

УДК 551.248.2

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ В СТРУКТУРЕ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Тверитинова Т.Ю.¹, Белобородов Д.Е.², Лиходеев Д.В.²

¹*Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

²*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Грязевулканические процессы Керченского полуострова связаны с наличием в осадочных кайнозойских комплексах закономерно расположенных зон концентраций складчато-разрывных деформаций сжатия и сдвига. Грязевулканические центры тяготеют к узлам пересечения этих различно ориентированных зон сжатия с секущими дизъюнктивными системами сдвига-раздвигового типа. Здесь проявляется обстановка локального растяжения, возникают газовой-флюидные потоки, приводящие к формированию грязевулканических каналов. Литологическая неоднородность и стратификация кайнозойских толщ определяют сложное развитие грязевулканических каналов с неравномерно восходящим грязевулканическим потоком и формированием вблизи поверхности структур центрального типа – грязевулканических построек купольно-вдавленной морфологии.

ВВЕДЕНИЕ

Керченский полуостров занимает западную часть Керченско-Таманской межпериклинальной зоны между складчатыми сооружениями Горного Крыма и Большого Кавказа. Зона уникальна структурами грязевых вулканов – активных флюидодинамических систем, отражающих общую позднекайнозойскую геодинамическую активность региона и определяющих особенности его современного рельефа.

Изучением грязевых вулканов Керченского полуострова занимались многие известные геологи: Г.В. Абих, Н.И. Андрусов, А.Д. Архангельский, В.Н. Бекетов, В.В. Белоусов, А.А. Борисьяк, В.И. Вернадский, Г. Гельмерсен, Н.А. Головкинский, И.М. Губкин, В.А. Обручев, П.С. Паллас, С.П. Попов, А.Е. Ферсман, Е.Ф. Шнюков и мн. другие. Особо следует отметить монографические публикации о грязевых вулканах Керченско-Таманской зоны [Шнюков и др., 1986; 1992; 2005 и др.], статьи последних лет о корневых системах грязевых вулканов [Рогожин и др., 2014; Собисевич и др., 2008; 2014; 2015 а; 2015 б; Тверитинова, 2014; Тверитинова и др., 2014; 2015 и др.], а также некоторые работы авторов об особенностях проявления грязевулканических процессов [Белобородов, Тверитинова, 2017; 2018 а; 2018 б; Тверитинова, Белобородов, 2018] .

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

На Керченском п-ове геоморфологически и структурно выделяется несколько зон (рис. 1). Юго-Западная равнина – область выхода на поверхность майкопских отложений на периклинальном замыкании ядра Крымского мегантиклинория – очерчивается карбонатными миоценовыми породами Парпачского и Параболического гребней. Во Внепарпачской области развиты литологически разнообразные позднемиоцен-четвертичные отложения. Северная часть п-ова относится к южному борту Индо-Кубанского краевого прогиба, юго-восточная принадлежит поперечному Керченско-Таманскому прогибу, разделяющему мегантиклинории Горного Крыма и Большого Кавказа.

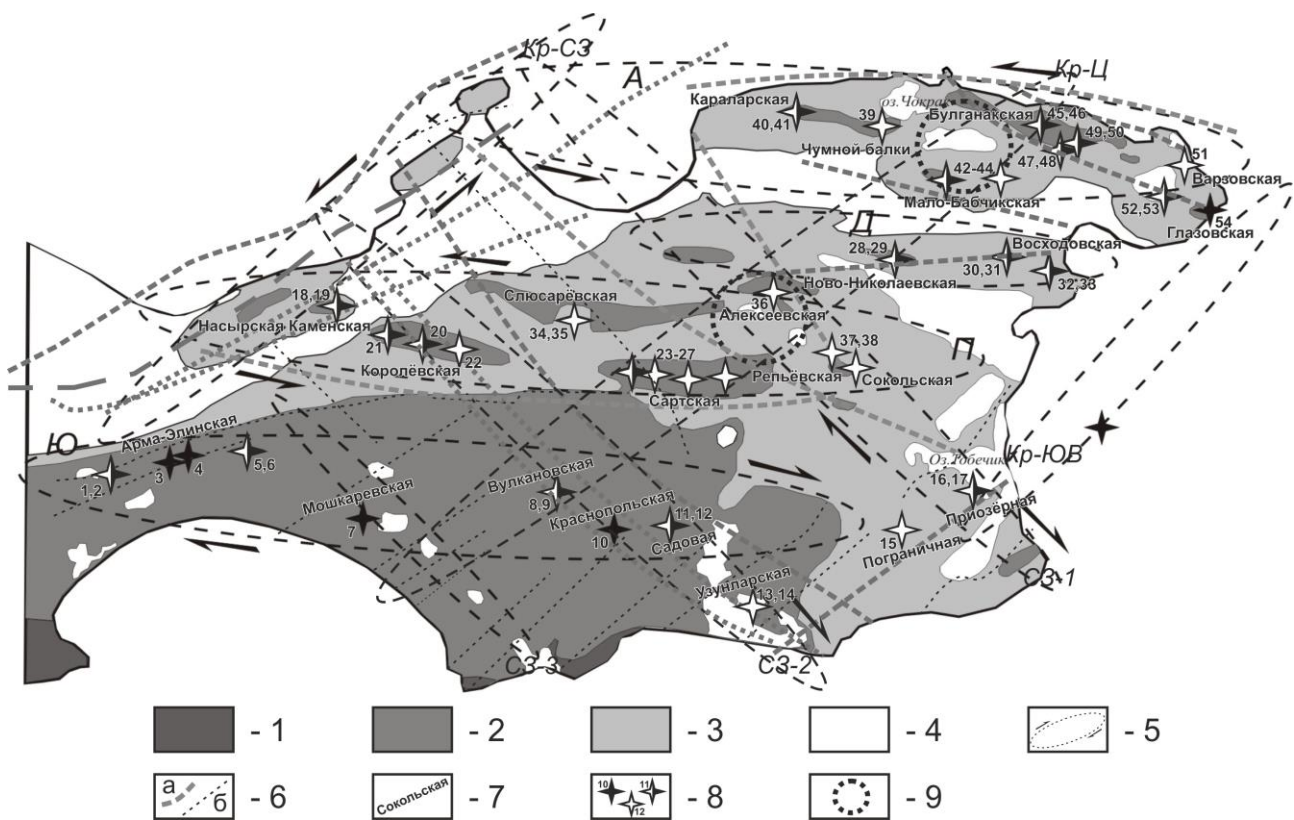


Рис. 1. Основные структурно-тектонические элементы Керченской части Керченско-Таманской гряды вулканической области (на основе схематической геологической карты).

Условные обозначения: 1 – домайкопские толщи; 2 – майкопская серия (поздний олигоцен–нижний миоцен); 3 – надмайкопские дочетвертичные образования (верхний миоцен–плиоцен); 4 – квартал; 5 – зоны концентрации складчатых деформаций со сдвиговой составляющей; буквами обозначены: широтные: с левосдвиговой составляющей: А – Приазовская, Д – Джаржавская, с правосдвиговой составляющей: П – Припарпачская, Ю – Юго-Западной равнины; северо-восточного («горно-крымского») простирания (с левосдвиговой составляющей): Кр-СЗ – Северо-Западная, Кр-Ц – Центральная, Кр-ЮВ – Юго-Восточная; северо-западного простирания (с правосдвиговой составляющей): СЗ-1 – Центральная (Казантипско-Тобечикская, СЗ-2 – Королевско-Узунларская, СЗ-3 – «Озерная» Юго-Западной равнины; 6 – разломы с карты [Плахотный и др., 1989]: а –

наиболее крупные (выделены нами), б – прочие; 7 – основные диапировые антиклинали; 10 – грязевулканические постройки и их номера в таблице: а – грязевые вулканы, б – вдавленные синклинали, в – грязевые вулканы с вдавленными синклиналями; 9 – предполагаемые крупные грязевулканические очаги на пересечении широтных и диагональных зон концентрации деформаций.

Структура полуострова и прилегающих площадей акваторий характеризуется развитием узких диапировых антиклиналей и более широких синклинальных складок. В северной части территории складки имеют преимущественно широтное, в южной – северо-восточное простирание. Морфологическая выраженность складок Юго-Западной равнины значительно хуже, чем остальной части п-ова из-за отсутствия в приповерхностной зоне компетентных пород, способных создавать устойчивые формы рельефа.

В складчатых деформациях участвует весь разрез кайнозойских и подстилающих их мезозойских отложений [Шнюков и др., 1986; 1992; 2005 и др.]. Как структурный элемент межпериклиналиной зоны между Горно-Крымским и Больше-Кавказским орогенами складки формировались в условиях горизонтального сжатия. Наличие мощных глинистых майкопских толщ определило широкое развитие процессов диапиризма, вследствие этого подавляющее большинство антиклинальных складок являются «активными» развивающимися относительно узкими линейными диапирами, разделяющими широкие просто построенные и относительно «пассивные» синклинали. Диапировые антиклинали отражают конседиментационное развитие и характеризуются сокращенными разрезами надмайкопских отложений. В ядрах диапиров на поверхность выходят глинистые толщи майкопа, крылья сложены породами среднего и верхнего миоцена, синклинали выполнены плиоцен-четвертичными отложениями. Разный литологический состав надмайкопских отложений способствует отчетливой выраженности складчатых структур во Внепарпачской области – антиклинали и их крылья характеризуются контрастным рельефом с выделением в виде холмов и гребней карбонатных пород миоценового возраста. Широкие «пассивные» синклинали выделяются относительно пониженным сглаженным рельефом.

Наряду со складчатой деформацией существенная роль в структуре Керченского п-ова принадлежит разрывным нарушениям. Вследствие слабой обнаженности их картирование затруднено, присутствие большинства разрывов определяется по косвенным признакам. Наиболее полно наличие в структуре Керченского п-ова многочисленных разломов отражено в работе [Плахотный и др., 1989]. Авторами показано, что разрывы нарушают весь разрез от меловых до четвертичных отложений. Среди них есть разрывы погребенные и сквозные, новообразованные и длительно живущие, неотектонически активизированные древние

разломы. Встречаются как одиночные разрывы, так и сближенные их системы на границах блоков в нижних структурных этажах. Большинство разрывов на уровне поверхности домайкопских отложений характеризуются смещениями до 1000 м и более; вверх по разрезу амплитуды смещений, как правило (но не всегда) уменьшаются. Дизъюнктивные нарушения, в том числе зоны трещиноватости, хорошо прослеживаются в виде линеаментов.

На Керченском полуострове насчитывается более 30 грязевых вулканов и связанных с ними грязевулканических построек различного морфологического типа. Подробное описание грязевулканических объектов Керченского п-ова содержится в атласах грязевых вулканов Керченско-Таманской зоны [Шнюков и др., 1986; 1992; 2005 и др.]. Мы приводим краткие сведения об изученных нами грязевулканических объектах (таблица).

№ п/п	грязевые вулканы/ вдавленные синклинали (в.с.)	структура, положение	морфологические характеристики	современная динамика (тип грязевых вулканов по Шнюкову, 1986)
1	2	3	4	5
<i>Южная грязевулканическая зона (Юго-западная равнина)</i>				
Владиславовский грязевулканический очаг				
1-2	холм Туш-Оба/ Ачинская в.с.	Арма-Элинская (Владиславовская) антиклиналь	сложная система плосковершинных сопок, слабодействующих грифонных конусов, сальз и кратеров диаметром до нескольких метров по протяженности оси складки	не действует
3	Харцыз-Шибан Западный			слабое газирование, булганакский тип
4	Харцыз-Шибан Восточный			слабое газирование, булганакский тип
5-6	Арма-Элинская структура/Арма- Элинская в.с.			слабое газирование, булганакский тип
Джау-Тепинский грязевулканический очаг				
7	Керлеутский	Мошкаревская антиклиналь, сводовая часть	несколько изометричных в плане сухих засолоненных озерных котловин 100-200 м в диаметре	не действует, в 1963 г. большой самоизлив метановой соленой термальной (>50°C) воды
8-9	Джау- Тепе/Джау- тепинская в.с.	Вулкановская антиклиналь, сводовая часть	крупная конусная постройка (абсолютная высота возвышенности 119,6 м)	не действует, последнее извержение в 1982г., локбатанский тип
Керлеутский грязевулканический очаг				
Борух-Обинский грязевулканический очаг				
10	Борух-Оба	Краснопольская антиклиналь, сводовая часть	озерная котловина около 50 м в диаметре и солончак с редкими плохо проявленными слабогазирующими грифонами и сальзами	слабое газирование, булганакский тип
Ак-Тубинский грязевулканический очаг				
11-12	Ак-Тубе/ Ак- Тубе	Садовая антиклиналь, сводовая часть	горько-соленый источник	не действует
Узунларский грязевулканический очаг				
13	Кончекская в.с.	Узунларская антиклиналь, сводовая часть	вдавленности, выраженные в рельефе	–
14	Узунларская в.с.			–
Чонгелекский грязевулканический очаг				
15	Чорелекская в.с.	Пограничная	–	–

		антиклиналь		
16-17	Чонгелекский/ Чонгелекская в.с.	Приозёрная антиклиналь	многочисленные грифоны, небольшие активно газирующие лужицы	газирование, булганакский тип
<i>Центральная (Северо-Парпацкая) грязевулканическая зона</i>				
Насырский грязевулканический очаг				
18-19	Насырский/ Каменская	Насырская/ Каменская антиклиналь	овальный холм (250×175 м) высотой 10-14 м, внутри замкнутой котловины	слабое газирование, булганакский тип
Королёвский грязевулканический очаг				
20-22	Королёвский/ Ильичевская и Кенегезская в.с.	Королёвская антиклиналь	небольшая (до 15 м) сальза	слабое газирование, булганакский тип
Новосёловский грязевулканический очаг				
23-27	Новосёловский/ Новосёловская, Западно- и Восточно-Кара- Сиджеутские в.с.	Сартская (Фонтановская) антиклиналь, восточная часть свода	два крупных сопочных поля – ок.100 м и 30 м в диаметре	последнее извержение в декабре 2015 года, булганакский тип
Андреевский грязевулканический очаг				
8-29	Андреевский (Чанлугарский)/ Андреевская в.с.	Ново- Николаевская (Чанлугарская) антиклиналь, западная часть свода	сопочное поле, плоский конусообразный грязевулканический холм с диаметром основания 200 и высотой до 15 м	не действует
Джарджавский (Восходовский) грязевулканический очаг				
0-31	Джарджав (Восходовский)/ Восходовская в.с.	Восходовская антиклиналь	три небольшие грязевые сопки – Высокая, Кизячная, Мельничная	слабое газирование, шугинский тип
2-33	Солдатск о-Слободской/ Солдатско- Слободская в.с.		мелкие грифоны и газирующие лужи	слабое газирование, булганакский тип
Слюсарёвский грязевулканический очаг				
4-35	Кашикска я в.с., Бурулькайский котёл (в.с.)	Слюсарёвская антиклиналь	–	–
Горностаевский грязевулканический очаг				
6	Горностаевская в.с.	Алексеевская антиклиналь	–	–
Репьёвский грязевулканический очаг				
7	Репьёвская в.с.	Репьёвская антиклиналь	–	–
8	Сокольская в.с.	Сокольская антиклиналь	–	–
<i>Северная (Приазовская) грязевулканическая зона</i>				
Сююрташский грязевулканический очаг				
9	Чумной балки в.с.	антиклиналь Чумной балки	–	–
0-41	Сююрташский/ Караларская в.с.	Караларская антиклиналь	небольшие (до 3 м в диаметре) грифоны и лужицы; источники минерализованной воды (сероводородные)	газирование, булганакский тип
Булганакский грязевулканический очаг				
2-44	Бурашский/ Бурашская и Мало- Бабчикская в.с.	Мало-Бабчикская антиклиналь	сопочное поле	не действует

5-46	Больше-Тарханский/ Больше-Тарханская в.с.	Булганакская антиклиналь	сопочное поле	не действует
7-48	Мало-Тарханский/ Мало-Тарханская в.с.		сопочное поле, грифоны	газирование, булг. тип
9-50	Булганакский/ Булганакская в.с.		сопочное поле, многочисленные грифоны, сальзы, лужи	газирование, булганакский тип
Еникальский грязевулканический очаг				
1	Варзовская в.с.	Варзовская антиклиналь	–	–
2-53	Баксинский/ Баксинская в.с.	Глазовская антиклиналь	сопочное поле	не действует
4	Еникальский		сопочное поле, грифоны, сальзы, лужи небольших размеров (диаметры до 1,5 м)	газирование, булганакский тип

Таблица 1. Грязевулканические структуры Керченского полуострова

На территории Керченского п-ова представлены крупные конические постройки грязевых вулканов (Джау-Тепе, Джарджава), мелкие грязевулканические сопки и плоские грязевулканические поля с многочисленными мелкими грифонами, разбросанные на значительной площади со сложным неоднородным рельефом, изобилующим озерными котловинами (Булганакская группа и др.). Характерными являются структуры вдавленных синклиналей – палеогрязевулканические структуры проседания и обрушения. Разнообразная морфология грязевулканических построек обусловлена многостадийностью грязевулканического процесса, развивающегося на фоне роста диапировых антиклиналей, концентрирующихся в антиклинальные зоны – зоны концентрации деформаций сжатия.

ЗОНЫ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В распределении складчатых структур, разрывов, а также грязевулканических построек наблюдаются определенные закономерности. Антиклинальные складки концентрируются в складчатые антиклинальные зоны. В этих же зонах наблюдается концентрация разрывных структур и к ним же приурочено большинство грязевулканических проявлений. Антиклинали как структурные элементы межпериклиальной зоны являются структурами латерального сжатия. Антиклинальные зоны трассируются в складчато-разрывные структуры продолжающих межпериклиальную зону орогенов Горного Крыма и Большого Кавказа [Расцветаев, 1973; 1977; 1982; 1987; Расцветаев и др., 2010]. Наличие в пределах антиклинальных зон грязевулканических построек указывает на локальное проявление в пределах зон сжатия обстановок латерального растяжения. Эти участки представляют собой узлы пересечения антиклинальных зон с поперечными флексурно-разрывными структурами или местами усложнения самих этих зон (периклиаль складки, межпериклиальный участок, свод складки и т.д.).

Расположение простых антиклиналей в антиклинальной зоне чаще всего кулисное, что отражает наличие в зоне сдвиговых перемещений. Зоны концентрации сдвиговых деформаций обычно выражены горизонтальными перемещениями структурных форм и элементов рельефа. Складчатая структура зон сдвиговых деформаций характеризуется широким развитием горизонтальных флексур, складок волочения, сигмоидальных изгибов осей и фестончатых полускладок с крутонаклоненными шарнирами. Но малоамплитудная сдвиговая деформация может быть рассредоточена в полосе значительной ширины и не сопровождается заметно выраженными структурами, но проявляется в кулисном расположении складок вдоль линейных зон диагонального к складками простирания [Расцветаев, 1973, по Ажгирей, 1966; Лукьянов, 1965]. Именно такая обстановка и характерна для структуры Керченского п-ова.

Интерпретация геологического строения Керченского п-ова с учетом представлений о зонах концентрации деформаций, выраженной закономерной организацией складчатых и разрывных структур, позволяет провести зональное тектоническое районирование территории, главным элементом которого являются зоны концентрации деформаций различного кинематического типа. Зоны концентрации деформаций [Ажгирей, 1966; Расцветаев, 1973] представляют собой закономерно построенные структурные системы, формирование которых определяется комплексом факторов деформации неоднородной геологической среды. В данном случае речь идет о новейшем структурном плане, то есть о позднекайнозойских деформациях. Строгая упорядоченность антиклинальных гряд свидетельствует об общих условиях их формирования в системе различно ориентированных зон концентрации деформаций [Попков и др., 2007; Расцветаев, 1973; 1977; Расцветаев и др., 1999; 2010].

Широтные зоны концентрации деформаций сжатия. Наиболее четко на Керченском п-ове выделяются широтно ориентированные антиклинальные зоны сжатия (Северная (Приазовская), Центральная (Припарпачская) и Южная (Юго-Западной равнины)), каждая из которых представляет систему кулисно подстраивающих друг друга диапировых антиклиналей субширотной и реже северо-восточной ориентировки. Наименее морфологически выразительной среди них является Южная зона в пределах Юго-Западной равнины. На ее существование как единой структуры указывают косвенные признаки, в частности концентрация вдоль нее грязевулканических построек. Антиклинальные зоны сжатия с проявлением грязевулканических процессов разделены широкими пассивно развивающимися в плиоцен-четвертичное время синклиналиными структурами.

Между Северной и Центральной расположена Аршинцевско-Керченская синклинальная зона, осложненная узкой Джарджавской антиклинальной зоной. Центральная и Южная антиклинальные зоны разделены структурным понижением вдоль Парпачского гребня.

В Северную (Приазовскую) зону входят Караларская, Булганакская, Бурашская, Бабчикская, Глазовско-Маякская, Борзовская и некоторые другие антиклинали, осложненные структурами вдавненных синклиналей и грязевых вулканов. К этой же зоне можно отнести Белокаменскую и Мысовую антиклинали Северо-Западного побережья. С севера зона ограничена Приазовским разломом [Шнюков, 2005; Плахотный и др., 1989], являющимся, по-видимому, взбросом с северным направлением смещения всяческого крыла. Вдоль южных крыльев отдельных антиклиналей зоны также выражены крутопадающие разрывы. Расположение в зоне отдельных антиклиналей указывает на левосдвиговую составляющую при формировании общей структуры зоны. Ширина зоны в некоторых местах увеличивается за счет «кольцевых» цепочек диапировых антиклиналей, отражающих наличие в зоне сложных структур центрального типа. Наиболее выразительной структурой такого типа является Чокракско-Булганакская кольцевая структура в средней части зоны.

Относительно узкая Джарджавская антиклинальная зона, разделяющая Аршинцевскую и Керченскую синклинали, включает Андреевскую, Восходовскую и Солдатскую диапировые антиклинали, в расположении которых выявляется слабая правая кулидность, что указывает на участие левосдвиговых смещений при ее формировании.

В Центральной (Северо-Парпачской) антиклинальной зоне прослеживается две ветви антиклиналей: северная объединяет Слюсаревскую и Алексеевскую, южная – Каменскую, Насырскую, Королёвскую, Сартскую и др. антиклинали. В восточной части зоны происходит изменение широтной ориентировки складок на северо-восточную (Пограничная и Приозерная антиклинали). Центральная зона с юга ограничена Парпачским разломом [Шнюков, 2005; Плахотный и др., 1989], геоморфологически выраженным Парпачским гребнем, сложенным моноклинально залегающими среднемиоценовыми и сарматскими отложениями. Парпачский разлом по нашему мнению является структурой взбросового типа с перемещением северного крыла в южном направлении. Ширина Центральной зоны в средней части значительно увеличивается. Здесь ветви максимально расходятся, образуя крупную «кольцевую» цепочку диапировых антиклиналей, что заставляет предполагать наличие здесь сложной структуры центрального типа.

Южная антиклинальная зона включает ряд антиклиналей субширотного и северо-восточного простирания. Складки северо-восточного простирания, являющиеся

продолжением феодосийских структур Горного Крыма на их периклинальном замыкании, а также связанные с ними грязевые вулканы, выстраиваются в широтные ряды, что нам кажется важным для понимания общей организации новейших структур и процессов этой части полуострова. Здесь намечается три широтно ориентированные цепочки грязевых вулканов, сопоставляющиеся с Владиславовской, Вулкановской и Южно-Керченской антиклинальными зонами. Вся Южная зона субширотной в целом ориентировки является зоной сжатия. Вместе с тем, присутствие в ее пределах антиклиналей северо-восточного простирания отражает правосдвиговую составляющую при ее формировании [Белобородов, Тверитинова, 2018 б].

Выделенные широтные антиклинальные зоны характеризуются максимальным развитием грязевого вулканизма в своих центральных частях. Здесь же в Северной и Центральной зонах наблюдается их расширение и наличие структур центрального типа, выраженных кольцевым или полукольцевым расположением отдельных диапировых антиклиналей. В западной и восточной периклинальных частях антиклинальных зон количество грязевых вулканов, их размеры и интенсивность грязевулканических проявлений уменьшаются.

Помимо широтных зон концентрации складок также выделяются диагональные (северо-восточного и северо-западного простирания), а также поперечные широтным субмеридиональные зоны концентрации сдвиговых или более сложных типов (сдвиг со сжатием или сдвиг с растяжением) деформаций (см. рис. 1).

Зоны концентрации деформаций северо-восточного простирания. В системе северо-восточного простирания выделяются три главные зоны концентрации складчатой (системы антиклиналей) и разрывной деформации (см. рис. 1). Две из них занимают прибрежное положение – вдоль северо-западного (Кр-СЗ) и юго-восточного (Кр-ЮВ) ограничений п-ова, Центральную (Кр-Ц), наиболее широкую зону можно выделить вдоль водораздельной области Керченского п-ова. Зоны концентрации деформаций северо-восточной ориентировки отражают влияние Горно-Крымского структурного плана. Северо-западная Крымская зона подчеркнута разрывами, а также включает систему кулисно-расположенных складок преимущественно восток-северо-восточной ориентировки. Аналогичная ситуация выражена вдоль Юго-Восточной зоны. Обе зоны являются зонами сжатия. Правокулисная организация складок в зонах северо-восточного простирания соответствует дополнительной деформации левого сдвига.

Наиболее крупной и широкой является Центральная зона северо-восточного простирания, с которой связан главный Керченский водораздел. На большем своем

протяжении в центре и на северо-востоке полуострова зона выражена субширотно ориентированными диапировыми антиклиналями, сопровождающимися проявлением процессов грязевого вулканизма. Антиклинали образуют в пределах зоны правый кулисный ряд, что указывает на проявление левосдвиговой деформации.

Зоны концентрации деформаций северо-западного простирания. В системе северо-западного простирания выделяется несколько зон концентрации деформаций (СЗ-1, СЗ-2, СЗ-3), усложняющих внутреннюю структуру п-ова и являющихся элементами структур, поперечно секущих Горно-Крымское сооружение и его периклиналь (см. рис. 1). С этими зонами связано ступенчатое погружение всех стратиграфических комплексов полуострова к северо-востоку. Наиболее четко читающейся по кулисному расположению широтных антиклиналей является Казантипско-Тобечикская (СЗ-1) зона концентрации деформаций в центральной части Керченского п-ова. Кроме того, что по ней происходит общее максимальное погружение зеркала складчатости к северо-востоку, по кулисному расположению субширотных антиклиналей она имеет четкие признаки правосдвиговых смещений. Две расположенные в основном в пределах Юго-Западной равнины зоны северо-западной ориентировки (СЗ-2 и СЗ-3) выражены менее контрастно. Средняя зона выражена, в основном системой субпараллельных разрывных нарушений [Плахотный и др., 1989]. На присутствие самой юго-западной зоны косвенно указывает цепочечное расположение системы озер, многие из которых связаны с грязевулканической деятельностью. Зоны северо-западной ориентировки в пределах Юго-Западной равнины являются, вероятно, как и Казантипско-Тобечикская, зонами правосдвиговых деформаций.

Еще одна зона северо-западной ориентировки намечается в северо-восточной части п-ова в районе Керчи (продолжается на косу Тузла) и вдоль северо-восточного побережья.

Зоны концентрации сбросо-раздвиговой деформации. Помимо широтных зон сжатия с элементом сдвига и диагональных зон с элементом сжатия на Керченском п-ове проявлены сбросо-раздвиговые деформации, обусловленные проявлением растяжения. В частности, все грязевулканические постройки формируются в условиях относительного латерального растяжения на фоне общего регионального сжатия. Такие условия возникают в узлах пересечения широтных и диагональных зон, где проявляется наиболее сложная и контрастная деформация. Но есть и слабо выраженные линейные зоны концентрации деформации растяжения. Трассирование их более сложное, чем зон сжатия и сдвига вследствие того, что деформация эта более рассредоточена. Преимущественная ориентировка таких зон субмеридиональная. Такие зоны намечаются на востоке - вдоль

южной части Керченского пролива, в средней части Керченского п-ова - Караларско-Узунларская (Караларско-Параболическая), на западе - наиболее узкая часть п-ова.

ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ В СИСТЕМЕ ЗОН КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ

Большинство грязевулканических построек Керченского п-ова тяготеет к основным субширотным зонам концентрации деформации сжатия и сдвига (см. рис. 1): Северной (Приазовской), Джарджавской, Центральной (Северо-Парпачской) и Южной (Юго-Западной равнины). Наиболее насыщенными грязевыми вулканами являются Северная и Центральная антиклинальные зоны.

Северная (Приазовская) грязевулканическая зона включает Сююрташский, Булгаганакский и Еникальский грязевулканические очаги. С Джарджавской грязевулканической зоной связаны Андреевское (Чанлугарское) сопочное поле, Восходовский (Джарджавский) и Солдатско-Слободской грязевулканические очаги (грязевые вулканы, сопочные поля, вдавленные синклинали). Наиболее крупными в Северо-Парпачской грязевулканической зоне являются Насырский, Королевский, Новоселовский грязевулканические очаги. Южная (Юго-Западной равнины) грязевулканическая зона. Для большей части Юго-Западной равнины грязевой вулканизм характерен в виде крупных одиночных грязевых вулканов (Керлеутский, Джау-Тепе, Борух-Оба) или крупных вдавленных синклиналей (Ак-Тубе, Кончекская, Узунларская). В западной части зоны выделяется Владиславовский грязевулканический очаг – сложная система плосковершинных сопков, слабодействующих грифонных конусов, сальз и кратеров.

В положении грязевых очагов наблюдается не только их приуроченность к широтным антиклинальным зонам, но также к диагональным (северо-восточного и северо-западного порстирания) и субмеридиональным зонам концентрации деформаций. Геоморфологический и морфоструктурный анализ положения грязевулканических очагов выявляет их как сложные структурные узлы пересечения различно ориентированных дизъюнктивных структур, с которыми связаны грязевые вулканы, или как крупные структуры центрального типа, выраженные ветвлением антиклиналей.

Тектодинамические и структурно-кинематические наблюдения малых дизъюнктивов (трещиноватость, мелкие разрывы) в районах проявления грязевого вулканизма [Белобородов, Тверитинова, 2019] указывают на сложную динамическую обстановку формирования грязевулканических объектов с проявлением обстановок горизонтального сжатия и растяжения. При формировании крупных грязевулканических построек ведущую роль играло вертикальное растяжение – горизонтальное сжатие. При формировании

вдавленных синклиналей ведущую роль играло вертикальное сжатие – горизонтальное растяжение, что отражено в обильном присутствии кальцитовых и гипсовых жил в позднекайнозойских карбонатных толщах и в составе сопочной брекчии. Обычно наиболее крупные грязевулканические постройки сочетают в себе как положительные, так и отрицательные структуры центрального типа, а также сопровождаются многочисленными трещинами отрывного типа, часто образующих кулисные ряды, что отражает сдвиговую составляющую деформации.

О КОРНЯХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

В качестве главных признаков наличия глубоких корней у грязевых вулканов мы рассматриваем их закономерное положение в системе региональных структур (1), а также усложнение системы грязевулканических построек в узлах пересечения крупнейших продольных и поперечных зон концентрации деформаций различного кинематического типа, указывающее на наличие глубоких очаговых структур (2).

Как было показано, площадное распределение грязевых вулканов обусловлено системой развитых в Керченско-Таманской грязевулканической провинции новейших зон сжатия и сдвига, с проявлением локальной деформации растяжения. Грязевые вулканы приурочены главным образом к антиклинальным диапировым складкам, в ядрах которых залегает глинистая майкопская серия, приподнимающая и протыкающая вышележащие отложения. На сложную связь глиняного диапиризма, грязевого вулканизма и в целом флюидодинамики в мощных комплексах глинистых отложений указывали многие исследователи [Григорьянц, 2001; Копп, 1985; Холодов, 2012]. Результаты геофизического изучения грязевых вулканов указывают на наличие глубоких корней, по крайней мере, у крупнейших грязевулканических построек (Джарджава, Джау-Тепе) [Рогожин и др., 2014; Собисевич и др., 2008; 2014; 2015 а; Тверитинова Т.Ю., 2014; Тверитинова и др., 2014; 2015 и др.]. Вероятно, у относительно небольших грязевых вулканов корни располагаются полностью в пределах глинистых майкопских толщ [Белобородов, Белобородов и др., 2019]. Одновременно с «малой» глубинностью многочисленные мелкие грязевулканические проявления образуют определенные участки концентрации вулканических построек, тяготеющие к узлам пересечения зон повышенной нарушенности и по-видимому представляют собой результат разветвления корневой системы крупного одиночного глубинного очага в пределах глинистых толщ, когда эти толщи нарушают крупные дизъюнктивные структуры. Активные тектонические деформации в условиях сжатия, а также инициируемые при деформациях флюидодинамические потоки способствуют

появлению многочисленных пронизываемых каналов, в которых происходит формирование грязевулканической брекчии.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, грязевулканические проявления на Керченском п-ове связаны с системами кулисно расположенных субширотных антиклинальных структур преимущественно диапирового характера. И отдельные диапировые антиклинали и антиклинальные зоны в целом являются структурами горизонтального сжатия, кулисность указывает на присутствие элемента сдвиговой деформации. Формирование субширотных антиклиналей и антиклинальных зон было обусловлено действием главного поля напряжений с субмеридиональной ориентировкой оси максимального сжатия. Это поле напряжений характерно для всего Крымско-Кавказского региона, что неоднократно описывалось в тектонофизических работах [Попков и др., 2007; Расцветаев, 1973; 1977; Расцветаев и др., 1999; 2010]. Северная, Джарджавская и Северо-Парпачская антиклинальные зоны несут признаки левосдвиговой деформации, Южная – правосдвиговой. Проявление вдоль субширотно ориентированных зон левосдвиговой деформации отражает влияние северо-восточного тангенциального сжатия, характерного для Кавказского региона [Расцветаев и др., 2010]. Проявление правосдвиговой деформации в Южной зоне связано, вероятно, с действием северо-западного тангенциального сжатия, поперечного к складчатому сооружению Горного Крыма [Расцветаев, 1977]. На периклинальном замыкании складчатого сооружения Горного Крыма, представляющего вдающийся в широтно ориентированную межпериклинальную зону индентер, по северо-западному и северному ограничению которого проявляются левосдвиговые деформации, а по южному и юго-восточному – правосдвиговые.

Грязевые вулканы расположены в центральных частях структур сжатия (антиклиналей и антиклинальных зон) или на их периклиналях в узлах пересечения с поперечными или диагональными зонами повышенной нарушенности, представленными крупными региональными разломами [Плахотный и др., 1989; Шнюков, 2005] или флексурно-разрывными зонами сбросо-раздвигового или сбросо-сдвигового типа. На положение грязевулканических центров влияние оказывают также структуры северо-западного и северо-восточного простираний.

В пределах грязевулканических зон выделяются кольцевые структуры, объединяющие несколько грязевулканических построек и даже организующих в систему кольцевых структур и антиклинали, с которыми связаны грязевые вулканы. Наиболее четко такие структуры выделяются в Приазовской зоне. Возможно потому, что здесь представлены

наиболее активно развивающиеся структуры. Зона Юго-Западной равнины не имеет четких разломных продольных ограничений, но образует локализованную грязевулканическую зону, для которой характерно развитие крупных грязевулканических построек (Борух-Оба, Джау-тепе и др.)

Грязевые вулканы Керчи представлены объектами различной морфологии – от мелких грифонов до крупных сопок, от небольших луж до обширных грязевулканических полей. Грязевые вулканы Керченского полуострова отражают активную флюидодинамику кайнозойских толщ. Флюидодинамические системы связаны с наличием в осадочных комплексах закономерно расположенных в структуре полуострова зон складчато-разрывных деформаций, представляющих собой структуры сжатия и сдвига. Грязевулканические центры расположены на участках проявления локальных раздвиговых деформаций. Литологическая неоднородность и стратификация кайнозойских толщ определяют сложное развитие грязевулканических каналов с формированием структур центрального типа с положительной и отрицательной динамикой развития и проявления купольно-вдавленной морфологии грязевулканических построек. Распределение их не хаотично, а определяется приуроченностью к главным антиклинальным грязевулканическим зонам, которые отвечают в первую очередь системе широтных структур, а также менее выраженным, но имеющим важное значение, структурам северо-западного простирания, поперечных к Горно-Крымскому сооружению и генетически с ним связанных.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ажгирей Г.Д. Структурная геология. М.: изд-во Моск. Ун-та. 1966. 493 с.

Белобородов Д.Е., Егоров Н.А., Тверитинова Т.Ю., Краснова М.А. Петрофизические методы в тектонических исследованиях на примере изучения сопочной брекчии грязевых вулканов ультразвуковым просвечиванием // Материалы Девятнадцатой Всероссийской конференции "Геодинамика, геомеханика и геофизика". Новосибирск ИНГГ СО РАН, 2019. С. 46-49.

Белобородов Д. Е., Тверитинова Т. Ю. К вопросу о складчатых и разрывных структурах контролирующей грязевой вулканизм Керченского полуострова // Тезисы докладов и программа Научной конференции молодых ученых и аспирантов М.: ИФЗ им. О.Ю. Шмидта, 2018. С. 22.

Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю. Трещинные структуры грязевых вулканов и вмещающих толщ Керченско-Таманской грязевулканической области // Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы шестой молодежной тектонофизической школы-семинара, М.: ИФЗ им. О.Ю. Шмидта, 2019. С. 77-83.

Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю. Связь нефтегазоносности и грязевого вулканизма в Керченско-Таманской зоне // Инновации в геологии, геофизике, географии – 2018. Материалы 3-ей Международной научно-практической конференции. М.:изд-во "Перо", 2018 а. С. 20-22.

Белобородов Д. Е., Тверитинова Т. Ю. Складчатые и разрывные структуры Керченско-Таманской межпериклинальной зоны, контролирующей грязевой вулканизм // Материалы I Тектонического совещания Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Т. 2. Москва, ГЕОС, 2018 б. С. 237–241.

Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю. Сравнение тектонических и геологических обстановок некоторых грязевых вулканов Керченско-Таманской грязевулканической провинции // Полевые практики в системе высшего образования. Материалы Пятой Всероссийской конференции, посв. 65-летию Крымской учебной практики по геологическому картированию Ленинградского-Санкт-Петербургского государственного университета, С-Пб.: ООО "Изд-во ВВМ", 2017, с. 144-146

Григорьянц Б.В. Грязевой вулканизм – источник геологической информации // Геотектоника, 2001, № 3. С. 69-79.

Копп М.Л. Генетические связи глиняных диапиров, грязевых вулканов и структур горизонтального сжатия (на примере Алятской гряды Юго-Восточного Кавказа) // Геотектоника, 1985, № 3. С. 62-74

Лукьянов А.В. Структурные проявления горизонтальных движений земной коры. М.: Наука, 1965. 210 с.

Плахотный Л.Г., Пасынков А.А., Герасимов М.Е., Чир Н.М. Разрывные нарушения Керченского полуострова // Геологический журнал. 1989. № 5. С. 40-46.

Попков В.И., Бондаренко Н.А., Семинихина Ю.Ф., Харченко Т.Н. Структурная геология Северо-Западного Кавказа // ГеоИнжиниринг. Аналитический научно-технический журнал. 2007. No1 (3). С. 46-50.

Расцветаев Л.М. Горный Крым и Северное Причерноморье // Разломы и горизонтальные движения горных сооружений СССР. М.: Наука. 1977. С. 95–113.

Расцветаев Л.М. Некоторые особенности позднеальпийской структуры орогенических областей юга СССР и тектонические напряжения новейшего времени // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. Вып. 5. М.: изд-во МГУ, 1973. С. 57-107

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.

Расцветаев Л.М. Структурные рисунки трещиноватости и их геомеханическая интерпретация // Докл. АН СССР. 1982. Т. 267, № 4. С. 904–909.

Расцветаев Л.М., Маринин А.В., Тверитинова Т.Ю. Позднеальпийские дизъюнктивные системы и геодинамика Западного Кавказа // Физика Земли, М.: Наука, 2010, том 5, с. 31-40.

Расцветаев Л.М., Корсаков С.Г., Семенуха И.Н., Тверитинова Т.Ю., Маринин А.В. О некоторых общих особенностях структуры и тектодинамики Северо-Западного Кавказа // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа. Т. 1. Новочеркасск. 1999. С. 69 – 73.

Рогожин Е.А., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Тверитинова Т.Ю. Структурная позиция и проблемы возникновения очагов грязевого вулканизма в позднеальпийском складчатом сооружении Северо-западного Кавказа (на примере изучения глубинного строения грязевого вулкана Шуго // Геология и геофизика Юга России, издательство Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук (Владикавказ), 2014, № 3, с. 89-115.

Собисевич А.Л., Горбатиков А.В., Овсяченко А.Н. Глубинное строение грязевого вулкана горы Карабетова // ДАН (Геофизика). 2008. Т. 422, № 4. С. 542-546.

Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Тверитинова Т.Ю. О грязевом вулканизме в позднеальпийском складчатом сооружении Северо-Западного Кавказа (на примере изучения глубинного строения грязевого вулкана Шуго) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014. № 2. С. 80-93.

Собисевич Л.Е., Собисевич А.Л., Канониди Х.Д., Канониди К.Х., Лиходеев Д.В., Преснов Д.А. О дилатансных образованиях, участвующих в формировании корневых структур и выводящих каналов грязевых вулканов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2015 а. № 3 (187). С. 53-59.

Собисевич А.Л., Тверитинова Т.Ю., Лиходеев Д.В., Белобородов Д.Е., Дударов З.И., Долов С.М., Преснов Д.А., Пузич И.Н. Глубинное строение грязевого вулкана Джарджава в

пределах Южно-Керченской антиклинальной структуры // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015 б. Т. 42, № 2. С. 73-80.

Тверитинова Т.Ю. Грязевой вулканизм в системе активных тектонических структур // Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы. XIX научно-практическая конференция с международным участием, посвященная памяти геолога-геофизика Ю.К. Щукина, М.: ИФЗ, 2014. с. 393-397

Тверитинова Т.Ю., Белобородов Д.Е. О косвенных признаках наличия глубоких корней у грязевых вулканов Керченско-Таманской межпериклинальной зоны // Система "Планета Земля": 200 лет со дня кончины Михаила Богдановича Баркляя-де-Толли (1761-1818), М.: ЛЕНАНД, 2018. С. 370-378

Тверитинова Т.Ю., Собисевич Л.Е., Собисевич А.Л. О грязевом вулканизме в позднеальпийском складчатом сооружении Северо-Западного Кавказа (на примере изучения глубинного строения грязевого вулкана Шуго // Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2014, том 2, № 36, с. 80-93.

Тверитинова Т.Ю., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Лиходеев Д.В. Структурная позиция и особенности строения и формирования грязевого вулкана горы Карabetова работы // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2015. № 2. С. 106-122.

Холодов В.Н. Грязевые вулканы: распространение и генезис // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012. № 4. С. 5-27.

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

Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И., Науменко П.И., Кутний В.А. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Атлас. Киев: Наукова думка, 1986. 148 с.

Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: Главмедиа, 2005. 176 с.