глубин: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. ИГ АН Азербайджана. Баку, 1992. 49 с.

Алиев Ад.А. Грязевой вулканизм Южно-Каспийского нефтегазоносного бассейна. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2006. № 3. С. 35-51.

Алиев Ад.А., Байрамов А.А. Новые данные об особенностях проявления грязевых вулканов в Шамахи-Гобустанском регионе. *Тр. ИГ АН Азербайджана*. 2000. № 28. С. 5-17.

Алиев Ад.А., Байрамов А.А. Закономерности пространственно-временного распределения грязевых вулканов Южно-Каспийской впадины в свете новой тектонической концепции. *Тр. ИГ НАН Азербайджана*. 2007. № 35. С. 25-45.

Алиев Ад.А., Байрамов А.А. Влияние сейсмичности на грязевой вулканизм Азербайджана и неко-

торые парадоксы. *Тр. ИГ НАН Азербайджана*. 2008. № 35. С. 40-51.

Алиев Ад.А., Гасанов А.Г., Байрамов А.А., Белов И.С. Землетрясения и активизация грязевулканической деятельности (причинная связь и взаимодействие). *Тр. ИГ АН Азербайджана*. 2001. № 29. С. 26-39.

Алиев Ад.А., Гасанов А.Г., Кабулова А.Я., Аббаслы А.А. Грязевые вулканы и сейсмичность Шемахино-Гобустанского района. *Материалы юбилейной сессии, посвященной 50-летию ИГ АН Азербайджана*. Баку: Элм, 1989. С. 215-217.

Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Рахманов Р.Р. Каталог извержений грязевых вулканов Азербайджана (1810-2007 гг.). Баку: Nafta-Press, 2009. 110 с.

Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 322 с.

Лаврушин В.Ю., Поляк Б.Г., Покровский Б.Г., Копп М.Л., Буачидзе Г.И., Каменский И.Л. Изотопно-геохимические особенности грязевых вулканов Восточной Грузии. *Литология и полез. ископаемые*. 2009. № 2. С. 183-197.

Сорочинская А.В., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Грязевые вулканы о. Сахалин (газогеохимия и минералогия). *Регион. проблемы*. 2009. № 11. С. 39-44.

Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И., Науменко П.И., Кутний В.А. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Атлас. Киев: Наук. думка, 1986. 149 с.

Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Нестеровский В.А., Гнатенко О.В. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. Киев: Наук. думка, 1992. 199 с.

References

Aliiev Ad.A., 1992. Geochemistry of mud volcanos and oil- and gas-bearing of the large depths: avtoref. dis. d-ra geol.-min. sciences. IG AN Azerbaijan. Baku, 49 p. (in Russian).

Aliiev Ad.A., 2006. Mud volcanism of the South Caspian Oil Gas Field. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*, No 3, p. 35-51 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Bayramov A.A., 2000. New data about the features of the mud volcanos in the Schamahy-Gobustan region. *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 28, p. 5-17 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Bayramov A.A., 2007. The patterns of the spatially- temporal distribution of the mud volcanos of the South Caspian depression in the light of the new tectonic conception. *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 35, p. 25-45 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Bayramov A.A., 2008. The influence of seismicity on the mud volcanism of Azerbaijan and some paradoxes. *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 35, p. 40-51 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Gasanov A.G., Bayramov A.A., Belov I.S., 2001. Earthquakes and activation of mud volcanic activity (causal connection and interaction). *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 29, p. 26-39 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Gasanov A.G., Kabulova A.Ya. Abbasly A.A., 1989. Mud volcanoes and the seismicity of the Schamahy-Gobustan region. *Materials of the jubilee session dedicated to the 50th anniversary IG AN Azerbaijan*. Baku: Elm, p. 215-217 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Quliyev I.S., Rahmanov R.R., 2009. Catalogue of mud volcanoes eruptions of Azerbaijan (1810-2007). Baku: Nafta-Press, 110 p. (in Russian).

Aliiev Ad.A., Quliyev I.S., Dadashev F.G., Rahmanov R.R., 2015. Atlas of mud volcanoes of the world. Baku: Nafta-Press, 322 p. (in Russian).

Якубов А.А., Григорьянц Б.В., Алиев А.А. и др. Грязевой вулканизм Советского Союза и его связь с нефтегазоносностью. Баку: Элм, 1980. 165 с.

Baciu C., Caracausi A., Etiopie G. and Italiano F. Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux. *Annals of geophysics*. August 2007. Vol. 50, N. 4. P. 501-512.

Herbin J.P., Saint-Germès M., Maslakov N., Shnyukov E.F. and Vially R. Oil Seeps from the "Boulganack" Mud Volcano in the Kerch Peninsula (Ukraine - Crimea), Study of the Mud and the Gas: Inferences for the Petroleum Potential. *Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP*. 2008. Vol. 63, No. 5. P. 609-628.

Lavrushin V.Yu., Pole B.G., Pokrovskiy B.G., Kopp M.L., Buachidze G.I., Kamenskiy I.L., 2009. Isotopic-geochemical features of mud volcanos of the East Georgia. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, No 2, p. 183-197 (in Russian).

Sorochinskaya A.V., Shakirov R.B., Obzhirov A.I., 2009. Mud volcanoes of Sakhalin (geochemistry of gas and mineralogy). *Regionalnye problemy*, No 11, p. 39-44 (in Russian).

Shnyukov E.F., Sobolevskiy Yu.V., Gnatenko G.I., Naumenko P.I., Kutniy V.A., 1986. Mud volcanoes of Kerch-Taman' area. Atlas. Kiev: Naukova Dumka, 149 p. (in Russian).

Shnyukov E.F., Gnatenko G.I., Nesterovskiy V.A., Gnatenko O.V., 1992. Mud volcanoes of Kerch-Taman' region. Kiev: Naukova Dumka, 199 p. (in Russian).

Yakubov A.A., Grigoriyanc B.V., Aliiev A.A. et al., 1980. Mud volcanoes of the Soviet Union and its relationship with oil- and gas-bearing. Baku: Elm, 165 p. (in Russian).

Baciu C., Caracausi A., Etiopie G. and Italiano F., August 2007. Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux. *Annals of geophysics*, vol. 50, N. 4, p. 501-512 (in English).

Herbin J.P., Saint-Germès M., Maslakov N., Shnyukov E.F. and Vially R., 2008. Oil Seeps from the "Boulganack" Mud Volcano in the Kerch Peninsula (Ukraine - Crimea), Study of the Mud and the Gas: Inferences for the Petroleum Potential. *Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP*, vol. 63, No. 5, p. 609-628 (in English).

Статья поступила
23.04.2018