

УДК 550.34.04

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПАЛЕОСЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА

© Пустовитенко Б.Г., Борисенко Л.С., Вольфман Ю.М., Вахрушев Б.А.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

В Крыму известно более 300 предполагаемых проявлений древней сейсмичности. Авторами выполнено изучение основных из них и составлен систематизированный каталог, который включает более 120 объектов – палеосейсмодислокаций. Временной интервал их возникновения весьма значителен. Он охватывает период с раннего мела до позднего средневековья. Для каждой сейсмодислокации определен ее тип, время формирования, географические координаты, геолого-структурная позиция.

Ключевые слова: *сейсотектонические сейсмодислокации, сейсмогравитационные сейсмодислокации, гравитационно-сейсотектонические сейсмодислокации, сейсмоархеологические сейсмодислокации.*

Для надежной оценки сейсмической опасности территории необходимо знание о сейсмических событиях за длительный период. Инструментальные сейсмические наблюдения в Крыму проводятся с 1927 г. и дают представительный материал только по слабым землетрясениям. Их период повторяемости намного меньше, чем время подготовки и реализации сильных и разрушительных землетрясений. Для увеличения статистических данных о сейсмичности необходимо расширить временные и энергетические рамки за счет изучения высокомагнитудных палеоземлетрясений, которые проявились в виде сейсмодислокаций. В Крыму известно более 300 предполагаемых сейсмодислокаций, которые подразделяются на сейсотектонические,

гравитационно-сейсмоструктурные, сейсмогравитационные, сейсмоархеологические. Временной интервал их возникновения – от раннего мела до позднего средневековья.

Особенности проявления сейсмодислокаций в Крыму обусловлены специфическими факторами: 1) основные сейсмогенные зоны региона расположены в акваториях Черного и Азовского морей; 2) в пределах плейстоценовой области доминируют крутые склоны, предрасположенные к активизации широкого спектра экзогенных процессов и явлений; 3) обособленные яйлинские массивы представляют собой специфические участки рельефа, в которых сейсмические волны могут интерферировать, активно способствуя формированию сейсмогравитационных явлений; 4) многообразие разновозрастных археологических объектов, обусловленное расположением Крыма на путях миграции многих народов в древности.

Сейсмоструктурные дислокации образуются в процессе вспарывания старых или возникновения новых разрывов и, как правило, фиксируют эпицентрально-зону землетрясений при интенсивности сотрясений не менее 8–9 баллов. К этой категории отнесены кластические дайки, сейсмоуступы, сейсморвы, смещения элементов карстовых полостей, субаэральных и субаквальных молодых шельфовых отложений.

Кластические дайки локализованы, большей частью, в древних отложениях, свидетельствуя о весьма длительной истории развития сейсмических процессов. В основном, они относятся к категории нептунических, образуемых при заполнении возникающих на поверхности полостей сейсмогенных разрывов поступающим сверху обломочным материалом. Как правило, уверенно устанавливается нижняя возрастная граница их формирования, определяемая датировками заполняющих отложений. Так, одна из кластических даек, локализованная в среднеюрских конгломератах (на окраине г. Симферополя) выполнена отложениями прибрежных фаций нижнего мела [4]. В юго-западной части Горного Крыма система кластических даек в титонских известняках представлена альбскими песчаниками, а в районе горы Ак-Кая дайки в верхнемеловых мергелях заполнены эоценовыми песками [5, 16]. Обнаруженные в р-не Тарханкута нептунические дайки локализованы в неогеновых известняках и представлены плиоцен-четвертичными глинами [17]. Система нептунических конседиментационных даек в неогеновых известняках установлена также на южном склоне Северной Бухты у г. Севастополя (рис. 1 а), а в Ялте описана кластическая дайка в четвертичных отложениях, которой сопутствуют тектонические швы в суглинках с глиной трения и зеркалами скольжения [23]. Наиболее полно изучена дислокация в р-не Инкермана (возле г. Севастополь), в которой на фоне моноклиального залегания палеогеновых и неогеновых пород выделяются продольные уступы и узкие ложбины (палеосейсморвы) с зажатыми аномально залегающими почвами и блоками сарматских известняков (рис. 1 б). Радиоуглеродная датировка почвенного слоя (22470 ± 1320 лет) и возраст известковых налетов из делювия (10840 ± 210 лет) свидетельствуют о том, что нарушения в четвертичных отложениях возникали с середины позднего плейстоцена и продолжались вплоть до голоцена включительно. Размеры сейсмодислокации (суммарная длина свыше 250 м, амплитуда вертикальных смещений до нескольких метров) позволяют предположить вероятную интенсивность породивших ее землетрясений $I \geq 8$ баллов [1, 23]. Дислокация представляет собой разломно-трещинную зону восточно-северо-восточного простирания. Здесь на фоне общего моноклиального залегания палеогеновых и неогеновых пород выделяются продольные уступы и узкие ложбины (палеосейсморвы) с зажатыми аномально залегающими блоками сарматских известняков. Сохранился останец плиоцен-четвертичных отложений, рассеченных тектоническими трещинами с зеркалами скольжения и смещениями от нескольких десятков сантиметров до первых метров.

Наиболее крупный сейсмоструктурный уступ установлен на горе Опук на Керченском полуострове у берега Черного моря [14]. Здесь же находятся гравитационно-сейсмоструктурная и сейсмоархеологические дислокации [2, 14, 23]. Гора Опук сложена известняками плиоцена, лежащими на сарматских глинах. От

древнего рельефа останцовой горы сохранилось структурно-денудационное плато, срезанное прямолинейным сейсмоуступом высотой 20-40 м. (рис. 2 а). С последним связана гравитационно-сеймотектоническая дислокация – сейсморов (размерами 2600х100х25 м), состоящий из фрагментов северо-восточного (40-60°) и северо-западного (300-310°) простирания. В морфологии рва и оползня, запечатлены два катастрофических события, первое из которых (предположительно позднеплейстоценовое) было более значительным и сформировало основные черты рельефа приморского склона г. Опук. Второе событие случилось уже в историческое время.

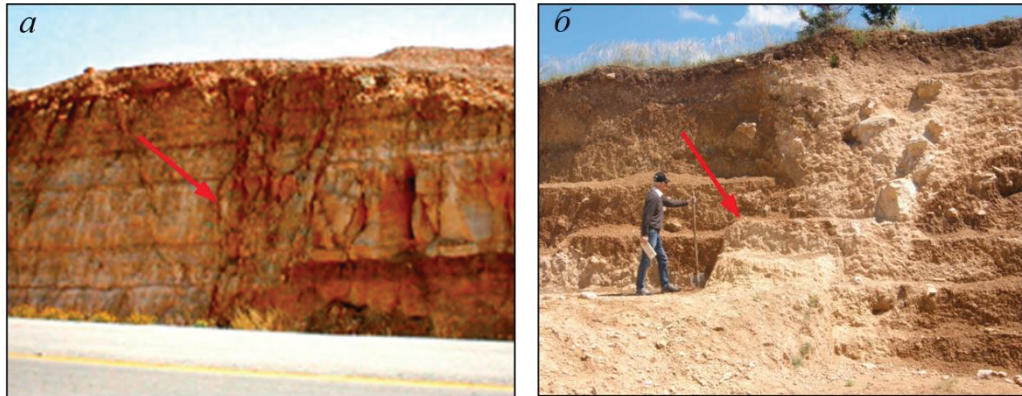


Рис. 1. Кластические дайки, локализованные на южном побережье Северной Бухты (а) и в Инкермане (б).

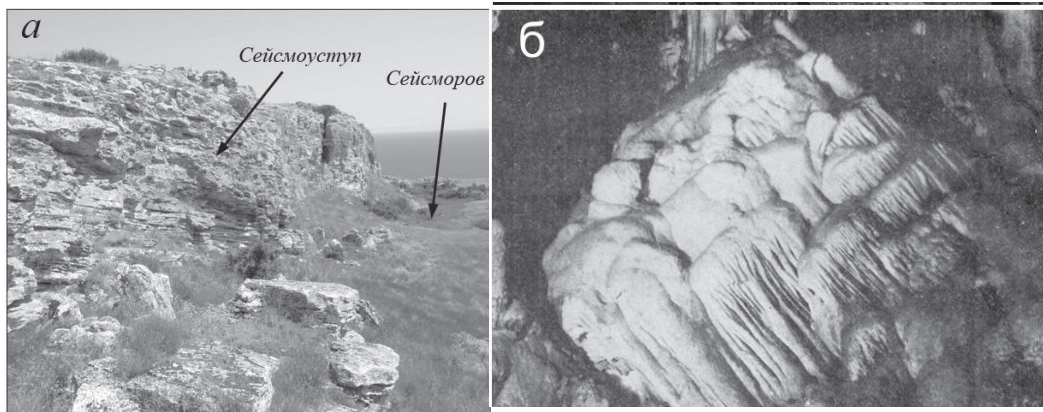


Рис. 2. Сейсмодислокация г. Опук (а); поваленные натечные колонны в пещере Мира (б).

О наличии сейсмоархеологических дислокаций на горе Опук свидетельствуют остатки сооружений античного города Киммерик и материалы раскопок: фундамент оборонительной каменной стены разорван и смещен по праводвиговому нарушению на 10 м, отмечено обрушение привходовых частей катакомб в известняках, связанное с молодым тектоническим разрывом. На территории цитадели трещины в зольнике (с микросмещением слоев) прослеживаются из коренных известняков. Являясь сейсмогенными, они образовались не ранее слоев (с артефактами II-III в.в.), в которых они затухают. Предполагается два периода активизации оползневых процессов в приморской части горы Опук. Более поздний период относится к III в. н.э., а более

ранний связывается с известным (Пантикапейским) землетрясением 63 г. до н.э. [3, 14]. Характер и размеры деформаций на горе Опук обусловлены активизацией зоны Правдинского разлома и свидетельствуют о значительной силе землетрясений, интенсивность воздействия которых оценивается в 8–9 баллов [2, 23].

К категории сейсморовв отнесена дислокация урочища Большой Вал [14], расположенная севернее Керчи на валообразной возвышенности, выступающей в Азовское море мысом Тархан. На сейсмогенную природу дислокации указывают ее приуроченность к водоразделу (бессточный ров как геоморфологическая аномалия тектонического происхождения), морфологические признаки одноразового формирования, значительная раздробленность известняков. Сейсмодислокация приурочена к зоне Темрюкского разлома западно-северо-западного простирания. Интенсивность сформировавшего ее землетрясения предварительно оценивается в 9-10 баллов.

Смещения элементов рельефа карстовых полостей Горного Крыма достоверно установлены в шести случаях: в пещерах Форосская, Красная, Джур-Джур, и в шахтах Кастере, Монастырь-Чокрак, Крубера. Фреатические полости срезаются или смещаются (с амплитудами до первых метров) тектоническими нарушениями преимущественно диагональной ориентировки. Возраст смещений всех карстовых полостей в каталоге принят условно как позднеплейстоценовый, хотя по палеогеографическим данным он варьируется от раннего плейстоцена до голоцена [8, 9, 23].

Смещения четвертичных шельфовых отложений выявлены при анализе разрезов, полученных при геолокации шельфа. Отсутствие процессов денудации под водной толщей создает уникальные условия для консервации сейсмодислокаций, поэтому на разрезах отчетливо видны смещения молодых субэкральных и субаквальных отложений – донных илов [23, с.117-119].

Гравитационно-сейсмотектонические дислокации представляют собой сейсмогенные разрывы и смещения, которые завалуированы сопровождающими их гравитационными явлениями, вследствие чего идентификация и характеристика собственно тектонических подвижек весьма затруднена и не всегда однозначна. Как правило, гравитационно-сейсмотектонические дислокации локализованы в зонах крупных разрывных нарушений, испытавших активизацию (усиливаемую гравитацией) при сильных землетрясениях. К ним относятся: сейсморвы (в том числе, карстовые) и сейсмограбены, образованные в результате расседания вершин гор, сеймосбросы, возникающие при смещении фрагментов склонов во время сейсмического события, и сбросообвалы, образующиеся там, где тектонические сбросы отсекают крупные блоки склонов, нависающие над долинами. К дислокациям этого типа отнесены импульсные одноактные смещения отложений «массандровской» свиты (в возрастном диапазоне от позднего плиоцена до голоцена). Гравитационно-сейсмотектонические дислокации типа возникают при сейсмических воздействиях с интенсивностью не менее 7-8 баллов.

Кроме вышеописанного сейсморова на Опук, известен сейсморов на горе Кастель (возле г. Алушта). Гора Кастель – интрузив среднеюрских плагиигранитов в толще верхнетриасовых-нижнеюрских флишевых отложений, отпрепарированных денудацией в конце плиоцена. Вершину горы пересекает ров трапециевидной формы (длиной 100 м, шириной – 25-50 м, глубиной – 5-10 м), ограниченный стенками северо-восточного и северного простирания, круто наклоненными ко дну, покрытому глыбовым развалом. Ров представляет собой морфологически локальное молодое образование, которое возникло в зоне тектонического дробления пород в результате сейсмического воздействия с интенсивностью более 8 баллов, обусловившего раскачивание вершины, раскрытие тектонических трещин, незначительные вертикальные смещения и сильное дробление клиновидного блока плагиигранитов [23].

Карстовые рвы – весьма распространенная форма карстового рельефа. Они локализованы преимущественно вдоль кромки обрывов Главной гряды Крымских гор, при этом количество их уменьшается сверху вниз (рис.3). Длина рвов колеблется от 3 до 600-800 м, глубина – от 1 до 100 м. Косвенным подтверждением их сейсмогенной

природы является наличие крупных форм и преобладающие направления их заложения (310° , 45° , 30° и 98°), которые соответствуют ориентировкам основных систем тектонических нарушений Горного Крыма. Это способствует отделению крупных блоков (пластин) при сейсмических воздействиях, которые в дальнейшем распадаются на более мелкие фрагменты за счет сил бортового отпора [8, 23].

Импульсные одноактные смещения отложений «массандровской» свиты зафиксированы на Южном берегу Крыма близ Симеиза, Ялты, Гурзуфа, Малого Маяка. Эти отложения не являются единым стратифицированным образованием, объединяя группу геологических тел различного генезиса со скользящим возрастом от позднего плицена до голоцена. Четкие тектонические контакты педимента с таврическим флишем (верхний триас-нижняя юра) позволяют предполагать импульсный катастрофический характер этих подвижек, помешавший процессам денудации «размыть» контакт [23].

Сейсмогравитационные дислокации представлены наиболее многочисленной группой разнообразных и широко распространенных нарушений [11, 13, 23, 25]. Максимальное развитие их отмечается на Южном берегу Крыма – в непосредственной близости от Южнобережной сейсмогенной зоны, однако известны их проявления и в пределах внутригорных и предгорных районов (рис.3). К этой категории отнесены многочисленные обвалы, оползни, смещенные известняковые массивы, обрушения внутри карстовых полостей и т.п., формирование которых обусловлено активизацией гравитационных процессов, роль триггера для которых выполняли сейсмические сотрясения в широком диапазоне интенсивности, начиная с 5-6 баллов. Возникновение некоторых дислокаций, расположенных в закрытых и открытых карстовых полостях (в пещерах, гротах), уверенно датируется периодом от эпохи мустье до разрушительного крымского землетрясения 1927 г. Доисторические сейсмогравитационные дислокации локализованы на южном склоне горы Кабель и на юго-западном склоне горы Демерджи, где в результате сейсмовибрационного эффекта от землетрясения с $I \geq 9$ баллов произошло раскрытие трещин, срыв вершин, обвалы и оползневые смещения больших масс пород на значительные расстояния [11, 13, 16]. Обвалы, обрушения глыб и блоков горных пород, обусловленные историческими землетрясениями в районе ЮБК отмечались в течение последних 100–150 лет [20]. Так, в 1875 г. после землетрясения произошел провал почвы (возможно, свода карстовой полости) на дороге из Балаклавы в Ялту. Во время землетрясения 1900 г. силой 5-6 баллов обвалился потолок Аверкиной пещеры на Внешней гряде. В результате землетрясений 1875, 1897 и 1903 г.г. интенсивностью 5-6 баллов отмечались обвалы у бровки Ялтинской яйлы. В 1927 г. происходили обвалы и камнепады с обрывов многих участков Главной гряды: в р-не Балаклавы, на мысах Айя, Сарыч, на горе Парагельмен, у Симеиза и Ласточкиного гнезда.

Среди сейсмогравитационных дислокаций особое место занимают обвальные отложения в пределах открытых денудационных (гроты, ниши, навесы) и закрытых карстовых (пещер с крупными залами) полостей. Многие из них служили местами обитания древнего человека, при этом культурные слои здесь иногда чередуются со стерильным кластическим материалом, поэтому представляется возможным датировать сейсмогравитационные явления – обвальные отложения гротов, навесов и ниш [7, 10, 15, 18]. В качестве индикаторов обстановок сейсмогенеза также использованы ориентировки осей поваленных колонн в карстовых полостях (рис. 2 б), указывающие на то, что в момент своего падения колонны находились в эпицентральных зонах землетрясений, произошедших в разных районах Южнобережной сейсмогенной зоны [8, 23].

Смещенные известняковые массивы на Южных склонах Главной Гряды, отделенные от нее плоскостями тектонического происхождения, частично могут быть идентифицированы как сеймотектонические, гравитационно-сеймотектонические, сейсмогравитационные или просто гравитационные дислокации. До окончательного установления их генезиса они условно отнесены к категории сейсмогравитационных.

Известно более 100 смещенных массивов, наиболее крупными и изученными из которых являются Форосский, Ласпинский (гора Ильяс-Кая), горы Кошка и Караул-Оба (рис.3), а также другие. Формирование их происходило в несколько этапов, начиная со среднего плиоцена до антропогена. Этот процесс продолжается и в настоящее время: при землетрясении 1927 г. обвалилась часть южного склона скалы Панае, в скале Монах появились трещины, от сотрясений и в результате сейсмогравитационных обвалов был разрушен санаторий им. Чехова [6].

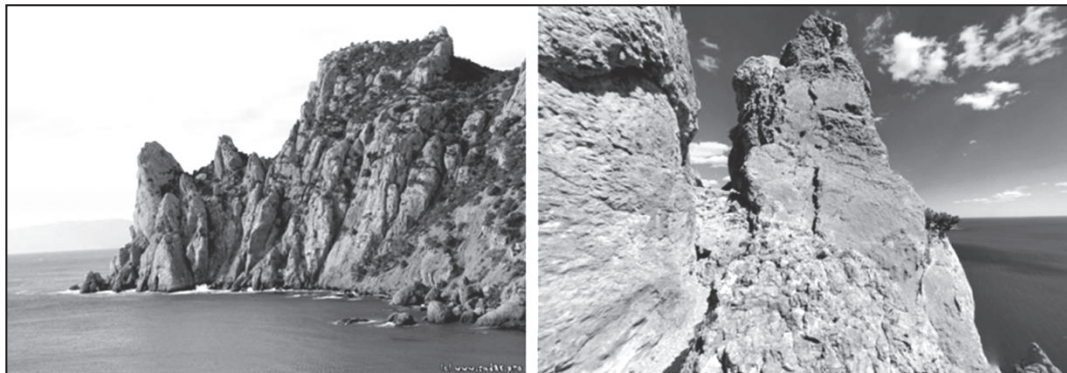


Рис. 3. Сейсмогравитационная дислокация на горе Караул-Оба:
a – гора Караул-Оба и мыс Чикен; *б* – нижний ров.

Сейсмоархеологические или археосейсмические дислокации – это разнообразные деформации в древних сооружениях (трещины в стенах и плитах, иногда прослеживающиеся в коренных породах основания, смещения стен и блоков строительных конструкций и т.п.), вызванные землетрясениями. Следы древних землетрясений обнаружены в остатках крепостных сооружений от раннего средневековья до XVIII в. (Арабатская, Ени-Кале, Мангуп-Кале, Каламита, Судак, Фуна и др.), а также при археологических раскопках античных и средневековых поселений на территории Керченского полуострова (Зенонов Херсонес, Семеновское, Куль-Тепе, Полянки, Золотое, Сююрташ и др.) [2,12,18 и др.]. Так, в результате изучения крепостного ансамбля Фуна, расположенного у подножья г. Демерджи к северу от г. Алушта, установлены разрушения (падение куртины, обрушение стен, винтообразное искривление откосов потерны и пр.), обусловленные землетрясением, которое датируется 1423 годом и является сопоставимым по интенсивности воздействий с Ялтинским землетрясением 1927 года [12]. В последнее время каталог археосейсмических дислокаций Керченского полуострова существенно дополнили результаты исследований сотрудников Института физики Земли [19,24 и др.]. На многих объектах, включая Херсонес, крепости Арабатскую (рис.4), Еникале, Судак, монастырь Сурб-Хач и др. прослежены тектонические трещины, переходящие из коренных пород в стены сооружений.

В целом установлено, что большинство палеосейсмодислокаций приурочено к зонам динамического влияния крупных тектонических разломов диагональных и (в меньшей мере) ортогонально ориентированных (широтных, меридиональных) систем, а их пространственная упорядоченность согласуется с положением и оценками сейсмического потенциала основных сейсмогенерирующих структур региона [21].

Данные по 120 наиболее изученным палеосейсмодислокациям региона сведены в описательный и формализованный каталоги, фрагменты которых представлены в таблицах 1 и 2. В первом из них все события систематизированы по типам и видам, отражая все многообразие их проявлений (табл. 1).



Рис. 4. Арабатская крепость (а) и дислокация в ее юго-восточной стенке (б).

Таблица 1

Фрагмент описательного каталога палеосейсмодислокаций Крыма

№ п/п	Возраст геологич. (млн. лет); исторический	Местоположение, координаты		Геолого-структурная позиция	Краткая характеристика
		φ (с.ш.)	λ (в.д.)		
Сейсмотектонические дислокации					
<i>Кластические дайки</i>					
...					
8	1.8-0.01 (от середины позднего плейстоцена до голоцена)	Инкерман (г. Севастополь) [1]		Узел пересечения Предгорного и Чернореченского региональных разломов	Разломно-трещинная зона с признаками активизации в виде уступов, узких сейсморов с зажатыми блоками известняков, останца плиоцен-четвертичных пород с тектоническими трещинами и смещениями.
		44°36'59»	33°36'57 5''		
...					
Гравитационно-сейсмотектонические дислокации					
<i>Сейсморвы</i>					
23	0.01 (голоцен)	Южный берег Крыма, р-н г. Алушта, гора Кабель [23]		Зона влияния Южнобережного разлома	Сейсморов (100x50x10 м), интенсивное дробление пород, наличие тектонического клина.
		44° 38' 50»	34° 23' 30»		
...					
Сейсмогравитационные дислокации					
...					
<i>Обвалы, обрушения глыб и блоков горных пород, обусловленные доисторическими землетрясениями</i>					
37	0.8-0.01 (поздн. плейстоцен, голоцен)	Юго-западный склон горы Демерджи [17, 11]		Зона влияния Демерджинского разлома	Крупные обвалы и обвальные ниши, обвалы-оползни и рвы нескольких генераций, сорванные вершины.
		44°45'10»	34°24'20»		
...					
Сейсмоархеологические дислокации					
...					
96	Не древнее XVII в.	Арабатская крепость [2]		Зона влияния Южно-Азовского разлома	Сквозные трещины, переходящие из коренных пород в стены Арабатской крепости.
		45°17'40»	35°28'55»		

Выборка из формализованного каталога палеосейсмодислокаций Крыма
(для событий, представленных в табл. 1)

№п/ п	Время	Координаты		Район	Тип дисл.	Источник
		φ°	λ°			
8	-1800000	44.62	33.62	Инкерман	СТ	[1]
23	-10000	44.63	34.38	Р-н г.Алушта, гора Кабель	ГС	[23]
37	-10000000	44.75	34.41	гора Демерджи	СГ	[11, 17]
96	+1700	45.28	35.48	Арабатская крепость	СА	[2]

Примечание. Тип палеосейсмодислокаций: СТ – сеймотектонические, ГС – гравитационно-сеймотектонические, СГ – сеймогравитационные, СА – сеймоархеологические.

Для автоматизации процесса работы с палеосейсмическими данными составлен вариант формализованного (машиночитаемого) каталога палеосейсмодислокаций Крыма (табл. 2), позволяющий избирательно анализировать и картировать те или иные типы событий с применением ГИС-технологий. Предварительная карта–схема включенных в каталог сейсмодислокаций представлена на рис.5.

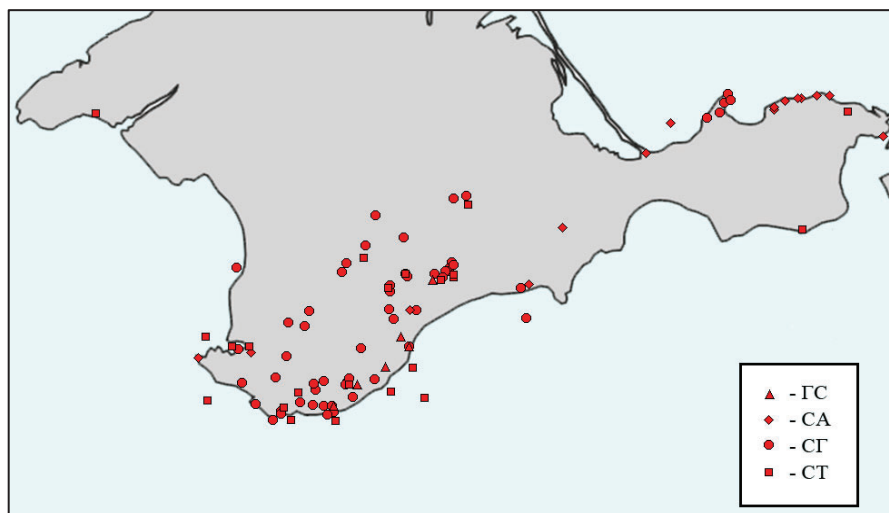


Рис. 5. Карта-схема расположения палеосейсмодислокаций Крыма
Дислокации: ГС - гравитационно-сеймотектонические; СА - сеймоархеологические; СГ - сеймогравитационные; СТ - сеймотектонические;

Отметим, что большинство выявленных в Крыму палеосейсмодислокаций пространственно расположено в зонах максимальных сейсмических воздействий с интенсивностью $I \geq 8$ баллов для периода повторяемости таких событий 1 раз в 1000 лет [21].

В окончательном виде формализованы каталог (табл. 2) предполагается расширить путем введения дополнительных градаций, отражающих интенсивность событий, уровни достоверности отнесения дислокаций к тому или иному типу, дисперсию значений каждого параметра и др. При этом картографическая основа формализованных реконструкций предполагает возможность анализа пространственно-кинематических характеристик зон сейсмогенных разломов и очаговых зон с целью оценки уровня их сейсмических воздействий на исследуемую территорию. При параметризации палеосейсмодислокаций разных типов будет использован богатый методический опыт отечественных и зарубежных специалистов, обобщенный в [22].

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант № 16-05-00996.

Литература

1. *Борисенко Л.С., Никонов А.А., Останин А.М.* Сейсмодислокации в юго-западном Крыму (р-н г. Севастополя) // Доклады Академии наук, 1995. Т. 343. № 6. С.1-4.
2. Геология и геодинамика района Крымской АЭС. Киев: Наукова думка, 1992. 156 с.
3. *Голенко В.К.* Древний Киммерик и его округа. Симферополь, 2006. 408 с.
4. *Горбач Л.П., Добровольская Т.И.* О нижнемеловых палеосейсмических явлениях в Крыму // Доклады АН СССР, 1964. Т.154. № 3. С. 590-592.
5. *Горшков Г.П.* О современных сейсмодислокациях // Современные сейсмодислокации и их назначение для сейсмического микрорайонирования. М.: Изд-во МГУ, 1977. С. 3-4.
6. *Двойченко П.А.* Черноморское землетрясение 1927 г. в Крыму // Черноморское землетрясение 1927 г. и судьба Крыма. Симферополь: Крымгосиздат, 1928. С. 77-98.
7. *Дублянский В.Н.* Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. М.: Наука, 1977. 182 с.
8. *Дублянский В.Н., Амеличев Г.Н., Вахрушев Б.А.* Палеосейсмическая активность Горного Крыма // Сейсмологический бюллетень Украины за 1992 г. Симферополь: Изд. НАНУ, КЭС, 1995. С. 118–123.
9. *Дублянский В.Н., Молодых И.И.* Сейсмичность Горного Крыма по данным карстолого-археологических исследований // Проблемы гидрогеологии и инженерного грунтоведения. Киев: Наукова думка, 1972. С. 43–51.
10. *Душевский В.П.* Палеосейсмодислокации Предгорного Крыма // Сейсмологический бюллетень Украины за 1992 г. Симферополь: Изд. НАНУ, КЭС, 1995. С. 124-129.
11. *Ена А.В.* Возрастная индикация гравитационных образований Горного Крыма (на примере горы Южная Демерджи) // Геоморфология, 1987. № 2. С.57-62.
12. *Кирилко В.П.* Крепостной ансамбль Фуны (1423-1475). Киев: ИД Стилос, 2005. 259 с.
13. *Клюкин А.А.* О возрасте сейсмодислокаций Горного Крыма // Физическая география и геоморфология. Киев, 1991. Вып. 38. С. 160–169.
14. *Клюкин А.А.* Сейсмодислокации Керченского полуострова // Сейсмологический бюллетень Украины за 1992 г. Симферополь: Изд. НАНУ, КЭС, 1995. С. 112-117.
15. *Колосов Ю.Г.* Мустьерские стоянки района Белогорска. Киев: Наук. думка, 1983. 208 с.
16. *Николаев Н.И., Лебедева О.А., Николаев П.Н.* Сейсмодислокация Горного Крыма // Изв. ВУЗов. Геология и разведка, 1979. № 12. С. 29–37.
17. *Николаев П.Н.* Методика тектоно-динамического анализа. М.: Недра, 1992. 295 с.
18. *Никонов А.А.* Обрушение навесов и ниш: опыт исследований в Крыму // Геоморфология, 1996. № 4. С. 65-74.
19. Новые сведения об очагах сильных землетрясений в районе Керченского полуострова / *Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.Н., Рогожин Е.А* // Доклады РАН, 2017. Т. 472. № 1. С. 89-92.
20. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н. В. Кондорской и Н. В. Шебалина / Ч. 2. Крым и Нижняя Кубань. Москва: Наука, 1977. С. 55–68.
21. Общее сейсмическое районирование территории Крыма (ОСР-98) // *Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е., Борисенко Л. С., Поречнова Е. И.* // Геофизический журнал, 1999. № 6. С. 3–15.
22. Палеосейсмология / Под ред. *Джеймса П. Мак-Калпина*: в 2-х томах. М: Научный мир, 2011.
23. Сейсмодислокации и палеосейсмичность Крыма / *Л.С. Борисенко, Б.Г. Пустовитенко, В.И. Дублянский и др.* // Сейсмический бюллетень Украины за 1997 г. Симферополь: Изд. НАНУ, КЭС, 1999. С. 101-131.
24. Следы сильных землетрясений Керченско-Таманского региона по геологическим данным / *А.Н. Овсяченко, С.В. Шварев, А.С. Ларьков, А.В. Мараханов* // Вопр. инж. Сейсмологии, 2015. Т. 42. № 3. С. 33-54.
25. *Panek et al.* Gigantic low-gradient landslides in the northern periphery of the Crimean Mountains // *Geomorphology*, 95 (2008). P. 449–473.