

УДК 551.21

DOI: [10.46698/VNC.2021.34.18.002](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.34.18.002)

Оригинальная статья

Новые данные об извержениях грязевых вулканов в Азербайджане

Ад. А. Алиев¹, Г. Д. Етирмишли²

¹Институт геологии и геофизики Национальной Академии наук Азербайджана, Республика Азербайджан, AZ1143, г. Баку, ул. Г. Джавида, 119;

²Национальная Академия Наук Азербайджана, Республиканский Центр Сейсмологической Службы, Республика Азербайджан, AZ1001, г. Баку, ул. Г. Джавида, 123, e-mail: gyetirmishli@gmail.com

Статья поступила: 22.03.2021, доработана: 16.04.2021, принята к публикации: 11.05.2021

Резюме: Актуальность работы. Статья посвящена новым извержениям самых активных грязевых вулканов Шамахи-Гобустанского региона Восточного Азербайджана – Шихзарли и Гушчу, характеризующихся частыми проявлениями. Так, начиная с 1844 г. зарегистрировано 26 извержений грязевого вулкана Шихзарли, одно из которых, наиболее интенсивное произошло в феврале 1902 г. после катастрофического Шамахинского землетрясения. **Цель исследования.** Рассмотрены геологическая позиция грязевых вулканов, сейсмологические данные, определившие глубину очага и энергию извержения, дан краткий исторический обзор извержений. **Методы исследования.** Геологическое строение площадей расположения грязевых вулканов изложено на основе новых данных, полученных в последние годы о тектонике грязевулканических районов Азербайджана, в частности Гобустана, с выделением разломных структур и расположенных между ними микроблоков, а также тектонических единиц – аллохтон, паравтохтон и автохтон. В одном из таких микроблоков (Баянатинский) расположен грязевой вулкан Шихзарли, относящийся к паравтохтону. Почти все извержения грязевых вулканов Шихзарли и Гушчу, а также последние их проявления спровоцированы землетрясениями, происшедшими в близкорасположенных к ним районах и отмечены 5-7 сейсмостанциями. Предыдущее извержение грязевого вулкана Гушчу в Шамахинском районе в январе 2020 года явилось следствием подземных толчков в соседнем Исмаиллинском районе. В историческом обзоре рассматриваемых грязевых вулканов отмечены характерные и отличительные особенности их проявлений. Последнее (16-е) извержение грязевого вулкана Гушчу произошло из нового эруптивного центра, на расстоянии 700 м к северу от основного действующего более ста лет кратера вулкана. **Результаты работы.** Приведены результаты геохимического анализа вулканической брекчии, особенно нефтеносных пород – песчаников и горючих сланцев эоцен-миоценовых отложений для оценки перспектив нефтегазоносности площадей расположения изученных грязевых вулканов. В пределах Баянатинского микроблока нефтегазовые скопления могут быть открыты под грязевулканическим очагом.

Ключевые слова: вулканическая брекчия, микроблоки, аллохтон, паравтохтон, автохтон, сейсмичность, эпицентр, волновые формы, очаг землетрясения.

Для цитирования: Алиев Ад. А., Етирмишли Г. Д. Новые данные об извержениях грязевых вулканов в Азербайджане. *Геология и геофизика Юга России*. 2021. 11 (2): 22 – 35. DOI: [10.46698/VNC.2021.34.18.002](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.34.18.002).

DOI: [10.46698/VNC.2021.34.18.002](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.34.18.002)

Original paper

New data on eruptions of mud volcanoes in Azerbaijan

Ad. A. Aliyev¹, G. D. Yetirmishli²

¹Institute of Geology and Geophysics Azerbaijan National Academy of Sciences,
119 Guseyn Javid Str., Baku AZ1143, Azerbaijan;

²Azerbaijan Republican Seismic Survey Center. National Academy of Sciences,
123 Guseyn Javid Str., Baku AZ1001, Azerbaijan, e-mail: gyetirmishli@gmail.com

Received: 22.03.2021, revised: 16.04.2021, accepted: 11.05.2021

Abstract: Relevance. The article is devoted to new eruptions of the most active mud volcanoes Shikhzarli and Gushchu in the Shamakhi-Gobustan region of East Azerbaijan. These volcanoes are characterized by frequent manifestations. Thus, since 1844, 26 eruptions of the Shikhzarli mud volcano have been recorded. The most intense eruption occurred in February 1902 after the catastrophic Shamakhi earthquake. **Aim.** The geological position of mud volcanoes, seismological data that determined the depth of the source and the energy of the eruption are considered. A brief historical review of the eruptions is given. **Methods.** The geological structure of the areas where mud volcanoes are located is presented on the basis of new data obtained in recent years on the tectonics of mud volcanic regions of Azerbaijan. In particular for this reason was used Gobustan, with the identification of fault structures and microblocks located between them, as well as tectonic units – allochthon, parautochthon and autochthon. In one of these microblocks (Bayanata), there is the Shikhzarli mud volcano, which belongs to the parautochthon. Almost all the eruptions of the Shikhzarli and Gushchu mud volcanoes, as well as their last manifestations, are induced by earthquakes that have occurred in the regions close to them and are registered by 5-7 seismic stations. The previous eruption of the Gushchu mud volcano in the Shamakhi region in January 2020 was the result of tremors in the neighboring Ismayilli region. In the historical review of the considered mud volcanoes, characteristic and distinctive features of their manifestations are noted. The last (16th) eruption of the Gushchu mud volcano occurred from a new eruptive center, at a distance of 700 m to the north of the main crater of the volcano that has been active for more than a hundred years. **Results.** The results of geochemical analysis of volcanic breccias, especially oil-bearing rocks – sandstones and oil shales of Eocene-Miocene deposits are presented to assess the prospects for oil and gas content of the areas where the considered mud volcanoes are located. Within the Bayanata microblock, oil and gas accumulations can be discovered under a mud volcanic chamber.

Keywords: volcanic breccia, microblocks, allochthon, parautochthon, autochthon, seismicity, epicenter, wave forms, earthquake source.

For citation: Aliyev Ad.A., Yetirmishli G.D. New data on eruptions of mud volcanoes in Azerbaijan. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2021. 11 (2): 22 – 35. DOI: 10.46698/VNC.2021.34.18.002.

Введение

Территория Азербайджана является уникальным и классическим регионом развития грязевого вулканизма. Из известных на нашей планете 2500 грязевых вулканов около 400 находится в пределах Южнокаспийского нефтегазоносного бассейна и из них более 350 на суше Восточного Азербайджана и прилегающей акватории Каспия. При этом, здесь встречаются все формы грязевулканических проявлений:



*Рис. 1. Вулкан Шихзарли. Излияние вулканической брекчии /
Fig. 1. Shikhzarli volcano. Effusion of volcanic breccia*

действующие, потухшие, погребенные, подводные, островные, обильно нефтewыделяющие.

Ежегодно в Азербайджане происходит 3-5 извержений, а в отдельные годы повышения сейсмической активности в смежных районах расположения грязевых вулканов – до 10 и более пароксизмов извержений. Так, за последние два столетия (начиная с 1810 г.) на 93 грязевых вулканах было зафиксировано 437 извержений.

2021 год опять начался с активизации грязевулканической деятельности в Азербайджане и извержения самых активных грязевых вулканов Шамахи-Гобустанского региона – Шихзарли и Гушчу. Так, 09 января извергался Шихзарли в Центральном Гобустане, а 23 числа, ровно через две недели, в Шамахинском районе активизировался Гушчу, как обычно вынося на земную поверхность из недр вулканическую брекчию, теперь уже из нового эруптивного центра.

Вулкан Шихзарли (рис. 1) расположен в 70 км к запад-северо-западу от Баку и в 38 км к югу-востоку от г. Шамахи. Это крупный вулкан с абсолютной высотой 640 м, относительной – 150 м, с пологим южным и крутым северным склонами. Грязевулканической брекчией в объеме 705 млн м³ покрыта площадь в 350 га.

Вулкан Гушчу расположен в 20 км к югу от г. Шамахи, недалеко от одноименного селения. Он небольшой по размерам, морфологически представляет возвышенность высотой 12 м и с диаметром кратерного поля 52x60 м. Мощность вулканической брекчии в пределах 100 м, ее площадь более 700 м² [Грязевые вулканы..., 1971].

На Шихзарли произошло 3 фазы извержения (каждая продолжительностью 2-7 мин.). Общая продолжительность процесса 12,5 мин. Извержение произошло с выбросом брекчии на высоту примерно 10-20 м без обычного воспламенения газа и столба пламени.

Извержение Гушчу также произошло вечером, без воспламенения газа, продолжалось всего 2 минуты и в отличие от предыдущих его проявлений сопровождалось выносом из недр безводной, сухой вулканической брекчии (рис. 2).



Рис. 2. Вулкан Гушчу. Покров вулканической брекчии в новом эруптивном центре /
Fig. 2. Gushchu volcano. A cover of volcanic breccia in the new eruptive center

Методы исследования

Геология площадей расположения изученных грязевых вулканов рассмотрена на основе полученных в последние годы новых данных о тектонике грязевулканических областей Азербайджана, особенно Шамахи-Гобустанского региона. Проанализированы сейсмические события, происшедшие в сопредельных районах за месяц до извержений и отмеченные сейсмостанциями, а также сейсмические данные, определившие глубину очага и энергию извержения. Выполнены геохимические анализы образцов пород, выбросов грязевых вулканов, особенно нефтеносных и горючих сланцев, методом их экстракции. Определено количество органического вещества при помощи пиролиза с целью оценки перспектив нефтегазоносности площадей нахождения грязевых вулканов.

Геологическое строение района исследования. Грязевой вулкан Шихзарли находится в пределах Баянати́нского (Центра́льный Гобустан) микроблока и при-

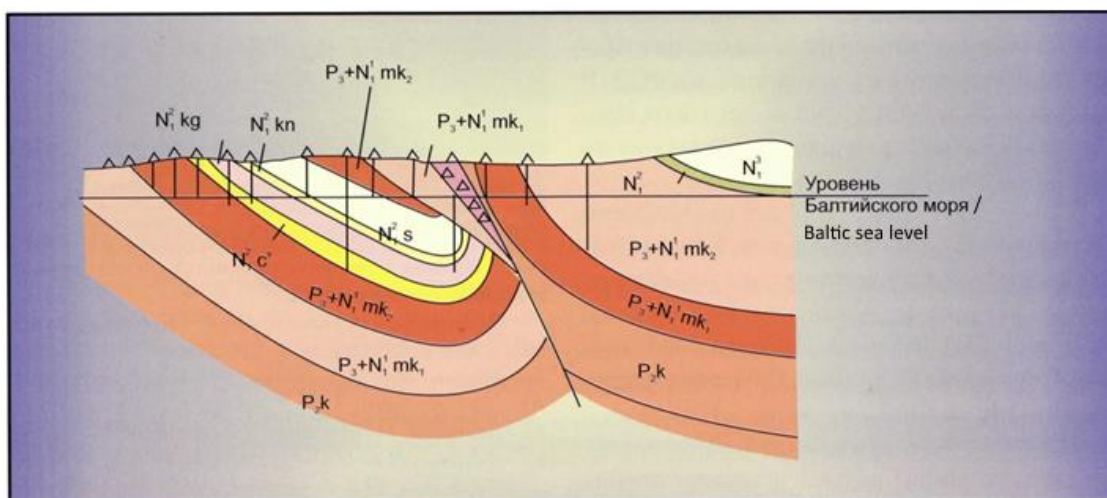


Рис. 3. Геологический профиль через вулкан Шихзарли /
Fig. 3. Geological section through the Shikhzarli volcano

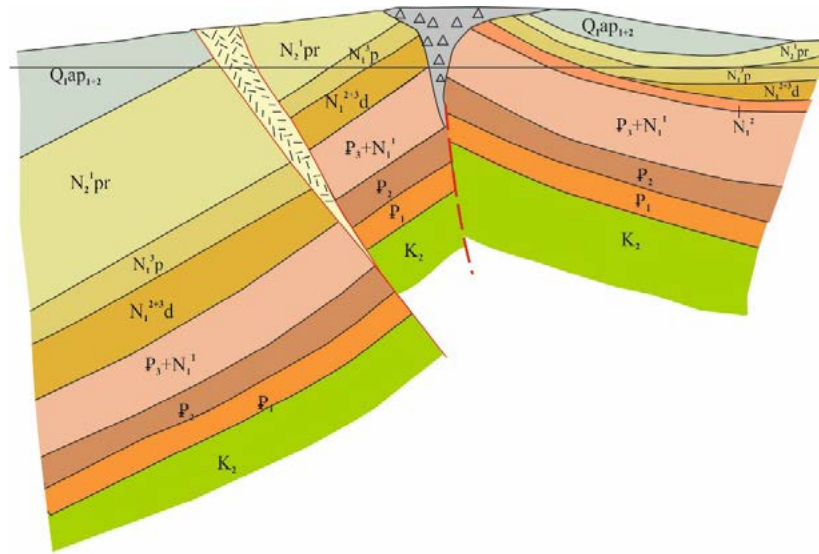


Рис. 4. Геологический профиль через грязевой вулкан Гушчу /
Fig. 4. Geological section through the mud volcano Gushchu

урочен к вытянутой в широтном направлении Шихзарлинской антиклинальной складке длиной 12 км и шириной 3,5-4,0 км, которая сложена отложениями эоцен-миоцена. Присводовая часть складки осложнена продольным нарушением с амплитудой смещения до 1500 м, свод надвинут на южное крыло. С надвигом связан грязевой вулкан (рис. 3).

В геологическом строении площади нахождения вулкана Гушчу принимают участие осадочные породы возраста от верхнего палеогена до верхнего плиоцена включительно. Вулкан приурочен к сводовой части асимметричной, местами опрокинутой на юг антиклинали и связан с Аджичайским надвигом (рис. 4).

Баяннатинский микроблок, сложенный отложениями нижнего структурного этапа кайнозоя (палеоген-миоцен), обладает более напряжённой тектоникой, обусловленной многочисленностью линейных антиклиналей, осложнённых осепродольны-

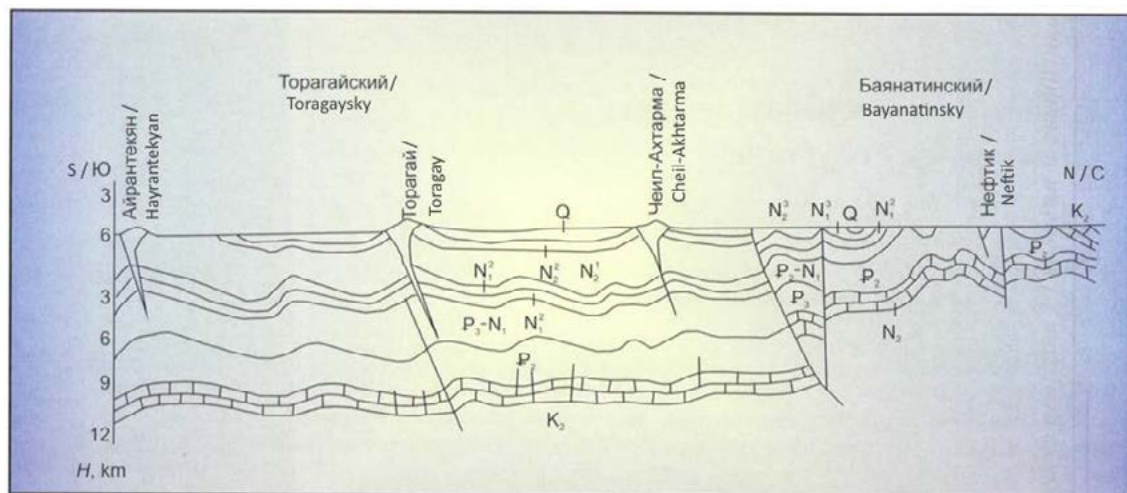


Рис. 5. Геологический профиль через Баяннатинский и Торгагайский микроблоки
(M 1:250000) [Алиев, Байрамов, 2000] /
Fig. 5. Geological section through the Bayanat and Toraga microblocks
(Scale 1: 250000) [Aliiev, Bairamov, 2000]

ми разломами типа взбросов, и разделяющих их узких синклиналей. В пределах микроблока кровля верхнего мела залегает неглубоко, а мощность разреза составляет 2,5-4,5 км [Алиев, Байрамов, 2000].

В последние годы нами в Гобустане выделены тектонические единицы – аллохтон, паравтохтон и автохтон, соответствующие ранее выделенным региональным структурам: Северный Гобустан, Баянатынский микроблок (Центральный Гобустан), Торагайский микроблок (Южный Гобустан) (рис. 5) [Алиев, Байрамов, 2007].

Паравтохтон является движущей частью основания автохтона и сложен преимущественно отложениями нижнего структурного этажа, характеризуется двухэтажным тектоническим строением и сложен теми же фациями, что и автохтон, но оторванными от него в южном направлении движением вышележащих покровов (аллохтона) и увлечёнными на небольшое расстояние. Поэтому паравтохтон обладает автономными грязевулканическими очагами, сообщаемыми вдоль разломов субширотного и субдолготного простирания с таковыми автохтона.

Автохтон, рассматриваемый в составе Торагайского микроблока, представлен всеми структурными ярусами кайнозоя и характеризуется частыми извержениями грязевых вулканов, спровоцированными землетрясениями. Так, извержения

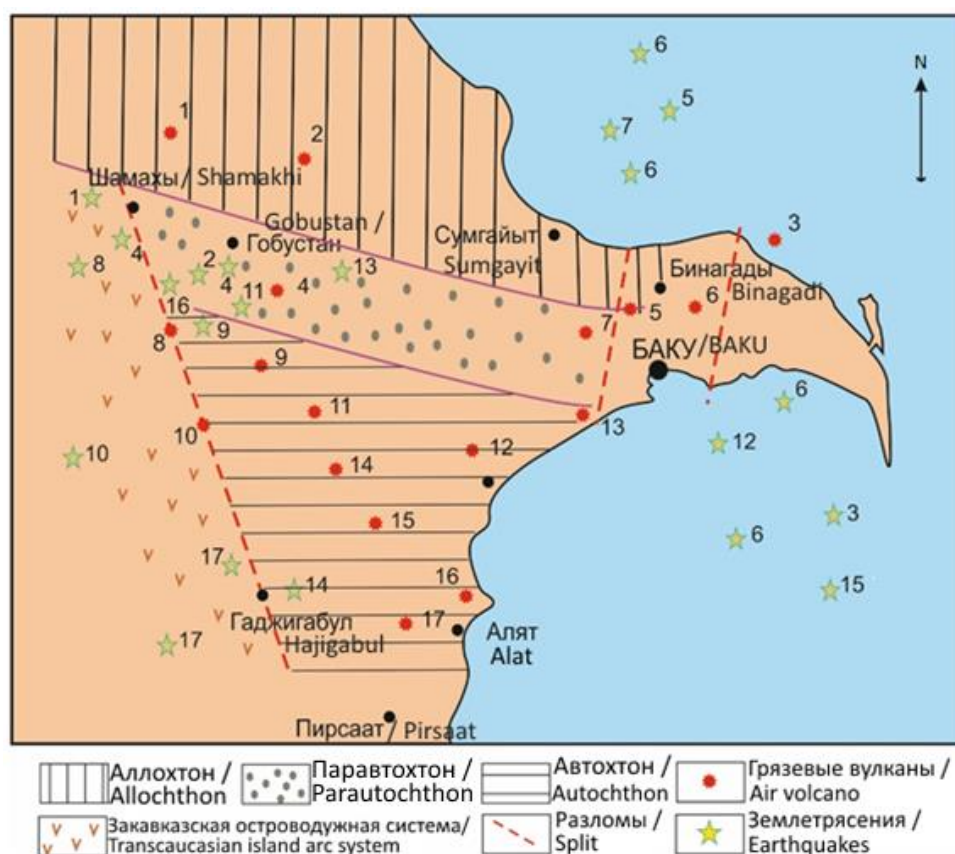


Рис. 6. Влияние сейсмичности на активизацию грязевулканической деятельности:

1. Гызмейдан; 2. Гасымкенд; 3. Бузовна пильпиляси; 4. Шихзарли; 5. Кечалдаг; 6. Кейреки; 7. Боздаг-Гобу; 8. Гушчу; 9. Нардаранакхтарма; 10. Ахтармаарды; 11. Агнохур; 12. Отманбоздаг; 13. Локбатан; 14. Дурандаг; 15. Агтирме; 16. Бахар; 17. Айрантекен [Алиев, Байрамов, 2007] /

Fig. 6. Influence of seismicity on the activation of mud volcanic activity:

1. Gyzmeidan; 2. Gasymkend; 3. Buzovna pil'pilyasi; 4. Shikhzarli; 5. Kechaldag; 6. Keireki; 7. Bozdag-Gobu; 8. Gushchu; 9. Nardaranakhtarma; 10. Akhtarmaardy; 11. Agnokhur; 12. Otmanbozdag; 13. Lokbatan; 14. Durandag; 15. Agtirme; 16. Bakhar; 17. Airanteken [Aliiev, Bairamov, 2007]

вулканов Агнохур (29.06.1986 г.), Айрантекян (20.03.1988 г., 22.08.2004 г.), Бахар (03.10.1992 г.), Нардаранахтарма (10.1996 г.), Аггирме (12.2000 г.) и Дурандаг (01.2001 г., 18.08.2004 г.), спровоцированы землетрясениями с гипоцентрами в Гобустане и Нижнекуруинском районе (см. рис. 6) [Алиев, Байрамов, 2007].

Краткий исторический обзор извержений. Большинство извержений грязевого вулкана Шихзарли (а их было 25) сопровождалось возгоранием газа, столбом пламени, достигающим высоты 100-300 м, и сравнительно небольшим объёмом выброшенной на поверхность земли грязевулканической брекчии. Извержения вулкана происходили в основном через каждые 2-6 лет. Большие интервалы покоя отмечены в 1848-1868, 1872-1902–1927, 1929-1939 и 1955-1969 гг., сильные извержения имели место в XIX и в начале XX века.

Наиболее интенсивное извержение, продолжавшееся двое суток и сопровождавшееся большим объёмом вынесенной из недр брекчии (48 тыс. м³), покрывшей

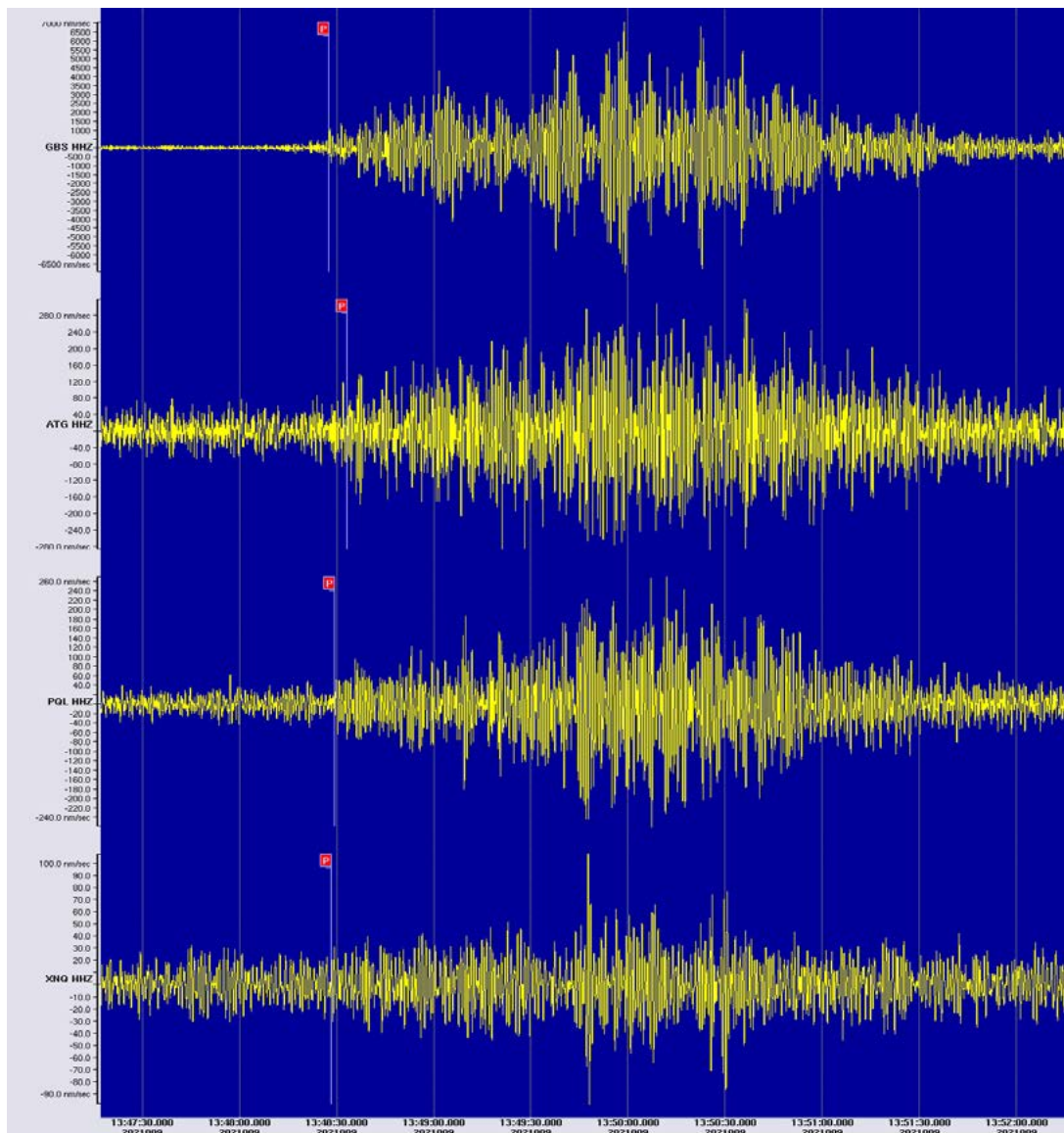


Рис. 7. Цифровые записи волновых форм по станциям Гобустан, Алтыгач, Пиргули, Сиазан, Хыналыг /

Fig. 7. Digital waveform records at the stations Gobustan, Altyagach, Pirguli, Siazan, Khynalyg

площадь в 4,3 га, произошло 13 февраля 1902 г., вскоре после известного катастрофического Шамахинского землетрясения. При извержении в 1955 г. вулканом был также выброшен сравнительно большой объём брекчии – 19,5 тыс. м³, покрывшей площадь в 1,3 га. Весной 1939 г. после извержения в течение 10 дней наблюдалось горение газа. Начиная с 40-х годов, извержения вулкана происходят в основном с незначительным объёмом выброшенной брекчии в пределах 1,0-2,0 тыс. м³.

Почти все извержения на вулкане Гушчу сопровождались, как обычно подземным гулом, выбросом вулканической брекчии, воспламенением газа. Интересно отметить, что высота пламени в 1917, 1941 и 1992 годах достигала 100-200 м, а продолжительность извержения (1992 г.) составляла с перерывами 2 часа. В 1913 году, при его первом извержении образовались два потока излияния, длина одного из которых 10 м, а другого – 700 м. В 1960 г. кратерное поле было дислоцировано, и из трещин выделялся газ. А самое сильное извержение вулкана было зафиксировано в марте 1986 г., когда была выброшена брекчия в объёме 12 тысяч кубометров.

Нынешнее (16-е) извержение вулкана Гушчу по некоторым параметрам процесса его проявления заметно отличается от вышеописанных. Впервые «заработал» новый эруптивный центр на расстоянии 700 м к северу от основного, действующего на протяжении более ста лет кратера вулкана. Это извержение, как уже отметили, характеризовалось выбросом на земную поверхность необычной почти твердой брекчии. Январское 2021 г. извержение вулкана было кратковременным (2 минуты), но более бурным, взрывного характера, чем его предыдущие 2008, 2018 и 2019 годов с подземным гулом, выбросом вулканической брекчии на высоту 40-50 м.

Сейсмологические данные. Следует отметить, что почти все извержения вулканов Шихзарли и Гушчу были спровоцированы землетрясениями. Извержения после землетрясений, произошедшие во второй половине XIX и в начале XX вв., были

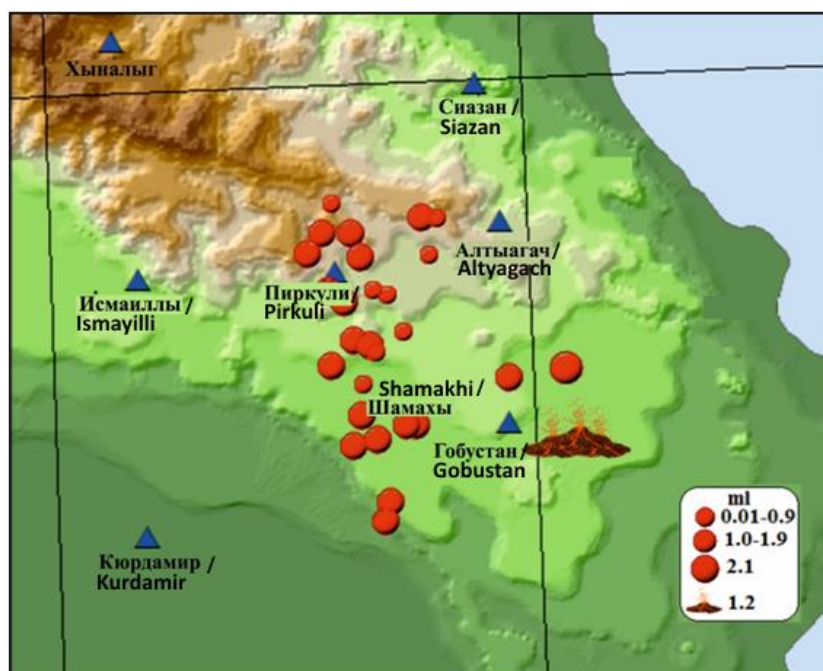
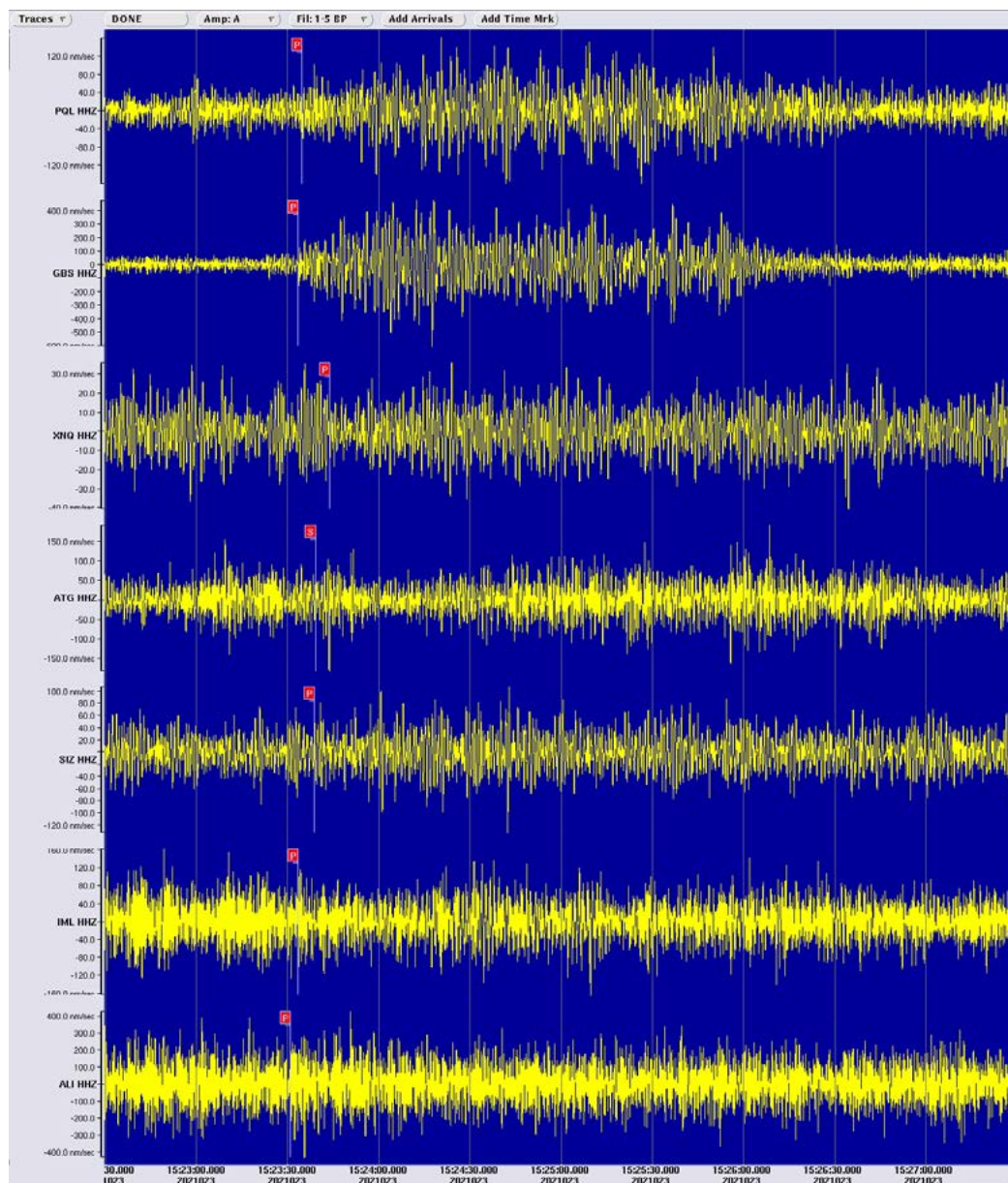


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений, зафиксированных 09.12.2020-08.01.2021 г. в зоне Гобустан-Шамакхи-Пиргули-Исмаиллы /

Fig. 8. Map of the earthquake epicenters recorded on 09.12.2020-08.01.2021 in the Gobustan-Shamakhy-Pirguli-Ismaily zone



*Рис. 9. Цифровые записи волновых форм по отмеченным 7 станциям /
Fig. 9. Digital waveform records for the indicated 7 stations*

отмечены в работах [Абих, 1939; Бооц, 1865; Гамба, 1828; Вебер, 1903; Ковалевский, 1940; Малиновский, 1938; Мушкетов, Орлов, 1893; Салаев, Зейналов, 1956; Якубов и др., 1970]. Извержения грязевого вулкана Шихзарли в марте 2011 г. и в декабре 2013 г. также явились следствием серий землетрясений в этой зоне.

Вообще влияние землетрясений на активизацию грязевулканической деятельности также рассмотрено в работах [Ахмедбейли, 1975; Гулиев и др., 2010; Kazimova, 2020; Казымова, Казымов, 2020; Kopf et al., 2010; Kokh et al., 2017; Martinelli, Dado, 2003; Mellors et al., 2007; Панахи, Рахманов, 1993; Султанова, 1969 и др.].

Как уже отмечалось, на Шихзарли было зафиксировано 3 фазы активизации вулкана. Первая – в 17:48:36 продолжительностью 3,5 мин., вторая – в 17:53:59 (2 мин.) и третья – в 17:58:59 (7 мин.). Общая продолжительность извержения 12,5



Рис. 10. Карта эпицентров землетрясений, происшедших в близко расположенных районах от вулкана Гушчу (23.12.2020-23.01.2021) /

Fig. 10. Map of the earthquake epicenters that occurred in closely located areas from the Gushchu volcano (23.12.2020-23.01.2021)

минут. Общее количество выделенной энергии $E=0,96 \times 10^7$ Дж, глубина выброса вулканической брекчии 2 км (рис. 7).

Это извержение Шихзарли также связано с сейсмическими событиями, произошедшими в сопредельных районах, отмеченными сейсмостанциями, расположенными в Шамахи-Гобустанском и Прикаспийском районах: Гобустан, Алтыгагач, Пиркули, Сиазан, Хыналыг. С 20 декабря 2020 года до 9 января 2021 года было зафиксировано 27 слабых землетрясений с магнитудой до 2,1 (рис. 8).

И извержение Гушчу является следствием подземных толчков, произошедших в близлежащих к вулкану районах. Достаточно отметить, что начиная с 23 декабря 2020 г. до 23 января 2021 г. было зафиксировано несколько землетрясений с магнитудой 2,0-3,3, отмеченных семью станциями: Пиркули, Гобустан, Хыналыг, Алтыгагач, Сиазан, Исмаиллы, Ширван. Извержение произошло в 19:23:24, глубина выброса брекчии 2 км, количество выделенной энергии $E=0,25 \times 10^7$ Дж. Извержение вулкана особенно спровоцировало Шемахинское землетрясение 13 января 2021 г. ($m_l < 3,3$) с гипоцентром в 40 км от вулкана. Кстати и предыдущее извержение Гушчу 13 января 2020 г. было спровоцировано Исмаиллинским землетрясением (рис. 9, 10).

Результаты работы и их обсуждение

После извержения на вулканах были проведены съёмочные работы – замеры выброшенного вулканом объема брекчии, её толщины и площади покрова, отобраны образцы пород для лабораторного анализа.

На вулкане Шихзарли подсчитаны объём грязевулканической брекчии (1,3 тыс. m^3), средняя толщина (0,6 м) и покров брекчии (2,0 га). На поверхности брекчии отмечены различного размера углубления – места падения крупных обломков пород, ряд радиальных трещин.

На вулкане Гушчу объём брекчии составил 27 тыс. м³, которая при средней ее толщине 0,9 м покрыла площадь в 3 га. В центральной части покрова толщина брекчии 1,5 м. В результате проведенных на вулкане работ было установлено, что от покрова брекчии в центральной части нового кратерного поля прослеживались 2 языка излияния, протяженностью до 100 м. К югу от вулкана отмечены трещины небольших глубин и ширины. В восточной части кратерного вала образовался небольшой водоем с интенсивным выделением газа.

В выбросах, как и в прошлые годы, встречены зеленоватые глины, глинистые сланцы, мергели, известняки, брекчиевидные доломиты, песчано-алевритовые породы, некоторые из которых пропитаны нефтью (рис. 11, 12).



*Рис. 11. Горючий сланец. /
Fig. 11. Oil shale.*



*Рис. 12. Нефтеносный песчаник. /
Fig. 12. Oil-bearing sandstone.*

Нефтеносные породы (песчаники) и горючие сланцы имеют высокое содержание органического вещества. По данным пиролиза образцов горючего сланца из выбросов грязевых вулканов Шихзарли и Гушчу количество органики в них составило 7,56% и 7,33% соответственно.

Ниже приводятся результаты экстракции образцов пород и определения количества органического вещества.

Таблица 1 / Table 1

Результаты экстракции образцов пород и определения количества органического вещества / Results of extraction of rock samples and determination of the organic matter amount

Вулканы / Volcanoes	Количество растворенного органического вещества, % / The amount of dissolved organic matter, %		Количество выделенного битума, % / The amount of allocated bitumen, %	Количество органического вещества, % / The amount of organic substance, %	Количество керогена, % / Kerogen amount, %
	Хлороформ / Chloroform	Спиртобензол (1:1) / Alcohol benzene (1:1)			
Шихзарли / Shikhzarli	0,44	0,97	1,41	21,9	6,15
Гушчу / Gushchu	2,54	5,80	8,34	39,7	34,02

Выводы

В изученных образцах пород наблюдаются повышенные содержания спирто-бензольного битума, свидетельствующие о сингенетичном характере выделенного большого количества органического вещества, при его зрелости способного продуцировать нефтегазовые углеводороды.

И в заключение надо отметить, что среди отобранных различных образцов пород преимущественно олигоцен-миоценового возраста интерес представляют обычно встречающиеся при извержениях в вулканической брекчии нефтеносные песчаники и горючие сланцы, результаты геохимического анализа которых, наряду с данными геолого-геофизических исследований могут быть использованы при оценке перспектив нефтегазоносности площади расположения грязевого вулкана Гушчу.

Исходя из предполагаемого нами двухэтажного тектонического строения правохтона, в пределах Баянатинского микроблока, где находится грязевой вулкан Шихзарли, а также нефтегазопродуцирующих возможностей пород эоцен-миоценового комплекса следует положительно оценить перспективы нефтегазоносности этих отложений, запечатанных в нижнем этаже, под грязевулканическим очагом.

Литература

1. Абих Г.В. О появившемся на Каспийском море острове и материалы к познанию грязевых вулканов Каспийской области (пер. с немец. изд. 1863 г.). // Тр. Геол. ин-та АзФАН СССР. – 1939. – Т. 12. – С. 21-122.
2. Алиев Ад. А., Байрамов А. А.. Новые данные об особенностях проявления грязевого вулканизма в Шамахи-Гобустанском регионе. // Тр. ИГАНА. – 2000. – №28. – С. 5-17.
3. Алиев Ад. А., Байрамов А. А. Закономерности пространственно-временного распределения грязевых вулканов Южно-Каспийской впадины в свете новой тектонической концепции. // Тр. ИГАНА. – 2007. – №35. – С. 25-45.
4. Ахмедбейли Ф.С. Современная активность грязевых вулканов восточной части Азербайджана и ее связь с сейсмичностью // Докл. АН Азерб. – 1975. – Т. 31. №8. – С. 61-64.
5. Бооц Х. Сведения о землетрясениях в Шемаха в 1848 и 1849 гг. // Газета «Кавказ». – 9 сентября 1865.
6. Вебер В.Н. Шемахинское землетрясение 31 января 1902 г. // Тр. Геологического комитета. – 1903. – Вып. 9. – 73 с.
7. Гамба Ж.Ф. Землетрясение и извержение новой огнедышащей горы близ Баку. // Сев. архив. – 1828. – Т. 34. №7. – С. 161-162.
8. Гулиев И.С., Алиев Ч.С., Панахи Б.М., Копф А., Делил Г, Багирли Р.Дж. Мониторинг потока метана и сейсмичность на грязевых вулканах юго-восточного Кавказа. // Republican seismic survey center of Azerbaijan National Academy of science. Catalogue of seismofore casting research carried out in Azerbaijan territory in 2009. – 2010. – pp. 64-77.
9. Грязевые вулканы Азербайджанской ССР. Атлас. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1971. – 258 с.
10. Ковалевский С. А. Грязевые вулканы Восточного Закавказья. // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1940. – №6-7. – С. 19-27.
11. Малиновский Н.В. Сейсмы, сопровождающие грязевые извержение. // Тр. АзФАН СССР, сер. физ.-хим. Наук. – 1938. – Т. 3/38. – С. 65-74.
12. Мушкетов И. В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи. – СПб. – 1893. – Т. 26. – 583 с.

13. Панахи Б. М., Рахманов Р. Р. Грязевулканические землетрясения. // *Вулканоология и сейсмология*. – 1993. – №2. – С. 98-103.
14. Салаев С. Г., Зейналов М. М. Извержение грязевого вулкана Шихзагирли. // *Труды АЗИИ*. – 1956. – Вып. 13. – С. 46-52.
15. Султанова З. З. Землетрясения Азербайджана. Каталог землетрясений Азербайджана (с 1139 по 1965 гг.). – Баку: Гянджлик, 1969. – 86 с.
16. Якубов А. А., Дадашев Ф. Г., Зейналов М. М. и др. О новейших извержениях грязевых вулканов юго-восточной части Большого Кавказа. – Баку: Элм, 1970. – 117 с.
17. Казымова С. Э., Казымов И. Э. Геодинамика Тальшского региона по данным механизмов очагов землетрясений и GPS-станций. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2020. – Т. 10. №3. – С. 40-56. DOI: 10.46698/VNC. 2020.35.39.003.
18. Kazimova S. E. Redefinition of earthquake hypocenters by the double difference method. // *Geology and Geophysics of Russian South*. – 2020. – Vol. 10 (4). – pp. 41-51. DOI: 10.46698/VNC. 2020.36.81.003.
19. Kokh S. N., Sokol E. V., Dekterev A. A. et al. The 2011 strong fire eruption of Shikhzarli mud volcano, Azerbaijan: a case study with implications for methane flux estimation. // *Environ. Earth Sci.* – 2017. – Vol. 76 (701). – 20 p.
20. Kopf A. J., Delisle G., Faber E. et al. Long-term in situ monitoring at Dashgil mud volcano, Azerbaijan: a link between seismicity, porepressure transients and methane emission. // *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)*. – 2010. – Vol. 99 (Suppl. 1). – pp. 227-240.
21. Martinelli G., Dadomo A. Mud volcano monitoring and seismic events. // *Mud volcanoes, Geodynamics and Seismicity. NATO Science Series*. – Baku, 20-23 May 2003. – pp. 187-200.
22. Mellors R., Kilb D., Aliyev A., Gasanov A., Yetirmishli G. Correlations between earthquakes and large mud volcano eruptions. // *J. Geophys. Res.* – 2007. – Vol. 112. DOI: 10.1029/2006JB004489.

References

1. Abikh G. V. About the island that appeared on the Caspian Sea and materials for the understanding of mud volcanoes in the Caspian region (translated from German ed. 1863). In: *Proceedings of Geological Institute AzFAN USSR*. 1939. Vol. 12. pp. 21-122. (In Russ.)
2. Aliyev Ad. A., Bayramov A. A. New data on the features of the manifestation of mud volcanism in the Shamakhi-Gobustan region. In: *Proceedings of IGANA*. 2000. No. 28. pp. 5-17. (In Russ.)
3. Aliyev Ad. A., Bayramov A. A. Regularities of the spatio-temporal distribution of mud volcanoes in the South Caspian basin in the light of a new tectonic concept. In: *Proceedings of IGANA*. 2007. No. 35. pp. 25-45. (In Russ.)
4. Akhmedbeyli F. S. Modern activity of mud volcanoes in the eastern part of Azerbaijan and its relationship with seismicity. *Doklady AS Azerbaijan*. 1975. Vol. 31. No. 8. pp. 61-64. (In Russ.)
5. Boots H. Information about earthquakes in Shemakha in 1848 and 1849. In: *Newspaper "Caucasus"*. September 9, 1865. (In Russ.)
6. Weber V. N. Shemakha earthquake of January 31, 1902. In: *Proceedings of Geological Committee*. 1903. Issue 9. 73 p. (In Russ.)
7. Gamba J. F. Earthquake and eruption of a new fire-breathing mountain near Baku. In: *Sev. archive*. 1828. Vol. 34. No. 7. pp. 161-162. (In Russ.)
8. Guliev I. S., Aliyev Ch. S., Panakhi B. M., Kopf A., Delil G., Bagirli R. J. Monitoring of methane flow and seismicity on mud volcanoes of the South-Eastern Caucasus. Republican seismic survey center of Azerbaijan National Academy of science. *Catalog of seismo forecasting research carried out in Azerbaijan territory in 2009*. 2010. pp. 64-77. (In Russ.)

9. Mud volcanoes of the Azerbaijan SSR. Atlas. Baku. Academy of Sciences of Azerbaijan. SSR, 1971. 258 p. (In Russ.)
10. Kovalevsky S.A. Mud volcanoes of the Eastern Transcaucasia. Azerbaijan oil industry. 1940. No. 6-7. pp. 19-27. (In Russ.)
11. Malinovsky N.V. Seismic events accompanying mud eruptions. In: Proceedings of AzFAN SSR, ser. physical and chemical Sciences. 1938. Vol. 3/38. pp. 65-74. (In Russ.)
12. Mushketov I.V., Orlov A.P. Catalog of earthquakes of the Russian Empire. Saint Petersburg. 1893. Vol. 26. 583 p. (In Russ.)
13. Panakhi B.M., Rakhmanov R.R. Mud volcanic earthquakes. Volcanology and seismology. 1993. No. 2. pp. 98-103. (In Russ.)
14. Salaev S.G., Zeynalov M.M. The eruption of the Shikhzagirli mud volcano. In: Proceedings of AzII. 1956. Issue 13. pp. 46-52. (In Russ.)
15. Sultanova Z.Z. Earthquakes in Azerbaijan. Azerbaijan earthquake catalog (from 1139 to 1965). Baku, Ganjlik, 1969. 86 p. (In Russ.)
16. Yakubov A.A., Dadashev F.G., Zeynalov M.M. et al. About the latest eruptions of mud volcanoes in the southeastern part of the Greater Caucasus. Baku, Elm, 1970. 117 p. (In Russ.)
17. Kazimova S.E., Kazimov I.E. Geodynamics of the Talish region according to earthquake source mechanisms and GPS-stations. Geology and Geophysics of Russian South. 2020. Vol. 10 (3). pp. 40-56. DOI: 10.46698/VNC. 2020.35.39.003. (in Russ.)
18. Kazimova S.E. Redefinition of earthquake hypocenters by the double difference method. Geology and Geophysics of Russian South. 2020. Vol. 10 (4). pp. 41-51. DOI: 10.46698/VNC. 2020.36.81.003.
19. Kokh S.N., Sokol E.V., Dekterev A.A. et al. The 2011 strong fire eruption of Shikhzarli mud volcano, Azerbaijan: a case study with implications for methane flux estimation. Environ. Earth Sci. 2017. Vol. 76 (701). 20 p.
20. Kopf A.J., Delisle G., Faber E. et al. Long-term in situ monitoring at Dashgil mud volcano, Azerbaijan: a link between seismicity, porepressure transients and methane emission. Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.). 2010. Vol. 99 (Suppl. 1). pp. 227-240.
21. Martinelli G., Dado A. Mud volcano monitoring and seismic events. Mud volcanoes, Geodynamics and Seismicity. NATO Science Series. Baku, 20-23 May 2003. pp. 187-200.
22. Mellors R., Kilb D., Aliyev A., Gasanov A., Yetirmishli G. Correlations between earthquakes and large mud volcano eruptions. J. Geophys. Res. 2007. Vol. 112. DOI: 10.1029/2006JB004489.