
А.Л. Собисевич, Л.Е. Собисевич, Т.Ю. Тверитинова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

О ГРЯЗЕВОМ ВУЛКАНИЗМЕ В ПОЗДНЕАЛЬПИЙСКОМ СКЛАДЧАТОМ СООРУЖЕНИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА (на примере изучения глубинного строения грязевого вулкана Шуго)

Вулкан Шуго — один из наиболее характерных действующих грязевых вулканов Таманской грязевулканической провинции в северо-западной периклинальной части альпийского складчатого сооружения Большого Кавказа. На фоне относительно спокойного «характера» этого грязевого вулкана в 1903, 1908 и 2006 гг. наблюдались кратковременные бурные извержения. В статье приведены новые сейсмические данные о глубинном строении вулкана Шуго, которые расширяют представления о грязевом вулканизме Северо-Западного Кавказа.

***Ключевые слова:** грязевой вулканизм, глубинное строение, разрывные нарушения, дилатансия, флюидная активность*

Введение

Действующий грязевой вулкан Шуго (рис. 1; 2 см. вклейку), расположенный на южном склоне Западно-Кубанского передового прогиба, — один из самых интересных объектов Северо-Западного Кавказа (СЗК) [Собисевич и др., 2005]. Грязевулканическая деятельность Шуго в течение длительного времени отличается постоянной сменой активных и спокойных периодов, систематическим выбрасыванием газов и сопочной грязи с незначительным содержанием грубообломочного материала.

В настоящее время многие вопросы, связанные с химическим составом продуктов извержений вулкана подробно освещены в научной литературе [Шнюков и др., 1971, 1986, 1992]. Намечился определённый прогресс в изучении глубинного строения и механизмов деятельности грязевых вулканов [Собисевич и др., 2008]. В результате проведения масштабных полевых экспериментов и математического моделирования получены новые данные о глубинном строении вулкана Шуго, который расположен в Таманской грязевулканической провинции.

© А.Л. СОБИСЕВИЧ, Л.Е. СОБИСЕВИЧ, Т.Ю. ТВЕРИТИНОВА, 2014

Таманская грязевулканическая провинция

Таманская грязевулканическая провинция, расположенная на стыке складчатых сооружений Горного Крыма и Большого Кавказа, является частью Керченско-Таманской грязевулканической области. Она занимает участок на погружении орогенных складчатых структур мегантиклинория Большого Кавказа под слабодислоцированный кайнозойский чехол поперечного Керченско-Таманского и передового Западно-Кубанского прогибов (рис. 3).

В юго-восточной части провинции располагается мегантиклинорий СЗК, сложенный складчатыми комплексами мела и палеогена и выходящими в ядрах антиклинорных структур домеловыми породами. В прогибах развиты глинистые толщи майкопа и контрастные по составу, включая грубую молассу, плиоцен-четвертичные комплексы. Отложения верхнего мела, палеогена и майкопской серии ступенчато погружаются в сторону оси Западно-Кубанского передового прогиба.

В Западно-Кубанском прогибе среди полого залегающих неоген-четвертичных отложений в виде частично погребенных антиклинальных зон выражены зоны концентрации деформаций (ЗКД). В приядерных частях антиклинальных складок крылья складок залегают круто, почти вертикально, на удалении от осевых зон складок залегание пород быстро выполаживается. С севера на юг выделяются антиклинальные зоны мыса Каменный, Фонталовская, Анастасиевско-Краснодарская, Фанагорийская, Карабетовская, Кизилташская, Ереминская, Благовещенская, Джигинско-Варениковского блока (последняя принадлежит южному борту Кубанского прогиба — северному склону мегантиклинория). На поперечных флексурно-разрывных зонах продольные антиклинальные зоны «перестраиваются» — изменяют свою ориентировку, изменяется их количество.

Таманская грязевулканическая провинция и северная часть Черноморской впадины характеризуются широким проявлением исторического и современного грязевого вулканизма. Большинство грязевых вулканов провинции характеризуются наличием центрального кратера, кольцевого вала и разделяющей их



Рис. 1. Общий вид на грязевулканическую постройку Шуго. На переднем плане сопка им. Г.И. Войтова

неглубокой котловины. В кратере располагается несколько действующих или потухших грифонов, вулканических конусов или сопок (сальз), сложенных сопочной брекчией. Вулканические конусы (или сопки) нарушены системой концентрических складчато-разрывных структур и радиальных разрывов. Концентрические валы, окружающие по периметру вулканические постройки, осложнены сбросами, выраженными в рельефе уступами высотой 1—1,5 м.

Грязевулканическая брекчия Таманских грязевых вулканов состоит в основном из угловатых обломков глин и различных, преимущественно карбонатных пород. Брекчия западно-кавказских вулканов содержит помимо обломков глин также обломки сидеритов, песчаников, известняков, мергелей и даже гальки изверженных пород мелового и более древних возрастов [Ходькова, Гемп, 1970]. Зоны активной генерации природных (преимущественно углеводородных) газов, участвующих в пароксизмальных процессах грязевого вулканизма, находятся, по крайней мере, в отложениях мезозоя, а возможно — и палеозоя. Современное состояние грязевых вулканов свидетельствует об активности всей системы складок и разломов, с которыми они взаимосвязаны.

Имеющиеся материалы говорят о неоднородных разломно-блоковых структурах геологической среды региона. Можно предполагать, что отмеченные в сейсмических экспериментах резонансные образования дилатансного типа [Собисевич и др., 2007] вызваны к жизни динамическими процессами в ядрах антиклиналей и их осложнениях при формировании разломов, которые и являются подводящими каналами грязевых вулканов, в частности вулкана Шуго. Именно здесь расположена грязевулканическая камера вулкана, а ниже — его глубинный «очаг».

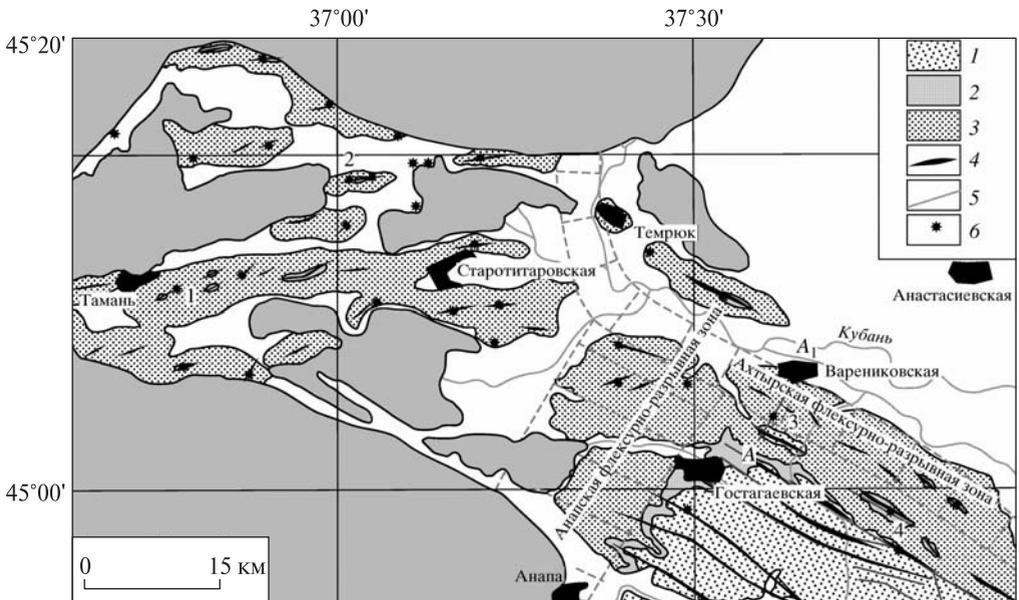


Рис. 3. Тектоническая схема Таманского полуострова и периклиналильного замыкания Северо-Западного Кавказа: 1 — мел—палеогеновые отложения; 2 — майкопская серия (олигоцен-миоцен); 3 — неогеновые отложения; 4 — оси антиклинальных складок; 5 — крупнейшие складчатые разрывные нарушения; 6 — грязевые вулканы: горы Карabetова (1); Западный Цымбал (2); Шуго (3); Гладковский (4). А—А1 — линия геофизического профиля 2006 г

Вулкан Шуго — характерный пример западно-кавказского грязевого вулкана

Шуго — один из крупнейших грязевых вулканов Таманской грязе-вулканической провинции. Он является самым северным грязевым вулканом мегантиклинория СЗК и вместе с тем уже находится на южном крыле Западно-Кубанского передового прогиба, где развиты майкопские отложения. Вулканическая постройка грязевого вулкана Шуго расположена непосредственно к северу от Шугинской антиклинали, входящей вместе с находящейся на ее юго-восточном продолжении Гладковской антиклиналью, в Шугинско-Гладковскую ЗКД сжатия.

На северном крыле Шугинской антиклинали фиксируется ряд складок второго порядка, связанных с развитием взбросов и надвигов северной вергентности (рис. 4, 5). Шуго расположен в синклиналиподобной структуре, являющейся результатом кальдерного проседания при извержении вулкана. Верхнеплиоценовые осадки в подножии грязевулканического конуса залегают горизонтально.

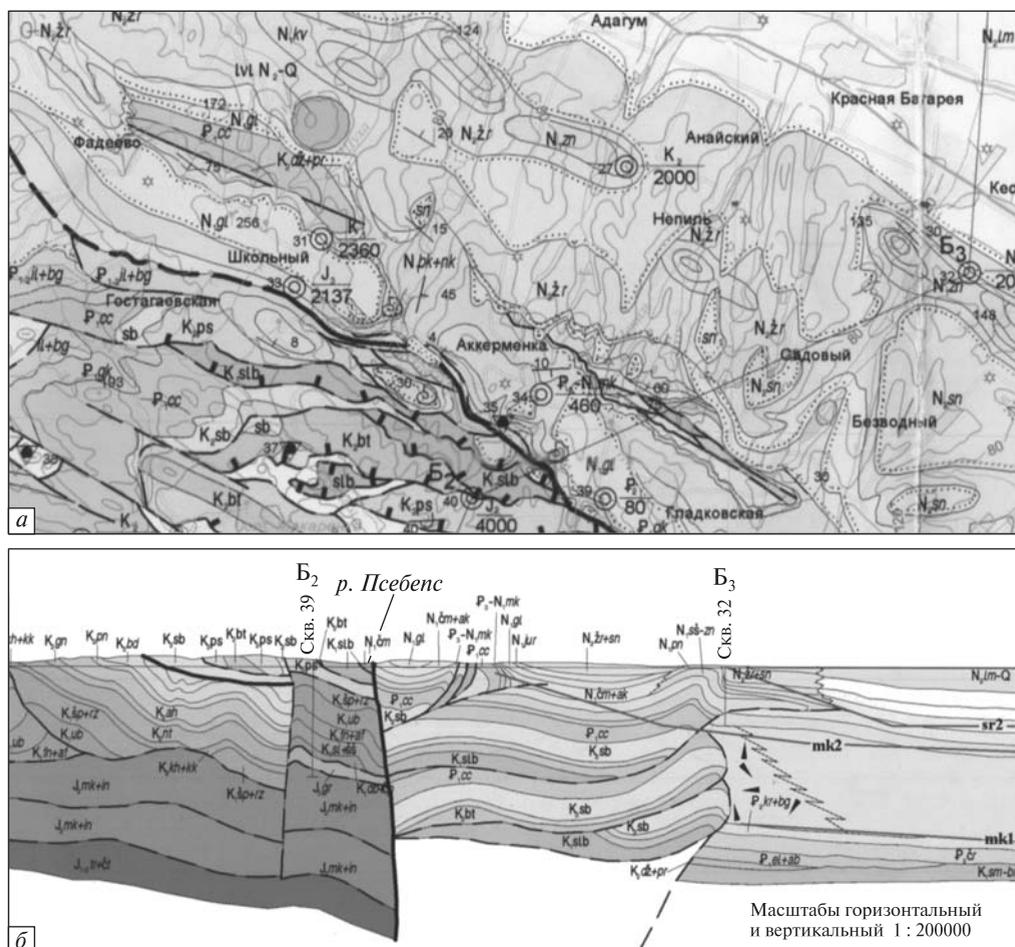


Рис. 4. Фрагмент геологической карты листа L-37-XXVI (Новороссийск) и геологического разреза по линии Б2—Б3

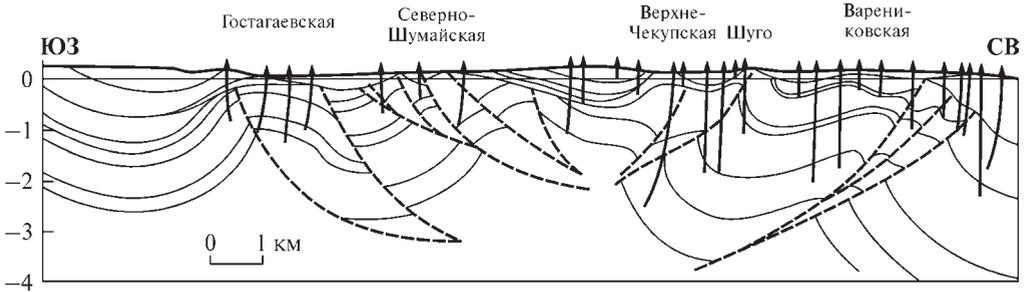


Рис. 5. Геологический разрез по профилю ст. Гостагаевская — Варениковская через вулкан Шуго (Барабощкин и др., по материалам Попкова, Бондаренко и др., 2007)

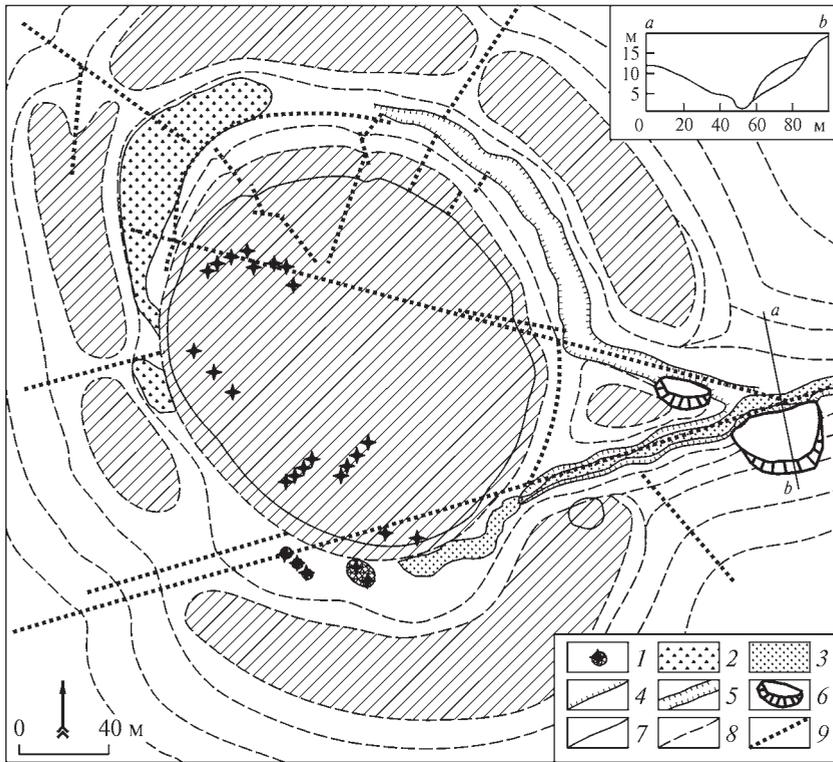


Рис. 6. Схема привершинной части грязевого вулкана Шуго: 1 — действующие грифоны и сальзы; 2 — отдельные грязевые сопки; 3 — свежие излияния сопочной брекчии; 4 — обновленные кольцевые сбросы, выраженные свежими уступами; 5 — крутые борта балок с активным эрозийным врезом; 6 — свежие оползни; 7 — сухие русла; 8 — условные горизонталы рельефа; 9 — активные разрывы, выраженные в рельефе

Центральный «кратер» Шуго (рис. 6) сложен светло-серой сопочной брекчией с многочисленными глиняными потоками и рядом действующих вулканических конусов. Кратер расположен в вершинной кальдере проседания, ограниченной возвышающимся над ней на 20—30 м кольцевым валом (рис. 6, 7). В центральной части кальдеры сопочная брекчия вздута в виде пологого усеченного конуса. По периферии конуса на вулканическом поле диаметром более 100 м расположены отдельными цепочками и группами активно функционирующие сопки, сальзы и грифоны, извергающие разжиженную грязь и газ.

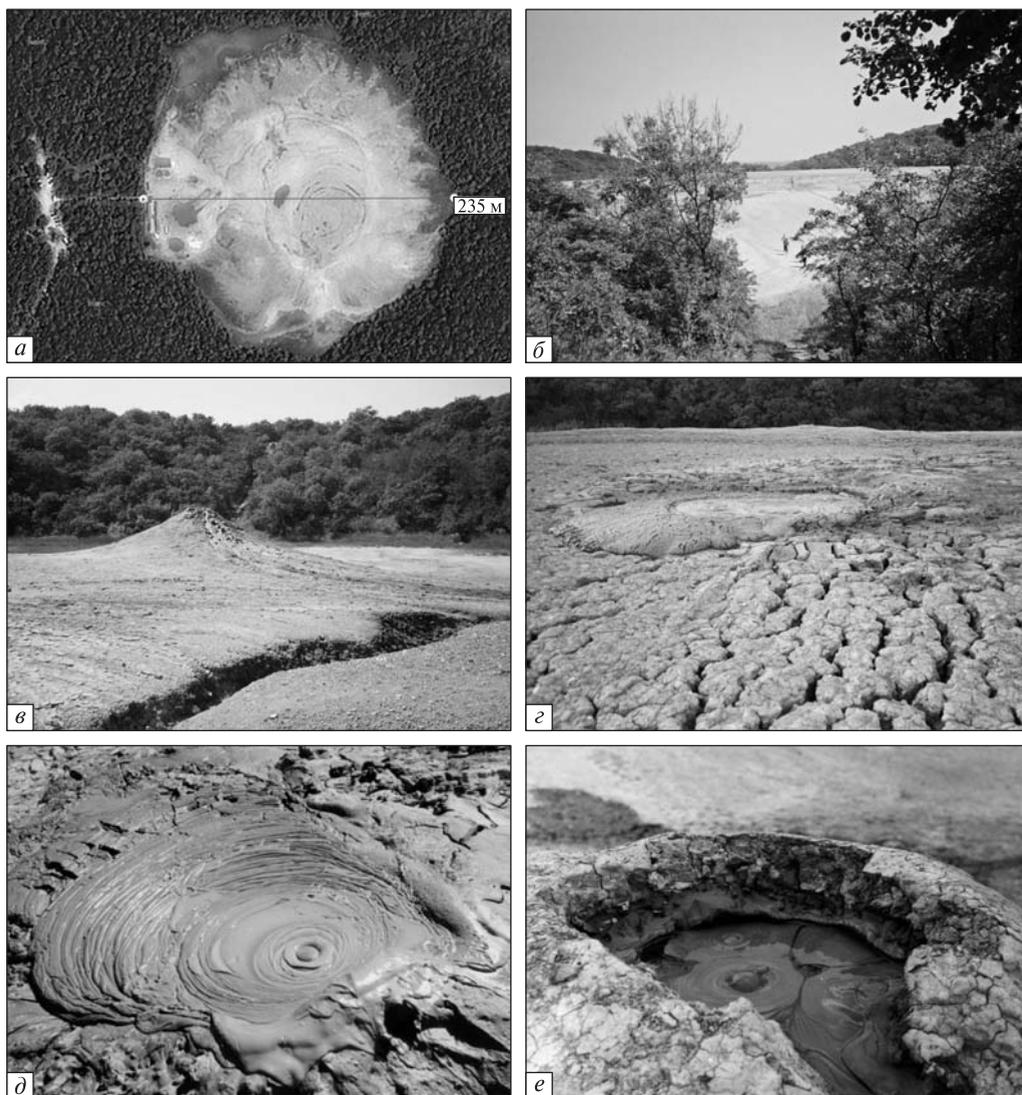


Рис. 7. Вулкан Шуго: *a* — космический снимок Шуго (карты Яндекс); *б* — общий вид вулкана; *в* — действующий конус и крупная трещина в сопочной брекчии; *г* — действующий грифон и трещины отрыва в сопочной брекчии; *д* — действующий грифон; *е* — современные грязепроявления с нефтепродуктами

В ряде случаев в излияниях наблюдаются следы нефти (рис. 7, *е*). Кольцевой вал, отделенный от кратера вулкана понижением шириной 20—50 м, разделен заложенными по крупным радиальным разломам понижениями, в которых имеются потоки грязекаменной брекчии. По радиальным долинам устанавливается закономерное правостороннее смещение оси сегментов вала (рис. 6).

Во время наших экспедиций 1999—2004 гг. на вулкане Шуго было обнаружено около 16 действующих грифонов, восемь из которых имели конусообразную постройку от 2 до 16 метров высотой. Остальные были слабо выражены в рельефе и практически не действовали, лишь изредка проявляя флюидную активность и незначительные грязепроявления. Южная часть вулканического кратера разбита

системой трещин, из которых с частотой 0,01—0,1 Гц с сильным грохотом и характерными булькающими звуками выходит газ. Здесь в 2004 г. начал формироваться обширный грифон, который стал источником нового извержения.

Разрывы дневной поверхности грязевых вулканов на примере вулкана Шуго

Поверхности многих грязевых вулканов Таманской грязевулканической провинции, особенно действующих, разбиты системами разноориентированных трещин (см. рис. 6, 7, 8). Наиболее выразительны радиальные трещины конусов грязевых вулканов. Местами, особенно в кольцевом валу, хорошо выражены кольцевые разломы. Морфологически радиальные и большинство кольцевых разломов зияющие и являются современными структурами отрыва. Помимо многочисленных радиальных и кольцевых трещин, на поверхности грязевых вулканов выделяются также системы эшелонированных зияющих трещин отрыва, образующих разноориентированные зоны сдвиговых деформаций, что и наблюдалось на поверхности вулкана Шуго.

Вся поверхность действующего и дышащего, но полувывсохшего центрального конуса вулкана Шуго представлена системой кольцевых складчатых валов и разделяющих валы понижений, а также многочисленными сложными протяженными ветвящимися радиальными трещинами отрыва. Высохшая поверхность вулкана вокруг центрального конуса также разбита трещинами — не столь масштабными и протяженными, но не менее выразительными. Это зияющие трещины отрыва длиной от первых сантиметров до нескольких метров, образующие характерные кулисно построенные ряды, представляющие собой трансенсивные (сдвиговая деформация с растяжением) зоны право- и левосдвиговых деформаций, а также крупные трещины без определенной кинематики (рис. 6, 8). Трещины и современные сейсмодислокации распространены и на других грязевых вулканах Таманской грязевулканической провинции [Овсюченко, 2005].

По замеренным трещинам, а также по геоморфологическим элементам грязевулканической постройки Шуго построены стереограммы (рис. 9).

Среди структурно-геоморфологических элементов (рис. 7) в районе вулканической постройки выявлены разноориентированные кольцевые валы сжатия, радиальные структуры отрывного типа (выраженные цепочками небольших вулканических конусов, грифонов и сальз, а также прорезающими вулканический конус радиальными долинами), сбросовые уступы, системы сдвиговых, причем исключительно правосдвиговых нарушений, смещающих внешний кольцевой вал вулкана.

Структурно-кинематический и тектодинамический анализ замеренных трещин, проведенный нами по методике парагенетического анализа трещиноватости [Расцветаев, 1987], позволил выявить несколько парагенезов трещинно-разрывных структур, включая:

- 1) разноориентированные отрывы и сбросы, отражающие условия субвертикального сжатия — субширотного разноориентированного растяжения;
- 2) широтные отрывы (главный максимум), правые сдвиги СВ и левые сдвиги СЗ простираения, характеризующие условия субширотного латерального сжатия;

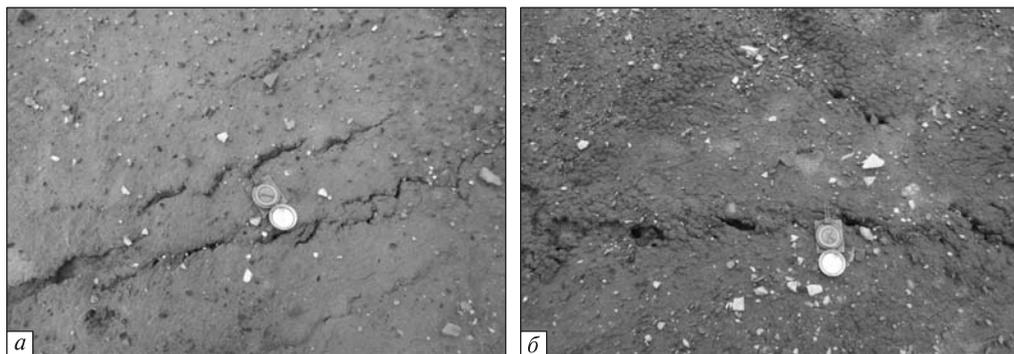


Рис. 8. Фото характерных зон сдвиговых деформаций по трещинам отрыва в сопочной брекчии вулканического конуса Шуго: *а* — зона левосдвиговых деформаций, *б* — зона правосдвиговых деформаций

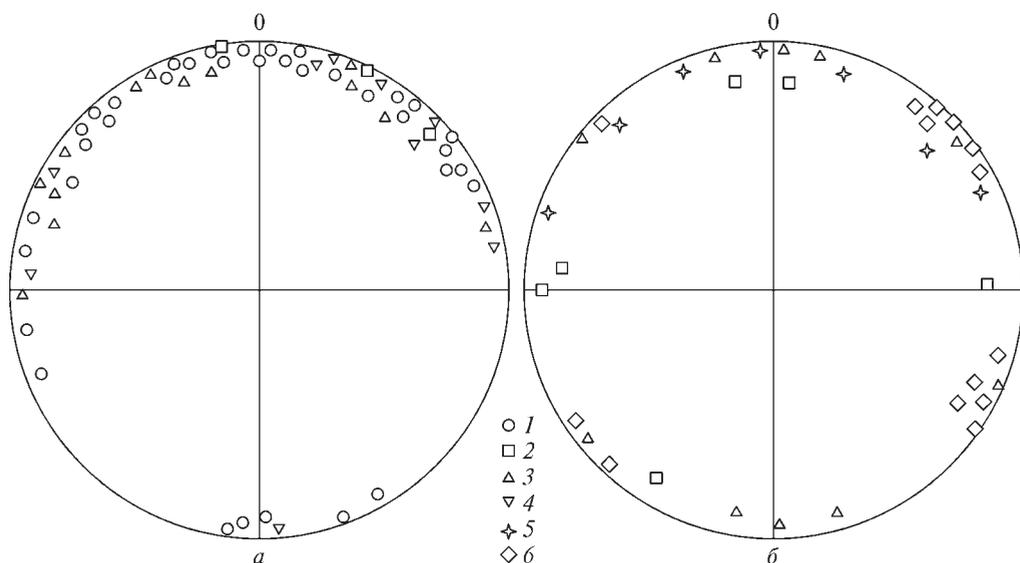


Рис. 9. *а* — Стереодиаграмма трещиноватости сопочной брекчии вулкана Шуго; *б* — стереодиаграмма структурно-геоморфологических элементов вулканической постройки Шуго: 1 — отрывы, 2 — сбросы, 3 — правые сдвиги, 4 — левые сдвиги; 5 — складчатые валы конуса вулкана, 6 — цепочки сальз, грифонов и вулканических конусов (структуры растяжения)

3) сбросы СЗ простирания, субширотные правые и субмеридиональные левые сдвиги и отрывы СЗ простирания, сформировавшиеся в обстановке СВ растяжения — СЗ латерального (и вертикального) сжатия;

4) правые сдвиги СЗ простирания, левые сдвиги СВ простирания и субмеридиональные отрывы, связанные с условиями субмеридионального латерального сжатия — субширотного латерального растяжения;

5) кольцевой вал и валы в сопочной брекчии вулкана, сформировавшиеся в условиях радиального латерального сжатия;

6) правые сдвиги, выявленные при структурно-геоморфологическом анализе, образовавшие еще один структурный парагенез — пояс правостороннего вращения с субвертикальной осью.

По поводу возможной природы действующих сил при формировании трещин в конусе грязевого вулкана можно высказать следующие предположения.

Формирование разноориентированных радиально расположенных на конусе вулкана трещин отрыва (1), а также формирование кольцевых пластических валов складчатой природы (5), очевидно, связаны с формированием конусной вулканической постройки, то есть с действием самого грязевого вулкана. Вертикальное сжатие вызывает подъем грязекаменной массы, выход ее на поверхность в зону разгрузки вызывает действие разноориентированного растяжения. Течение грязекаменной массы по склонам конуса определяет направленное сверху вниз по склону сжатие, приводящее к формированию вулканических валов. Горизонтальное направленное вниз по склону сжатие сопровождается разноориентированным вдоль окружности склона растяжением, приводящим также к образованию разноориентированных поперечных валам радиальных структур отрывного типа. То есть формирование грязекаменного кольцевого вала и нарушающих его поперечных (радиальных) трещин отрыва неразрывно связаны с грязевулканической деятельностью.

Условия субширотного латерального сжатия с формированием второго структурного парагенеза (преимущественно субширотные отрывы, правые сдвиги СВ и левые — СЗ простираия) (2), связаны с общими региональным тектодинамическими условиями в данной структурной зоне. Это подтверждается наличием региональных нарушений сходной кинематики — правых сдвигов СВ простираия и левых — СЗ, нарушающих в том числе и молодые четвертичные комплексы отложений, а также закономерное расположение антиклинальных складок в складчатых антиклинальных зонах — в зонах ВСВ простираия кулисно располагаются складки СВ простираия, в зонах ЗСЗ простираия — складки СЗ простираия [Овсюченко, 2006].

Действие субширотного сжатия на СЗ Кавказе связано с выжиманием материала из складчатого сооружения Большого Кавказа, при его поперечном сжатии, в периклинальную часть.

За формирование парагенеза сбросов и отрывов СЗ простираия, субширотных правых и субмеридиональных левых сдвигов отвечают условия СЗ латерального сжатия — СВ латерального растяжения, которые также имеют региональное значение и отражают течение материала вдоль крупных зон концентрации деформаций СЗ простираия [Расцветаев, 1987; Расцветаев и др., 1999].

Несмотря на то, что мы имеем дело с периклинальным замыканием складчатого сооружения, здесь проявляются характерные условия поперечного ко всему сооружению субмеридионального сжатия, поэтому мы видим в структурном рисунке трещиноватости наличие правых сдвигов СЗ простираия, левых сдвигов СВ простираия и субмеридиональных отрывов.

Наличие правосдвигового пояса вращения по смещениям сегментов кольцевого вала на радиальных структурах указывают на реализацию в «грязевулканическом» структурном узле вращательной деформации, возможно, отражающей правосдвиговые смещения по Шугинско-Гладковской зоне концентрации деформаций в условиях субмеридионального сжатия.

Все трещинно-разрывные нарушения, установленные в грязевулканическом конусе Шуго, являются современными. Формироваться они могли одновременно с извержениями грязевого вулкана при активных подвижках в корневой зоне

вулканической постройки, между извержениями в приповерхностной зоне в условиях гравитационной неустойчивости постройки, а также при усыхании сопочной брекчии.

О роли явления дилатансии в формировании корневых структур и выводящих каналов грязевых вулканов. Изучение глубинного строения вулкана Шуго

Диапиры и другие проводящие каналы, приводящие к формированию грязевых вулканов, фиксируют потоки флюидов. Они расположены на предпочтительных глубинах, определяемых размерами и формой дилатантных структур, которые вторгаются в осадочные отложения, где формируется и пограничный слой дилатансии [Николаевский, 1982; Собисевич, 2001]. При этом процесс развития грязевулканических образований в теле грязевулканической постройки сопровождается генерацией геоакустических возмущений, что подтверждается данными натурных измерений, проведенными нами на вулкане Шуго во время экспедиций. В Черном море по данным научных исследований академика Шнюкова Е.Ф. и др. [1971] подводные каналы грязевых вулканов фиксируются сейсмическими методами на глубинах 7—10 км. Увлекающие брекчию газы в процессе подъема к поверхности определяют процессы трансформации сейсмических полей в окрестности вулканической постройки.

Спусковым механизмом момента начала извержения могут выступать протекающие в геосферах различные природные процессы. При этом важно понимать, что причиной самого извержения является высокое избыточное давление, возникающее в корневых структурах грязевулканической постройки и обуславливающее прорыв грязебрекчий на поверхность через эруптивные каналы грязевых вулканов.

Как же формируются и развиваются в процессе жизни грязевулканического образования его корневые структуры и выводящие каналы? По нашему мнению, наиболее универсальным механизмом развития изменений в корневых структурах грязевых вулканов является повышенная флюидная проницаемость в зонах усиления сдвиговых и растягивающих напряжений, сопровождающихся инфразвуковыми явлениями. При этом повышение флюидной проницаемости отдельных образований грязевулканической постройки мы связываем с состоянием дилатансии [Николаевский, 1996; Собисевич и др., 2005]. Согласно данным В.Н. Холодова [2002] избыточные давления флюидов в мощных толщах глин, залегающих в районах грязевого вулканизма, формируются главным образом за счет фазового преобразования глинистых минералов в области высоких температур (и давлений) и, в первую очередь, за счет иллитизации смектита, что и порождает формирование зон дилатансии.

На примере простейшей модели грязевулканического образования — первоначально однородного, изотропно-упругого полупространства, — следуя работам Алексева А.С., представляется возможным показать сложный характер зон дилатансии [Алексеев и др., 2008]. Учеными ВЦ СО РАН Петренко В.Е. и Белоносовым А.С. такие численные эксперименты были проведены (эти результаты были любезно предоставлены нам академиком А.С. Алексеевым). Было показано, что дилатансия проявляется уже в случаях, когда источником тектонических напряжений является единичная сосредоточенная сила.

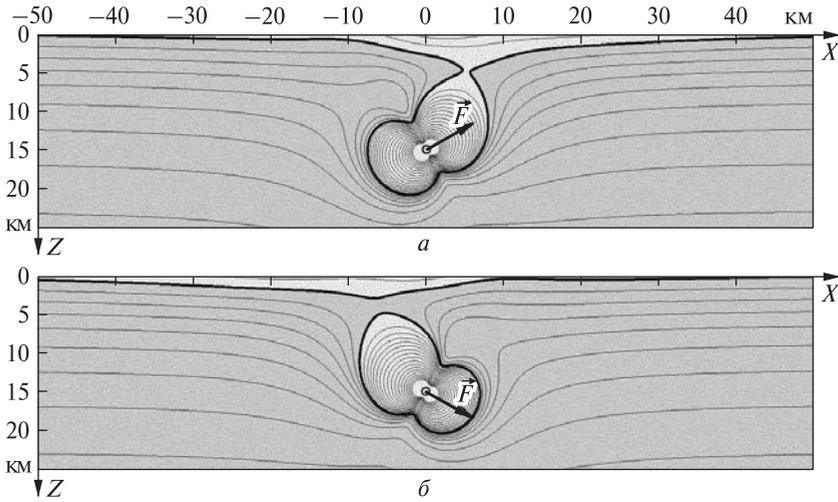


Рис. 10. Формы областей дилатансии на поверхности и вблизи источника в сечении $y = 0$. Источник расположен на глубине $h = 15$ км. Сила $\vec{F} = F \cdot \vec{n}$, $\vec{n} = (\cos(\alpha), 0, \sin(\alpha))$, $F = 5 \cdot 10^{16}$ Н. Расчет выполнен для двух вариантов направления действия силы: а) $\alpha = -30^\circ$, б) $\alpha = +30^\circ$. Отметим, что образовавшийся в первом случае выводящий канал, при изменении направления силы в районе расположения очага, замкнулся

На рис. 10 изображена граница области $D_\tau = 0$ для единичной силы, расположенной на глубине $h = 15$ км.

Интересным фактом оказывается образование двух зон дилатансии: «очаговой», в окрестности точки приложения силы, соответствующей «грязевулканическому очагу», и «пограничной» — в слое около свободной поверхности, где формируется система выводящих каналов, образующаяся в процессе деятельности грязевого вулкана. Здесь поле напряжений от источника может содержать сильный вклад касательных напряжений на фоне слабого влияния сжимающих напряжений и гидростатического давления в связи с близостью поверхности, свободной от внешних напряжений. Возникающие при этом зоны разуплотненных разномасштабных трещиноватых структур и составляют основу вулканического поля в объеме пограничного слоя дилатансии [Собисевич, 2001].

В зависимости от параметров геологической среды «пограничная» зона дилатансии ведет себя довольно изменчиво. Она может исчезать при увеличении глубины источника или соединяться с «очаговой» зоной при увеличении его интенсивности. В некоторых случаях «пограничная» зона имеет горизонтальную протяженность, а также весьма сложную форму в проекции на поверхность Земли. Однако наиболее продуктивная зона разуплотнения в области пограничного слоя дилатансии всегда тяготеет к центральной части грязевулканической постройки.

Таким образом, понятие пограничного слоя дилатансии сегодня становится определяющим в проблеме построения математической теории корневых структур и выводящих каналов грязевых вулканов.

По следам газов, мигрирующих через дилатансные структуры в сальзово-грифонный этап развития грязевых вулканов, устремляются воды. Они выносят из запечатывающих эруптивный канал вулкана грязебрекчий большое количество тонкого глинистого материала, расширяя и совершенствуя пути разгрузки. Газо-

водные смеси грязевых вулканов, выносящие большие массы пелитового глинистого материала, постепенно разрушают грязевулканическую пробку, которая на начальном этапе запечатывает эруптивный канал вулкана. Происходит спонтанный прорыв, и флюидный поток грязебрекчии устремляется к поверхности, дробясь и растекаясь по многочисленным каналам в пограничном слое дилатантной зоны. Их выход на дневную поверхность через многочисленные сальзы и грифоны сопровождается отложением глинистых скоплений, со всех сторон окружающих каналы разгрузки и постепенно формирующих конусообразные постройки. Эти динамические процессы сопровождаются сложными химическими явлениями. Достаточно напомнить об экспериментально обнаруженном аномальном на первый взгляд явлении: в пределах одного и того же кратерного поля каждая сальза выносит воды разного класса и типа.

При работах на вулканической постройке Шуго нами были получены сейсмические данные, отражающие динамику развития извержения, и выполнены оценки внутреннего глубинного строения вулкана. Подтверждено влияние геологических неоднородностей на формирование фонового микросейсмического поля. Определены закономерности этого влияния и опробован, по сути, своеобразный вид сейсмической разведки, использующий в качестве зондирующего сигнала фоновые колебания (микросейсмы). Анализируя внутреннее строение вулкана, удастся объяснить и причины взрывных извержений, которые связаны в первую очередь с закупоркой основного выводящего канала, что и привело к прекращению деятельности центрального грифона, зафиксированного сейсмическими методами. Затем последовало повышение давления флюидов непосредственно в очаге и, как следствие, в окружающих дилатантных структурах. Высокое давление и явилось тем спусковым механизмом, который снова открыл пути поступления флюидов в главный выводной канал (рис. 11). На протяжении всего периода бурного извержения этот процесс неоднократно повторялся.

В августе-сентябре 2006 года в районе вулкана Шуго нами были проведены геолого-геофизические исследования, включающие работы по глубинному зондированию вулканических структур. Использовался метод микросейсмического зондирования

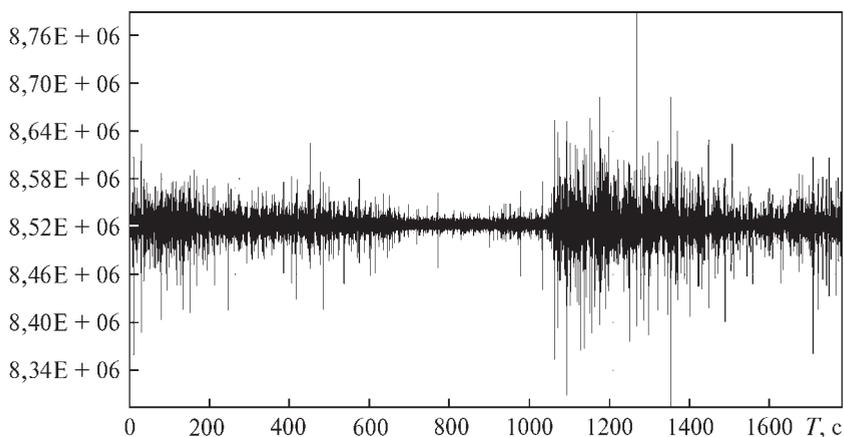


Рис. 11. Фрагмент сейсмической записи, отражающий структуру геоакустического шума в момент «запирания» основного выводящего канала в теле грязевулканической постройки вулкана Шуго

[Горбатиков и др., 2008], основанный на инверсии амплитудно-частотного пространственного распределения микросейсмического поля. Профиль геофизических исследований (А—А1) показан на рис. 3, а полученный экспериментально вертикальный разрез по контрастам сейсмических скоростей — на рис. 12 (см. вклейку).

Разрез отражает расположение и форму геологических неоднородностей среды по признаку контрастов сейсмических скоростей. Горизонтальное разрешение метода оценивается величиной 4 % от длины зондирующей волны, или, соответственно 8 % от глубины залегания неоднородности. Вертикальное разрешение оценивается как 15 % от глубины залегания [Горбатиков и др., 2008]. Светлым тоном оконтурены области с пониженными сейсмическими скоростями. Они соответствуют более трещиноватым и флюидонасыщенным структурам. Анализ полученных результатов выполнен с учетом существующих геологических данных.

Проведенные геолого-геофизические исследования позволили изучить глубинное строение грязевого вулкана Шуго и уточнить глубинную структуру Ахтырской флексурно-разрывной зоны в целом. Показано, что грязевулканическая камера вулкана расположена в диапазоне глубин 15—20 км, а корневые структуры наблюдаются вплоть до 25 км и более. Эти научные результаты заставляют по-новому подходить к анализу глубинных процессов в районах развитого грязевого вулканизма в позднеальпийском складчатом сооружении Северо-Западного Кавказа.

Работа выполнена при поддержке международного гранта РФФИ (№ 14-05-90421-Укр-а)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.С., Глинский Б.М., Имомназаров Х.Х., Ковалевский В.В., Собисевич Л.Е., Хайретдинов С.М., Цибульчик Г.М. Мониторинг геометрии и физических свойств «поверхностной» и «очаговой» дилатантных зон методом вибросейсмического просвечивания сейсмоопасных участков земной коры / Коллективная монография «Изменения природной среды и климата. Природные катастрофы. Часть 1». Под ред. академика Н.П.Лаверова. Т. 1. М.: ИФЗ РАН. 2008. С. 179 — 222.
2. Барабошкин Е.Ю., Бондаренко Н.А. Любимова Т.В. Уникальные геологические объекты Северо-Западного Кавказа. Путеводитель экскурсий Шестого Всероссийского совещания «Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии» 14—15 сентября 2012 г. Геленджик. Краснодар. 2012. 28с.
3. Горбатиков А.В., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Степанова М.Ю., Овсяченко А.Н. Технология глубинного зондирования земной коры с использованием естественного низкочастотного микросейсмического поля / Коллективная монография «Изменения природной среды и климата. Природные катастрофы. Часть 1». Под ред. академика Н.П. Лаверова. Т. 1. М.: ИФЗ РАН. 2008. С. 223 — 236.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Кавказская. Лист L-37-XXVI (Новороссийск). Объяснительная записка. Составили: С.Г. Корсаков, Е.В. Белуженко, В.И. Черных, В.В. Соколов, В.М. Андреев, С.К. Щелтин. Научный редактор В.М. Юбко. Эксперты НРС: В.А. Снежко, В.К. Шкатова, В.К. Иогансон, Н.П. Пежемская, В.А. Царева. Санкт-Петербург. Изд-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2009.
5. Николаевский В.Н. Геомеханика и флюидодинамика с приложениями к проблемам газовых и нефтяных пластов. М.: Недра. 1996. 448с.
6. Овсяченко А.Н. Проявления молодой тектонической активности в структуре грязевых вулканов Тамани и Северо-Западного Кавказа. // Современные методы геолого-геофизического мониторинга природных процессов на территории Северного Кавказа. М.:ИФЗ РАН, 2005, с. 235—248.

7. *Попков В.И., Бондаренко Н.А., Семинихина Ю.Ф., Харченко Т.Н.* Структурная геология Северо-Западного Кавказа // *ГеоИнжиниринг. Аналитический научно-технический журнал.* — 2007. — № 1 (3). — С. 46—50.
8. *Расцветаев Л.М.* Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений. В кн.: «Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов». М.: ГИН АН СССР, 1987. С.173—235.
9. *Собисевич А.Л.* Мониторинг слоистых неоднородных сред. Монография. М.: ОИФЗ РАН. 2001.—354 с.
10. *Собисевич А.Л., Горбатиков А.В., Овсяченко А.Н.* Глубинное строение грязевого вулкана горы Карабетова // *ДАН (Геофизика).* 2008. Т. 422. № 4. С. 542—546.
11. *Собисевич А.Л., Лаверова Н.И., Собисевич Л.Е., Микадзе Э.И., Овсяченко А.Н., Башорин В.Н., Пронин А.П., Гурбанов А.Г., Шевченко А.В.* Сейсмоактивные флюидно-магматические системы Северного Кавказа. М.: ИФЗ РАН, 2005. 225 с.
12. *Собисевич Л.Е., Лиходеев Д.В.* Локальные тепловые и резонансные аномалии в разломно-блоковых средах // *Экологический вестник научных центров ЧЭС.* № 3. 2007. С. 47 — 54.
13. *Ходькова И.А., Гемп С.Д.* Распространение лития, рубидия и цезия в водах и твердых выбросах грязевых вулканов Керченско-Таманской области // *Геохимия.* 1970. № 12. С. 1495—1503.
14. *Холодов В.Н.* Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис // *Литология и полезные ископаемые,* 2002, № 3. С. 227 — 241; № 4. С. 339 — 358.
15. *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. 152 с.
16. *Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Нестеровский В.А., Гнатенко О.В.* Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона / Киев: Наукова думка. — 1992. — 200 с.
17. *Шнюков Е.Ф., Науменко П.И., Лебедев Ю.С.* и др. // *Грязевой вулканизм и рудообразование.* Киев: Наук. думка. — 1971. — 332 с.

Статья поступила 08.04.2014

А.Л. Собисевич, Л.Е. Собисевич, Т.Ю. Тверитинова

ШОДО ГРЯЗЬОВОГО ВУЛКАНІЗМУ У ПІЗНЬОАЛЬПІЙСЬКІЙ СКЛАДЧАСТІЙ СПОРУДІ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО КАВКАЗУ (НА ПРИКЛАДІ ВИВЧЕННЯ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ГРЯЗЬОВОГО ВУЛКАНА ШУГО)

Вулкан Шуго — один з найбільш характерних діючих грязьових вулканів Таманської грязьовулканічної провінції північно-західної периклінальної частини альпійського складчастого спорудження Великого Кавказу. На тлі відносно спокійного «характеру» цього грязьового вулкану в 1903, 1908 і 2006рр. спостерігалися короточасні бурхливі виверження. У статті наведено нові сейсмічні дані про глибинну будову вулкана Шуго, які розширюють поняття про грязьовий вулканизм Північно-Західного Кавказу.

Ключові слова: *грязьовий вулканизм, глибинна будова, розривні порушення, дилатансія, флюїдна активність.*

A.L. Sobisevich, L.E. Sobisevich, T.Yu. Tveritina

ON MUD VOLCANISM IN THE LATE ALPINE FOLDED EDIFICE OF THE NORTH-WESTERN CAUCASUS (based on an example of the study of the deep structure of the Shugo mud volcano)

The Shugo mud volcano is one of the most active in the Taman mud volcanic province, the northwestern part of periclinical Alpine folded structure of the Greater Caucasus. With a relatively quiet eruptive behavior of the mud volcano it can demonstrate momentary yet significant events like in 1903, 1908 and 2006. The paper presents new data on the deep structure of the Shugo mud volcano in order to better understand the phenomena of mud volcanism in Northwestern Caucasus.

Key words: *mud volcanism, deep underground structure, local faults, dilatancy, fluid activity.*