

Вахрушев И.Б.

СЕЙСМОГЕОМОРФОЛОГИЯ ГОРНОГО КРЫМА: ПРОЦЕССЫ И ФАКТОРЫ СЕЙСМОМОРФОГЕНЕЗА

Землетрясения приводят к определённым изменениям в рельефе Горного Крыма. Выделяются процессы и факторы сейсмоморфогенеза. Они приводят к возникновению парагенетических комплексов между сейсмическими и экзогенными формами рельефа.

Крымский полуостров является одним из наиболее активных сейсмических районов Украины. Первое, и достаточное ясное, упоминание о сейсмике Крыма, мы встречаем у Геродота. Описывая Скифию, он сообщает, что здесь «землетрясение считается чудом, случится ли оно зимой или летом» [12]. Активизация землетрясений Крымско-Черноморского региона за период инструментальных наблюдений (с 1927 года) неравномерна во времени и в пространстве. Сейсмические процессы носят квазипериодический характер, с периодом цикла около 27 лет [19]. За геологическое время характер сейсмичности Крымского региона претерпел определённую эволюцию. Максимум его пришелся на плиоцен и ранний четвертичный период. К современности мощность и повторяемость землетрясений уменьшалась. Однако непродолжительность периода инструментальных наблюдений не позволяет выявить особенности сейсмических процессов, связанных с цикличностью больших периодов. В этом случае наиболее информативным следует признать палеосейсмогеологический метод, разработанный В.П. Солоненко [16, 17], который основывается на выявлении сейсмических дислокаций и расшифровке параметров сейсмических событий, информационно отождествленных в их структуре.

Поиск сейсмогеологических структур в некоторых районах осложняется тем, что породы слабой денудационной стойкости, слагающие сейсмодислокации, подвержены быстрому разрушению. Так, например, спустя несколько лет после Гоби-Алайского катастрофического землетрясения, большая часть морфологических следов сейсмического события, сохранившихся в глинах, была уничтожена [18]. Одной из особенностей геологического строения района Горного Крыма является наличие скальных пород, которые могут сохранять следы сейсмических событий различной мощности на протяжении длительного времени. Основной проблемой сейсмогеологии является нахождение истинных сейсмодислокаций. В настоящую эпоху сейсмичность Крыма отличается слабой и средней интенсивностью. В связи с этим особую актуальность здесь приобретает проблема распознавания истинных сейсмодислокаций от псевдосейсмодислокаций, так как многие геолого-геоморфологические структуры имеют полигенетическую природу.

Внимание на формы рельефа предположительно сейсмической природы в Крыму было обращено давно [3, 6]. Впервые упоминание о сейсмическом происхождении Крымских обвалов мы находим у И.В. Мушкетова [14]. П.А. Двойченко [6, 7] в серии работ, посвященных последствиям Ялтинского землетрясения 1927 года, утверждает, что многие смещенные массивы и обвалы Южного Берега Крыма могут носить и сейсмогенную природу. В дальнейшем палеосейсмогеологический метод достаточно широко использовался в исследованиях сейсмических явлений Крымского полуострова [2, 4, 8, 20 и др.].

Несмотря на такой интерес к сейсмогенным структурам и их достаточно глубокое изучение многими авторами, следует отметить, что эти структуры рассматривались, в большей своей части, с позиции классической геологии и сейсмогеологии. На наш взгляд, при изучении таких сложных комплексных структур, как сейсмодислокации, весьма перспективным является сейсмогеоморфологический метод, основу которого составляет сейсмоморфогенетический подход. Под сейсмоморфогенезом понимается процесс формирования рельефа территории под действием сейсмических процессов, в результате которых возникают геоморфологические комплексы, генетически связанные с геологическим строением, рельефом, тектоникой и сейсмическим потенциалом региона. Значение сейсмоморфогенеза в геоморфологической структуре сейсмической области может меняться как во времени (усиливаясь или уменьшаясь), так и в пространстве.

Одной из важных задач подобного подхода является разработка региональной классификации сейсмогеологических процессов и сейсмогеоморфологических явлений. Решая такую сложную проблему, как классификация, необходимо руководствоваться, не только выбором критерия, по которому будет строиться классификация, но и опытом подобных или близких к проблеме классификаций. В настоящее время мы имеем только одну, состоявшуюся и достаточно полную классификацию форм рельефа [17], образованных преимущественно сейсмическими процессами. В изучаемом нами регионе за историческое время катастрофических землетрясений не наблюдалось. Кроме того, сейсмодислокаций, однозначно говорящих о сейсмических событиях такой силы, практически не сохранилось, а происхождение многих остаётся спорным. При таком положении вещей было бы нецелесообразно приступать к выделению классификационных единиц без изучения особенностей формирования сейсмогенных форм рельефа на территории Горного Крыма. Разработка подобной классификации представляет предмет специального исследования.

При сейсмоморфогенетическом подходе с позиции классической геоморфологии необходимо различать как процессы, так и факторы сейсмического рельефообразования. К геологической группе факторов относятся: литологический, тектонический, стратиграфический.

Наличие мощной толщи верхнеюрских известняков и конгломератов Главной гряды, а также и подстилающих их глин и сланцев таврической серии, имеющих различные физико-механические свойства, определяет роль литологического фактора. При сейсмических событиях реакция этих пород будет суще-

ственно отличаться.

Важным фактором образования сейсмогенных форм рельефа является тектоническое строение территории. Существует несколько гипотез по этой проблеме. К ним относятся концепции складчатого, блокового и надвигового строения [2, 3, 11, 13, 20, 21]. Однако следует отметить, что фактический материал, используемый сторонниками как надвиговой, так и блоковой модели тектогенеза Крыма, имеет место в реальной геологической среде. Анализ геологических данных показывает, что на границах крупных надвиговых пластин действительно имеются так называемые коллизионные структуры, с которыми связаны очаги землетрясений. Но в тоже время внутри самих тектонических пластин разгрузка стрессовых напряжений осуществляется по типу блоковой тектоники. В блоковой теории большое значение придается сейсмогенезу крупных поперечных разрывов северо-западного и северо-восточного простираний [2], что вызывает определённую критику их оппонентов [21]. Однако наличие подобных сейсмоактивных разрывов вполне согласуется с механизмом надвиговых движений. Фронт Южнокрымско-Кавказского надвига [20, 21] превышает 1500 км. Отставание или опережение одной из частей надвига приводит к возникновению на их границе сдвигающих усилий и формированию поперечного к фронту сейсмоактивного разрыва. Здесь наблюдается определённое генетическое сходство с трансформными разломами срединно-океанических хребтов. Таким образом, горные массивы Крыма разбиты на блоки разных размеров, часть из которых относится к сейсмогенерирующим. В связи с этим сейсмогеологические явления в своём распространении тесно связаны с активной тектоникой. За разрывом и пред ним возникают интерференционные явления, связанные с наложением на первичное невозмущённое поле части поля, порожденной возмущающим действием разрыва. Породам приразрывной зоны свойственна пониженная сейсмическая жесткость [1]. При сильных сейсмических воздействиях это благоприятствует возникновению сейсмодислокаций. Примером подобных структур является гора Кошка, смещённые массивы Казу-Кая и Суатского блока.

Другим, не менее важным, фактором сейсмического рельефообразования, является стратиграфический. Он обусловлен двухслойным строением горных массивов Крыма: жесткие верхнеюрские известняки и конгломераты залегают на более слабом основании (аргиллиты, алевролиты, песчаники таврической серии). Из-за различных физико-механических свойств известняки испытывают дополнительные напряжения сжатия-растяжения и сдвига при распространении продольных и поперечных волн. Они могут достигать 500-800 и 340-490 кг/см². В более слабых породах, слагающих основание горных массивов, эти напряжения в 4-5 раз меньше [15]. Длительность сейсмических колебаний на скальных грунтах в 1,3 раза меньше, чем на полускальных и в 1,7 раза меньше, чем на песчаных [22]. Горные массивы Крыма – это, в основном, цокольные сооружения, в которых плотность пород основания меньше (в среднем 2,5 г/см³), чем плотность пород собственно массива (в среднем 2,7 г/см³). В этом случае сила землетрясения может возрастать за счет собственных колебаний [8, 17]. При более детальном рассмотрении группа геологических факторов сейсмического рельефообразования может быть дополнена.

К группе геоморфологических факторов сейсоморфогенеза относятся: наличие крутых и обрывистых склонов, обладающих высокой энергией рельефа; развитие экзогенных процессов, где главным генетическим фактором является гравитация; наличие подземных карстовых форм.

Южный макросклон Крымских гор обладает высокой энергией рельефа. Высокий (до 500 м.) южнобережный эскарп верхнеюрских известняков, обуславливает образование при сейсмическом событии сейсмогравитационных форм различной морфологии. Этот фактор «провоцирует» процесс сейсморельефообразования даже при незначительной силе землетрясения. Большой уклон, достигающий 20°, ниже расположенного склона, также оказывает положительное влияние на сейсоморфогенез. Из 93 изученных нами сейсмодислокаций Крыма 54 расположены в пределах этого геоморфологического объекта. Сейсмические удары создают дополнительное приращение силы тяжести. В результате сейсмогенные обвалы, оползни и осыпи возникают там, где их образование невозможно при современных условиях. К сейсмодислокациям подобного рода относятся Кучук-Лабадская и Капельская структуры.

Большинство горных массивов сложено карстующимися верхнеюрскими известняками. В литературе Горный Крым описывается как классическая карстовая область [9]. В горных массивах имеются многочисленные полости различной конфигурации. Как правило, их распределение контролируется разрывными нарушениями [8]. Необходим специальный подход к изучению сейсмических особенностей карстовых массивов. Основное направление исследования – затухание колебаний в их недрах (декамплинг) и образование в карстовых пещерах сейсмокарстовых форм.

К основным процессам сейсоморфогенеза относятся: сеймотектонический, гравитационно-сеймотектонический, сеймогравитационный и другие, образующие парагенетические комплексы с современными экзогенными процессами (сейсмооползневой, сеймоселевой, сеймокарстовый и др.).

Сеймотектонический процесс. Проявляется во время мощных, катастрофических землетрясений в результате выхода на поверхность сейсмогенерирующей структуры, в рельефе представленной сеймотектоническими рвами и крупными трещинами. Такие формы рельефа широко распространены в районах сильных и очень сильных землетрясений. Имеются данные о сеймотектонической природе крупных рвов Севастопольского и Олукского районов.

Группа гравитационно-сеймотектонических процессов. Возникает в районах сейсмоактивных разломов, а также в зонах крупных разрывных нарушений, испытавших пассивное вскрытие при сильных землетрясениях. К ним относятся: сеймограбены, образованные в результате расседания вершин гор; сей-

смобросы, возникающие при отседании склонов во время сейсмического события; сбросообвалы, образующиеся там, где тектонические сбросы отсекают крупные склоны гор, висящие в сторону долин. Характерны сеймотектонические клинья при ударах, направленные снизу вверх. Подобные структуры изучены в районе Ласпи, Леменского хребта, интрузивных массивов Аю-Даг, Кастель и др.

Сейсмогравитационные процессы образуют широкий спектр сейсмо-геоморфологических парагенетических комплексов. Здесь сейсмические процессы действуют в сумме с геоморфологическими экзогенными процессами, усиливая или ослабляя их. Проявляются они при сейсмических событиях на обрывах и крутых склонах. Приращение силы тяжести во время землетрясения приводит к обрушению и осыпанию склонов – возникает сейсмогравитационный парагенетический комплекс. В прибрежных частях крымских ял к нему относятся сейсмогравитационные рвы. Сейсмогенные обвалы имеют огромные размеры и большой путь каменного потока, дальность их распространения может быть значительно увеличена при возникновении эффекта «воздушной подушки» [16,17]. Такой эффект чаще всего возникает в долинах. В каменный поток могут быть включены крупные блоки, соизмеримые с отторженцами южного макросклона. Это лишний раз доказывает сложность и проблематичность происхождения массандровской толщи, но в любом случае они являются палеогеологическими структурами и к современным землетрясениям отношения не имеют.

Сейсмооползневой парагенетический комплекс возникает в результате взаимодействия сейсмических и оползневых процессов. Различают оползни, активизированные сейсмическими ударами, и собственно сейсмические оползни.

Сейсмогравитационные и сейсмооползневые процессы были широко распространены в эпоху интенсивного поднятия Крымских гор и максимального проявления сейсмических событий.

Сеймоселевой парагенетический комплекс может возникать при пространственно-временном совпадении мощного землетрясения с моментом выпадения обильных атмосферных осадков. Происходящие в это время обвалы, осыпи и оползни подпруживают сток рек и временных водотоков, что сопровождается размывом или сдвигом преград и образованием селевых валов. Подобные явления известны в современных высокосейсмичных районах многих горных стран. Для Крымского региона такие сейсмогенные формы возможны в отложениях массандровского комплекса.

Сеймокарстовый парагенетический комплекс. Его образование связано с наличием крупных карстовых пустот в верхнеюрских известняках. Землетрясения могут вызывать провалы сводов, межэтажных перекрытий, обрушение крупных натёков и колонн в карстовых пустотах [8, 9]. С другой стороны, крупные обвалы в карстовых пещерах могут возбуждать сейсмоволны, являющиеся причиной так называемых карстовых землетрясений. Их интенсивность может достигать в Крыму 3 баллов [8].

Приведённые данные о процессах и факторах сейсоморфогенеза Южного макросклона Крымских гор, свидетельствуют о том, что сильные землетрясения являются одним из важных процессов развития рельефа Крымских гор. Сейсмическое рельефообразование, протекающее согласно факторам сейсоморфогенеза, создаёт характерные только для этой территории геоморфологические структуры. В связи с этим включение импульсных сейсмически обусловленных изменений рельефа в эволюционные схемы морфогенеза позволит не только получить более полное и адекватное действительности представление о развитии рельефа Крымских гор, но и установить степень геоэкологического риска, связанного с этими явлениями.

Литература:

1. Алёшин А.С., Бархотов И.И., Несмеянов С.А. и др. Тектонические разрывы на участках сейсмического микрорайонирования. - М.: Наука, 1982. - С. 133.
2. Борисенко Л.С., Пустовитенко Б.Г., Дублянский В.Н., Вахрушев Б.А., Клюкин А.А., Ена А.В., Китин М.А. Сейсмодислокации и палеосейсмичность Крыма. // Сейсмический бюллетень Украины за 1997 год // Симферополь, 1999. - С. 101-132.
3. Борисяк А.А. Геологические исследования в юго-западной части Крымского полуострова // Изв. Геолкома. - Т. 23.- № 1. – 1904. - С. 23-27.
4. Вахрушев И.Б. История сеймотектонических исследований Крымско-Черноморского региона. // Учёные записки Таврического нац. у-та, сер. география, - Т. 14 (52). - № 1. – 2001. - С. 31-35.
5. Геология СССР, т. VIII, Крым, геологическое описание. - М.: Недра, 1969. - С. 575.
6. Двойченко П.А. Морфологическая и генетическая классификация оползней и обвалов // Вісті НДІВГ України, ч. 2, Київ, 1929. - С. 99-107.
7. Двойченко П.А. Черноморское землетрясение 1927 года в Крыму // Черноморские землетрясения 1927 года и судьбы Крыма. – Симферополь: Крымгоиздат, 1928. - С. 77-99.
8. Дублянский В.Н. Признаки сильных землетрясений в карстовых областях (на примере Горного Крыма) // Геоморфология. - № 1. - 1995. - С. 38-46.
9. Дублянский В.Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. - Л.: Наука. 1977. - С. 182.
10. Емельянова Е.И. Основные закономерности оползневых процессов. - М.: Наука, 1972.
11. Казанцев Ю.А. Аллохтонные структуры Горного Крыма и перспективы нефтегазаносности Крымского полуострова. // Доклад Президиуму Башкирского филиала АН СССР, Уфа, 1979. - 48 с.

12. Маркевич А.И. Летопись землетрясений в Крыму. // Черноморские землетрясения 1927 года и судьбы Крыма. Симферополь: Крымгоиздат, 1928. - С. 64-74.
13. Моисеев А.С. Основные черты строения Горного Крыма. // Труды ЛОЕ, 1995. - Т. 64. - Вып. 1. - С. 15-29.
14. Мушкетов М.В., Орлов А. Каталог землетрясений в Российской империи. // Записки Русского географического общества. - Т.26. – 1883. - 148 с.
15. Напетваридзе М.Г. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. - М.: Стройиздат, 1959. - 215 с.
16. Солоненко В.П. Инженерная сейсмогеология. Некоторые проблемы и задачи. // Инженерная геология. - № 1. –1988. - С. 3-14.
17. Солоненко В.П. Землетрясения и рельеф. // Геоморфология. - № 4. - 1973. - С. 3-12.
18. Солоненко В.П. Шрамы на лике Земли. // Природа. - № 9. -1970. - С. 17-25.
19. Чекунов А.В., Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Сейсмичность Черноморской впадины и её тектонические следствия. // Геологический журнал. - № 3. - 1992. - С. 17-22.
20. Юдин В.В., Герасимов М.Е. Геодинамическая модель Крымско-Черноморского и прилегающих регионов. // Геодинамика Крымско-Черноморского региона. Симферополь, 1997. - С. 16-23.
21. Юдин В.В., Герасимов М.Е. Критика тектонической концепции Крыма. // Геодинамика Крымско-Черноморского региона. - Симферополь, 1997. - С. 4-12.
22. Yongnia Z. Effects of magnitude epicentral distance and site conditions on the duration of strong ground motion // Seison kenkiy, 1985, 37, № 12, p. 524-527