

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-4-98-107>

УДК 550.341

РОЛЬ ТРИГГЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ В ИНИЦИИРОВАНИИ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЦЗИНХЕ 8 АВГУСТА 2017 ГОДА НА ХРЕБТЕ БОРО-ХОРО (КИТАЙ)

А. Е. Великанов

Филиал «Институт геофизических исследований» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

* E-mail для контактов: aevelikanov@mail.ru

Описаны параметры и инструментальные данные регистрации сильного землетрясения Цзинхе 8 августа 2017 года, а также геологическая среда и сеймотектоническая обстановка района эпицентра. Приведены триггерные эффекты для инициирования землетрясения, связанные с динамичным изменением погодно-климатических условий в высокогорном районе, повлекшим быстрый рост избыточной массы геологической среды после сильных ливней и больших снегопадов, а также с усиленным действием лунно-солнечных приливообразующих сил на сейсмогенную структуру с избыточной массой геологической среды в дни полнолуния.

Ключевые слова: эпицентр землетрясения, сейсмичность, избыточная масса геологической среды, аномалия силы тяжести, активные разломы, сейсмогенная структура, триггерные эффекты, погодно-климатические условия, лунно-солнечные приливообразующие силы.

ВВЕДЕНИЕ

Эпицентр землетрясения Цзинхе находился на территории Китая в Синьцзян-Уйгурском автономном районе на хребте Боро-Хоро в непосредственной близости от границ Казахстана. Эпицентр землетрясения Цзинхе был приурочен к высокогорной ледниковой части хребта Боро-Хоро, являющегося частью Тянь-Шанской горной системы и примыкающего к Джунгарскому Алатау с ЮВ стороны. Сильные землетрясения из этого района необходимо учитывать при анализе сейсмической опасности для ответственных и атомных объектов Юго-Восточного и Восточного Казахстана. Землетрясение Цзинхе интересно также тем, что произошло практически сразу после более сильного Сычуаньского землетрясения, эпицентр которого также находился в Китае в высокогорной ледниковой части на востоке Тибетского плато в 2200 км на ЮВ.

Средства массовой информации сообщали в среду 9 августа 2017 года, что в западных регионах Китая за последние сутки с разницей в 10 часов произошли два мощных разрушительных землетрясения. *Первое землетрясение* магнитудой 7 произошло в провинции Сычуань во вторник вечером в 21.19 по местному времени (13.19 по времени UTC). Очаг землетрясения залегал на глубине 20 километров. Гористая местность и большое скопление людей привели к 19 жертвам и почти 300 пострадавшим. За сутки было зафиксировано более 400 толчков малой магнитуды [1]. *Второе землетрясение* магнитудой 6,6 произошло в Синьцзян-Уйгурском автономном районе в среду утром в 07.27 по местному времени (по времени UTC во вторник в 23.27). Очаг землетрясения залегал на глубине 11 километров. За ним последовал еще ряд сильных подземных толчков, магнитуда которых превышала 4,5. Несмотря на несколько сильных афтершоков, жертв в этом случае удалось избежать благодаря тому, что эта местность плохо заселе-

на. Число пострадавших составило 34 человека. В результате подземных толчков были разрушены 142 дома и повреждены еще 1060 жилых строений [2].

Несомненно, эти два сильных землетрясения связаны близкими условиями и причинами, так как находятся в высокогорных районах Западного Китая, которые постоянно обладают громадной избыточной массой возвышенных частей земной поверхности и которые несут дополнительную снеговую и ледниковую нагрузку, более подверженную изменениям в периоды динамично меняющихся погодно-климатических условий. Гравитационный фактор влияния избыточных масс геологической среды на напряженно-деформированное состояние глубинных недр под действием лунно-солнечных приливообразующих сил и атмосферных процессов определяет сейсмичность высокогорных районов и задействован во всех триггерных эффектах, инициирующих сильные землетрясения.

Действие лунно-солнечных приливообразующих сил, атмосферные процессы, включающие действие солнечной активности на магнитосферу и саму атмосферу через протонные потоки, изменение погодно-климатических условий, влекущих изменение атмосферного давления и выпадение большого количества осадков, их сезонность, а также сезонный характер вращения Земли по солнечной орбите с изменением скорости вращения Земли относятся к экзогенным геодинамическим процессам. Роль экзогенных геодинамических процессов в формировании напряженного состояния внутриконтинентальных орогенов, представленных высокогорными районами, подтверждается во многих исследовательских работах [3–8].

Так в работе Адушкина В.В. и Спивака А.А. [3] отмечено, что гравитационное взаимодействие в системе Земля-Луна-Солнце является одним из важнейших факторов, определяющих динамические процессы в недрах Земли и ее оболочках-геосферах. Посто-

янно присутствующее воздействие Луны и Солнца на земную кору, следствием которого является твердый прилив, определяет не только механику ее деформирования, преобразование вещества, но также режимы геофизических полей и интенсивность межгеосферных взаимодействий на границе земная кора/атмосфера. Приливная волна деформации может оказывать влияние на процессы, связанные, в частности, с подготовкой землетрясений. Помимо лунно-солнечного прилива на деформацию земной поверхности и прилегающих к ней участков земной коры оказывают влияние барические вариации в атмосфере.

В работе Ребецкого Ю.Л., Мягкова Д.С. [4] отмечена основная роль экзогенных геодинамических процессов в формировании напряженного состояния внутриконтинентальных орогенов. До настоящего времени ошибочно считается, что повышенный уровень напряжений горизонтального сжатия в районах внутриконтинентальных орогенов обусловлен движениями литосферных плит, например, напряжения Алтая вызываются давлением со стороны Индийской плиты, расположенной на удалении в несколько тысяч километров. Эти архаичные взгляды базируются на давно сформулированных представлениях на генезис сил, определяющих движение литосферных плит. Но современные сейсмологические, геофизические и тектонофизические данные противоречат этим

взглядам. Процессы формирования поля напряжений внутриконтинентальных орогенов связаны с тектоникой и глубинной геодинамикой этих регионов, а не с далекодействующими процессами.

В нашей статье особое внимание акцентируется на изменение погодно-климатических условий в сторону аномального увеличения количества атмосферных осадков, как на один из основных триггеров для инициирования сильных землетрясений.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Землетрясение Цзинхе произошло в районе, находящемся с внешней юго-восточной стороны сети сейсмических станций ИГИ НЯЦ РК. Ближайшими к эпицентру были сейсмическая группа «Маканчи» и трехкомпонентная станция «Подгорная» (рисунок 1).

Параметры землетрясения были определены сразу несколькими глобальными сейсмологическими центрами и показали довольно высокую сходимость данных по местонахождению эпицентра и времени землетрясения. Глубина очага – разница от 10 до 20 км, а магнитуда от 5,8 до 6,5 и 7,1 (таблица 1).

Землетрясение Цзинхе 08.08.2017 с магнитудой 7 также было зарегистрировано станциями сильных движений Маканчи (MAKZ) и Курчатова (KURK), находящихся на территории Восточного Казахстана.

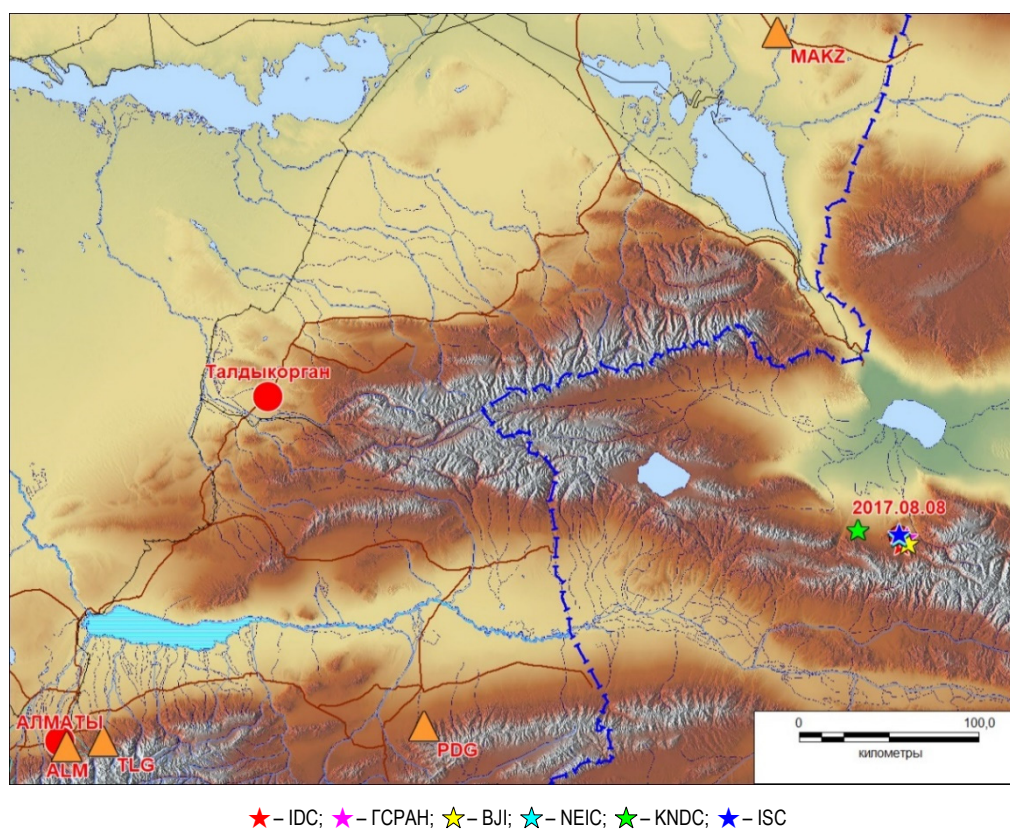


Рисунок 1. Схема расположения сейсмических станций ИГИ НЯЦ РК (▲) и эпицентра землетрясения Цзинхе (☆) 8 августа 2017 года по данным разных глобальных сейсмических сетей

**РОЛЬ ТРИГГЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ В ИНИЦИИРОВАННИ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЦЗИНХЕ
8 АВГУСТА 2017 ГОДА НА ХРЕБТЕ БОРО-ХОРО (КИТАЙ)**

Таблица 1. Параметры землетрясения Цзинхе 08.08.2017 по оперативным данным разных глобальных сейсмических сетей

Автор	Дата	Время	Широта	Долгота	Глубина	mb	K	Описание
IDC	2017.08.08	23:27:49.54	44,2618	82,8436		5,8		Вена
ГС РАН	2017.08.08	23:27:49.5	44,303	82,884	10	6,5		Россия (MOS)
BJI	2017.08.08	23:27:52	44,27	82,89	11	5,8		Китай
NEIC	2017.08.08	23:27:53.08	44,3023	82,8317	20	6,3		США
KNDC	2017.08.08	23:27:54.73	44,340427	82,537425		7,1	16,2	Казахстан (NNC)
ISC	2017.08.08	23:27:52.27	44,3207	82,8287	14,9	6,3		Англия

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА
И СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА
ЭПИЦЕНТРА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЦЗИНХЕ**

Хребет Боро-Хоро – часть Тянь-Шанской горной системы, служащая водоразделом Джунгарского и Илийского бассейнов. Большая часть хребта расположена на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района в Китае, крайние западные отроги (горы Токсанбай) заходят на территорию Казахстана (рисунок 1). Хребет выделяется своими отвесными стенами, резко расчленённым гребнем, дикими, недоступными ущельями, крупными предгорьями, обилием влаги и крайним однообразием его флоры. Очень крутой гребень Боро-Хоро изрезан ущельями и почти лишен всякой растительности. Но ниже, или там, где не слишком крутой склон, появляется ель, которая сплошными непроходимыми зарослями одевает Боро-Хоро от гребня до самой подошвы.

В западной части хребта располагается горное озеро Сайрам-Нур. Длина хребта составляет порядка 250 км, максимальная высота достигает 4 500 м, благодаря чему в восточной, наиболее возвышенной его части наблюдается оледенение альпийского типа (насчитывается около 50 ледников), снег лежит здесь значительными массами. Поднятие хребта началось 2,5 млн лет назад и происходит по настоящее время [9]. Хребет сложен породами палеозойского возраста, представляющих собой вулканогенно-терригенные образования, местами пронизанные плутонами гранитоидов.

К север-северо-востоку от хребта Боро-Хоро располагается Джунгарская впадина, точнее её западная наиболее пониженная часть с бессточным озером Эби-Нур. Джунгарская впадина выполнена 15-километровой толщей верхнепалеозойских и более молодых отложений, представляющих собой преимущественно терригенные и вулканогенно-терригенные образования. На неотектоническом этапе деформации и поднятия выразились в надвижении Южно-Джунгарской системы (в исследуемом районе являющейся продолжением Южно-Тяньшанской системы в лице хребта Боро-Хоро – примечание авторов) на Джунгарскую впадинную систему [10].

Исходя из вышеприведенных геоморфологических данных и данных неотектоники можно выделить

сейсмогенную структуру первого порядка в пределах участка, включающего наиболее возвышенную восточную часть хребта Боро-Хоро с прилегающими сейсмоактивными разломами, где могут происходить сильные землетрясения взбросового типа. Такая сейсмогенная структура включает наибольшую избыточную массу геологической среды, которая под периодическим действием лунно-солнечных приливообразующих сил может постоянно дестабилизировать здесь недра на глубине, приводя их в напряжённо-деформированное состояние с последующим разогревом и вертикальными подвижками по активным разломам.

На рисунке 2 приведена тектоническая схема района эпицентра землетрясения Цзинхе. Тектонические нарушения представлены активными разломами преимущественно северо-западного направления согласно простиранию пород, а также поперечными разломами северо-восточного направления, разбивающие хребет на отдельные блоки. В районе эпицентра землетрясения Цзинхе 2017.08.08 наблюдаются полукольцевые разломы, опоясывающие, по-видимому, вулканно-плутоническую структуру. Белым контуром с вертикальной штриховкой показано местоположение выделенной сейсмогенной структуры.

РОЛЬ ТРИГГЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ В ИНИЦИИРОВАННИ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЦЗИНХЕ

Избыточная масса геологической среды восточной высокогорной части хребта Боро-Хоро, созданная возвышенными массивами горных пород, а также ледниками и уплотнённой снежной массой (фирнами) над ними, хорошо отмечается на гравиметрической карте существенной аномалией силы тяжести в свободном воздухе. Эта поверхностная избыточная масса геологической среды является относительно стабильной и за счёт периодических лунно-солнечных приливообразующих сил может постоянно действовать на глубинные породы, увеличивая их напряжённо-деформированное состояние [11]. И когда в недрах Земли скапливается достаточное напряжение для подвижки блока пород, время возникновения землетрясения чаще всего приближают и определяют триггерные эффекты.

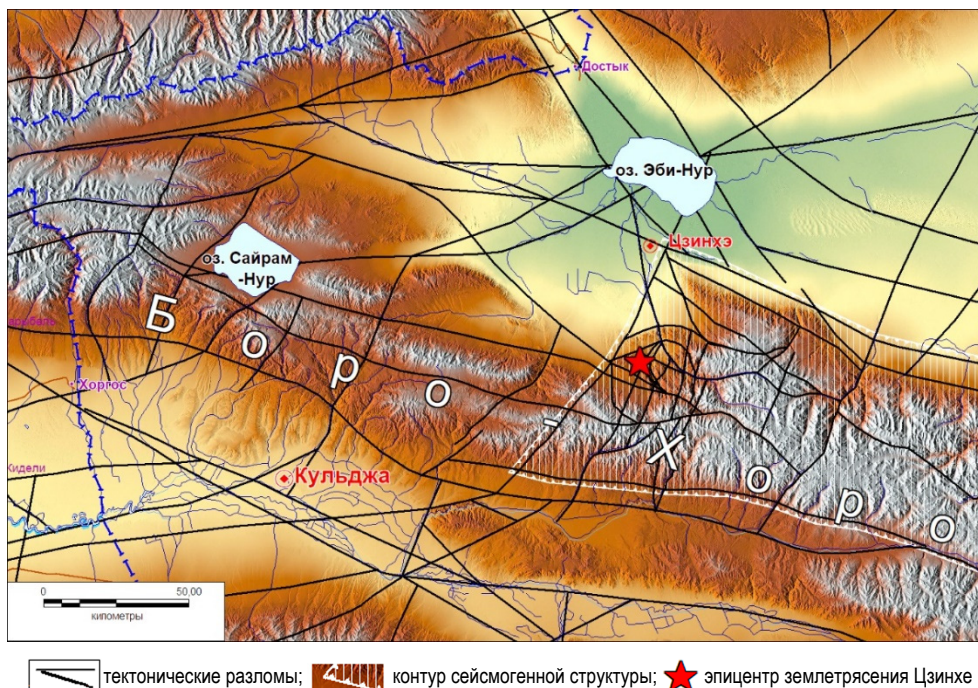


Рисунок 2. Тектоническая схема района эпицентра землетрясения Цзинхе с местоположением сейсмогенной структуры (белый контур) в восточной высокогорной части хребта Боро-Хоро

Скорое приближение времени возникновения землетрясения может быть вызвано быстрым увеличением дополнительной избыточной массы геологической среды. Например, при резком изменении погодных-климатических условий в определенных районах (особенно в высокогорной области) динамичный рост избыточной массы геологической среды происходит при сильных ливнях и больших снегопадах. При этом, ливневые осадки большей частью сразу скатываются по склонам вниз и могут скапливаться в пределах горных котловин или межгорных впадин в бессточных озерах. Увеличение количества осадков в течение года обуславливает увеличение объемов бессточных озёр. На космических снимках 2015–2017 годов было видно, что площадь ранее обмелевшего бессточного озера Эби-Нур севернее посёлка Цзинхе значительно увеличилась из-за летних ливневых дождей сначала в 2016, затем в 2017 году. Выше снеговой линии на высоте более 3800-4000 м осадки выпадают в виде снега и могут накапливаться даже за очень короткое время в очень больших объёмах. Увеличение количества осадков благоприятно сказывается на сохранении и даже росте ледников высокогорной Азии. Ледники в северо-восточных хребтах Тянь-Шаня получают осадки как зимой с преобладанием их приноса с западными ветрами, так и летом с преобладанием летних юго-восточных муссонов. Исследователи ледников высокогорной Азии обнаружили, что *центральные части хребта Боро-Хоро на более высоких высотах получают на 50 % больше летних осадков по сравнению с остальной частью хребта* [12].

В введении отмечалось, что сильное землетрясение Цзинхе на хребте Боро-Хоро произошло практически сразу после более сильного Сычуаньского землетрясения, эпицентр которого также находился в Китае в 2200 км на ЮВ в *высокогорной части* на востоке Тибетского плато (рисунок 3).

По данным гидрометцентра России за 2017 год в западных районах Китая (рисунок 4) осадков выпало больше нормы в полтора раза [13]. По всей видимости, в высокогорной области восточной части хребта Боро-Хоро в результате аномального выпадения осадков в виде снега значительно увеличилась площадь снежного покрова с накоплением большой массы фирна (уплотнённого и перекристаллизованного снега) с плотностью до $0,6 \text{ г/см}^3$.

Триггерную связь землетрясений с увеличением атмосферных осадков можно отнести и к Сычуаньскому землетрясению, так как накануне там прошли обильные ливневые дожди [14], которые в высокогорных районах естественно проявлялись сильными снегопадами. Сычуанское землетрясение, произошедшее 8 августа в Китае, было спрогнозировано российскими учеными. Об этом сообщил РИА Новости геофизик, руководитель лаборатории прогнозов и землетрясений Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ) Виктор Боков. «Это землетрясение мы предсказали за двое суток, было видно, что это произойдет. Теперь наблюдаем за соседними странами, чтобы предупредить. *Отслеживаем там атмосферные условия* [7]. Думаю, больше не будет сильных толчков, потому что те условия, которые инициируют землетрясение, уже закончились.», – прокомментировал Виктор Боков в эфире радио Sputnik [15].

РОЛЬ ТРИГГЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ В ИНИЦИИРОВАНИИ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЦЗИНХЕ
8 АВГУСТА 2017 ГОДА НА ХРЕБТЕ БОРО-ХОРО (КИТАЙ)

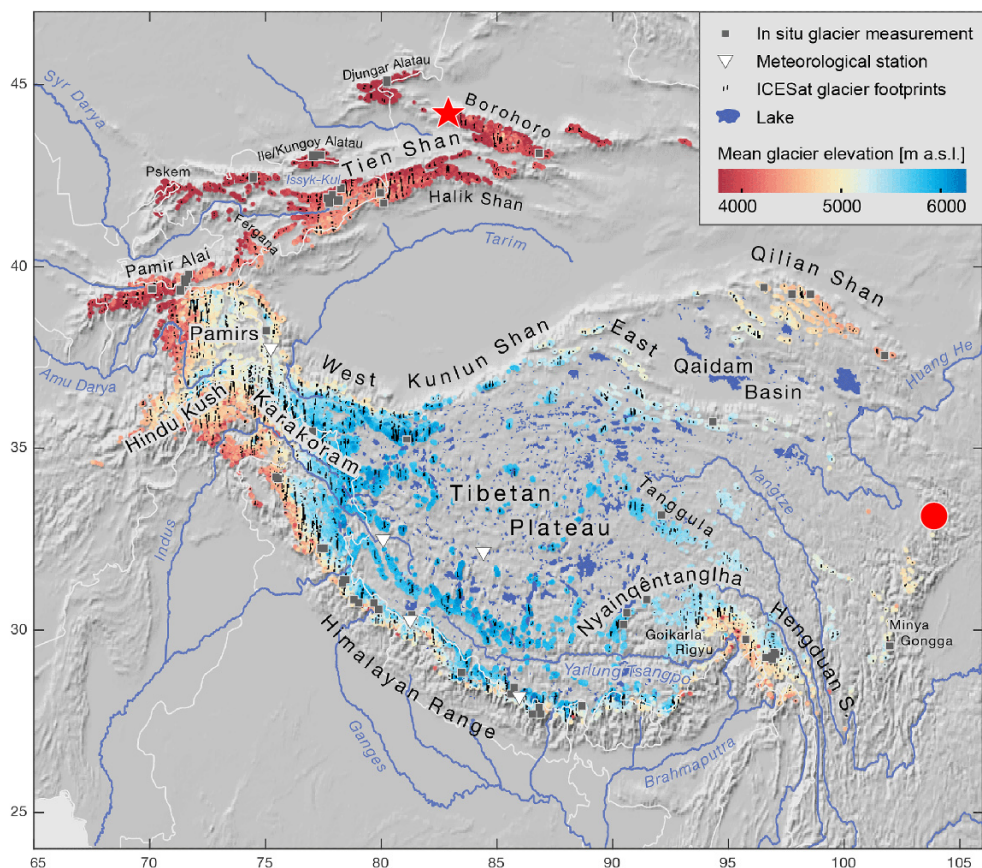


Рисунок 3. Ледники высокогорной Азии [12] с эпицентрами землетрясений Цзинхе (★) и Сычуаньского (●), произошедших 8 августа (по времени UTC) 2017 года

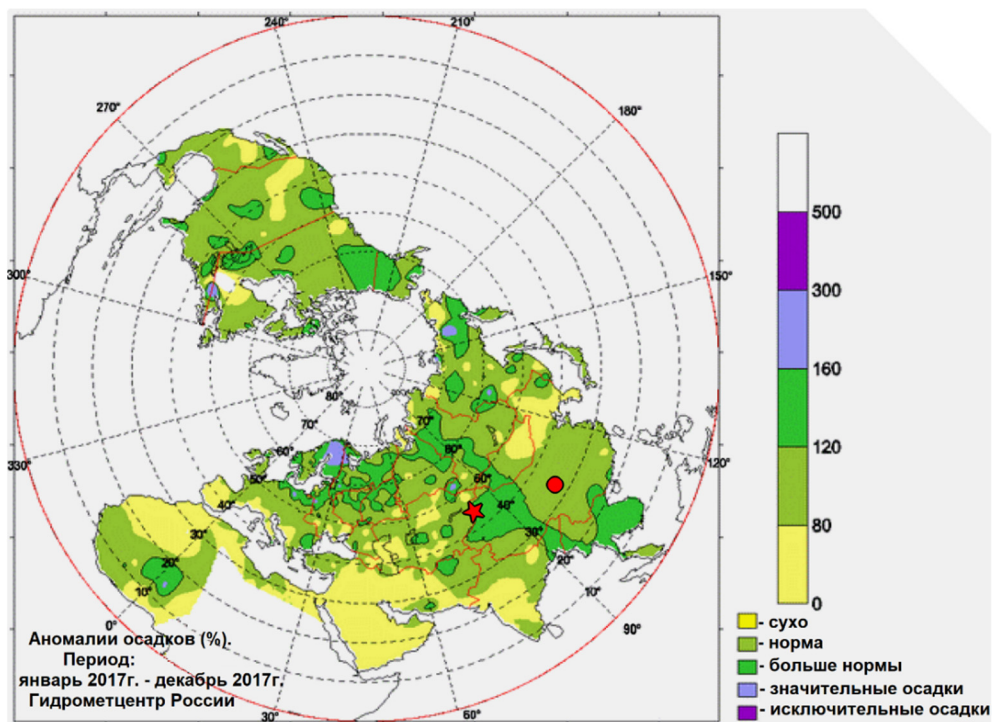


Рисунок 4. Карта аномалий сумм осадков за 2017г. в % от годовой нормы [13] с эпицентрами землетрясений Цзинхе (★) и Сычуаньского (●)

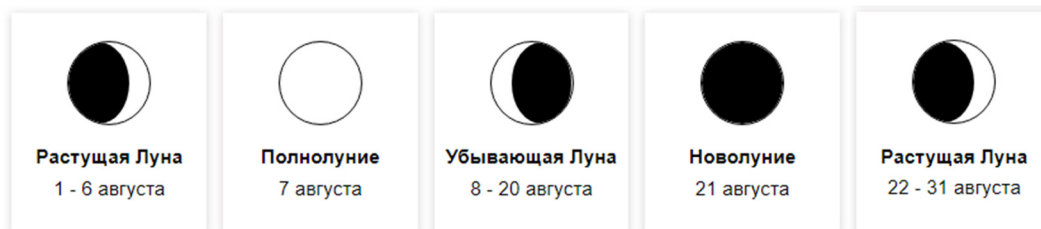


Рисунок 5. Фазы луны в августе 2017 года [16]

Таким образом, увеличение количества атмосферных осадков в районе хребта Боро-Хоро в течение года и особенно в начале августа накануне землетрясения повлекло быстрый рост добавочной избыточной массы геологической среды и последующее увеличение напряжённо-деформированного состояния пород, что послужило первым и главным триггером для инициирования землетрясения Цзинхе 8 августа 2017 года.

Часто заключительным триггером для землетрясения может послужить усиленное действие лунно-солнечных приливообразующих сил на сейсмогенные структуры с избыточной массой геологической среды в дни новолуния и полнолуния. Именно этот триггерный эффект полнолуния, как заключительный, скорее всего, сработал и для обоих землетрясений 8 августа 2017 года (рисунок 5).

Также возможно и то, что чуть более раннее Сычуанское землетрясение, эпицентр которого находился к юго-востоку в 2200 км, послужило триггером для землетрясения Цзинхе. В литературе хорошо известны примеры триггерных воздействий на землетрясения, вызываемые упругой волной от удаленных сейсмических событий [3, 8]. Такие явления дистанционного инициирования деформационных процессов, связанных с прохождением цуга поверхностных сейсмических волн (волны Релея) на расстоянии до 4000 км от эпицентров сильных землетрясений, приводили к увеличению уровня сейсмичности и инициированию ощутимых землетрясений в других районах.

ОБСУЖДЕНИЕ ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как отмечалось выше, высокогорная часть хребта Боро-Хоро вместе с ледниками и фирнами представляет собой существенную избыточную массу. В определённых местах, где с поверхности уже существует достаточно большая избыточная масса (нагрузка) в виде возвышенного горного массива, на глубине подстилающие породы переходят в напряжённо-деформированное состояние с постоянно растущим *выпирающим напряжением* за счёт действия внешних лунно-солнечных приливообразующих сил, которые периодически приподнимают и опускают поверхностную избыточную массу (превращая её в динамическую нагрузку с растяжением и сжатием нижележащих пород). При этом напряжённо-деформированное состояние пород на глубине с постоянным наличием

рассолов и флюидов достигается за счёт протекающего процесса кристаллизации и перекристаллизации пород в момент их растяжения. Этот процесс носит экзотермический характер, т.е. идёт с выделением тепла. В таких местах чаще всего и возникают горячие плюмы и наблюдается разуплотнение пород с полями или зонами поглощения поперечных сейсмических волн. Процесс кристаллизации и перекристаллизации приводит к расширению блоков пород с увеличением в них давления внутренних сил во все стороны (кристаллизационное давление). Но, так как соседние пространства снизу и с боков заняты другими блоками пород, то остаётся одно направление вверх, куда может сброситься скопившееся упругое напряжение с приподниманием вышележащей толщи пород. Естественно, когда скопившееся напряжение превысит предел прочности пород и силы трения между блоками пород в разломной зоне, может возникнуть землетрясение [17]. Часто весь процесс усиления напряжённо-деформированного состояния пород на глубине ускоряется за счёт триггерных эффектов, при которых происходит ускоренный рост приповерхностной избыточной массы геологической среды и дополнительное максимальное оттягивание земной коры (а также верхней мантии) от ядерной части Земли.

Аномальные изменения погодно-климатических условий, особенно в части обильного выпадения осадков, могут представлять собой самый существенный триггерный фактор для вызова сильных землетрясений. При резком изменении погодно-климатических условий в определённых районах (особенно в высокогорной области) динамичный рост избыточной массы геологической среды происходит при сильных ливнях и больших снегопадах. Уже с исторических времён при описании районов сильных землетрясений отмечался этот фактор обильного выпадения осадков в виде ливневых дождей и снегопадов накануне землетрясения. Такие факторы отмечены в работе Никонова А.А., Нечаева С.Ю., Флейфель Л.Д., исследовавших по летописным источникам и архивным данным сейсмичность Алтайского региона во второй половине XVIII века. Например, перед сильным землетрясением 29 января 1765 года на Иртышской оборонительной линии – «Генваря 28-го пополудни с 4-го часу з западной стороны сильной ветреной с снежною метелью погоды во всю ночь на 29-е число, пополудни 7-го часа в четвертой минуте

было земли трясение, от коего все как казенное, так и партикулярное строение зданием колеблемо, и жителям был немалой ужас». А при сильном Шангинском землетрясении 10 июля 1786 года упомянуто о сильных дождях 8–14 июля [18].

Последнее катастрофическое Чуйское землетрясение 2003.09.27 в высокогорной части Горного Алтая также вызвано изменением погодных-климатических условий в аномально холодный и чрезвычайно дождливый 2003 год для Центральной Азии, когда кое где в некоторые месяцы выпадало от 5-ти до 10-ти норм осадков. Накануне землетрясения по метеоданным станции г. Риддер в Горный Алтай с 11.09.2003 пришла сплошная облачность с периодическими осадками в виде дождя и снега. В высокогорной части быстро растущая дополнительная избыточная масса снежного покрова могла сильно повлиять на глубинные недра земной коры, увеличив их напряжённно-деформированное состояние и приведя их к критической дестабилизации. И в дни новолуния 27.09.2003 в районе Чуйского хребта в 11:33:25.1 GMT времени (17:33:25.1 местного) произошло сильное землетрясение с магнитудой до 7. В 18:52:46.1 GMT был мощный афтершок. А выпадение снега не прекращалось и через четыре дня 1.10.2003 землетрясение повторилось [19].

В северной высокогорной части Тянь-Шаня хорошо известны катастрофические землетрясения накануне и в начале 20 века также, по всей видимости, были вызваны аномальными погодными-климатическими условиями. Так Верненское землетрясение 1887.06.08 произошло в холодный, богатый осадками 1887 год, когда уже «... в апреле почвенная вода в нижней части города выступала на поверхность земли, затопив подвалы и нижние этажи домов...» [20]. А непосредственно перед землетрясением прошли ливни [21], которые в высокогорной области, по всей видимости, отразились обильными снегопадами. Само Верненское землетрясение произошло на второй день после полнолуния.

Кеминское землетрясение 1911.01.03 произошло в аномально холодную зиму 1910/1911 годов с обильными снегопадами во всех странах северного полушария Земли. Так газеты того времени писали, что самая лютая зима в Крыму была в 1911 году [22]. В Абхазии большой снег начался в ночь с 3 на 4 января 1911 года ... снег шел с небольшими перерывами двадцать дней до 23 января [23]. А на всей Европейской части России в 1911 году температура в течение месяца держалась на отметке –40. В северных районах страны ртутный столбик опускался до –55 °С. ... Зима 1911 года известна также тем, что лютых морозов не выдержал и замерз даже Ниагарский водопад [24]. На Кубани самой снежной можно считать зиму 1910–1911 года, когда в регионе снежный покров доходил до четырёх метров, а морозы достигали минус 25 градусов [25]. Так как основные осадки в районы Северного Тянь-Шаня поступают с

западными ветрами, то и там, по всей видимости, была снежная и холодная зима. Само Кеминское землетрясение произошло на третий день после новолуния.

Большая часть сильных землетрясений происходит в дни *сизигий* – новолуния или полнолуния и близкие к ним дни, когда Луна, Земля и Солнце стремятся выстроиться на одной прямой. В эти дни наблюдается наибольшее гравитационное воздействие приливнообразующих сил Луны и Солнца на внутренние оболочки тела Земли с максимальным оттягиванием их от ядерной части. Такие дни чаще всего являются заключительным триггером для вызова (срабатывания) землетрясения, когда напряжённно-деформированное состояние пород на глубине приближается к критическому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сложные сутки для Китая – два мощных землетрясения, сотни пострадавших – РИА Новости, 09.08.2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/20170809/1500093389.html>
2. Число пострадавших от землетрясения в КНР выросло до 32 человек – Новости мира – Известия _ 09.08.2017. [Электронный ресурс, 2023]. – Режим доступа: <https://iz.ru/630232/2017-08-09/chislo-postradavshikh-ot-zemletriaseniia-na-severo-zapade-knr-vyroslo-do-32>
3. Адушкин В.В., Спивак А.А. Приливная сила как триггер геофизических процессов в окружающей среде / Триггерные эффекты в геосистемах (Москва, 22-24 июня 2010 г.): Материалы Всероссийского семинара-совещания // ИДГ РАН; под ред. В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. – М.: ГЕОС. – 2010. – С. 8–18.
4. Ребецкий Ю.Л., Мягков Д.С. Роль экзогенных геодинамических процессов в формировании напряженного состояния внутриконтинентальных орогенов / Тезисы докладов VI-Международной конференции “Триггерные эффекты в геосистемах” (21–24 июня 2022 г.), Москва, ИДГ РАН, 2022 г. С. 36–37.
5. Чубаев Д.Л., Кочнев В.А. Расчёт и анализ триггерного эффекта приливных сил на наиболее крупные землетрясения / Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 2, – С. 59–64.
6. Ильченко В.Л. Твердый лунный прилив – причина тектонического расслоения пород земной коры-мантийной оболочки и триггер большинства землетрясений / Тезисы докладов VI-Международной конференции “Триггерные эффекты в геосистемах” (21-24 июня 2022 г.), Москва, ИДГ РАН, 2022 г. – С. 2.
7. Боков В.Н., Гутшабаш Е.Ш., Потиха Л.З. Атмосферные процессы как триггерный эффект возникновения землетрясений / Ученый записки № 18, Геофизика. – 2011. – С. 173–184.
8. Гохберг М.Б., Колосницын Н.И. Триггерные механизмы землетрясений / Триггерные эффекты в геосистемах (Москва, 22-24 июня 2010 г.): Материалы Всероссийского семинара-совещания // ИДГ РАН; под ред. В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. – М.: ГЕОС. – 2010. – С. 52–62.
9. Хребет Боро-Хоро. Материал из Википедии – свободной энциклопедии.

10. Строение и тектоническое развитие. Северная и Восточная Азии / Тектоника континентов и океанов – Часть 4. [Электронный ресурс, 2023]. – Режим доступа: <http://tektokont.ru/category/severnaya-i-vostochnaya-aziya/page/4/>
11. Великанов А.Е. Связь сейсмичности с избыточными массами геологической среды на примере Центральной Азии / А.Е. Великанов, И.Л. Аристова // Вестник НЯЦ РК. – Вып. 2, 2019. С. 98–105.
12. Désirée Treichler, Andreas Kääh, Nadine Salzmann, and Chong-Yu Xu. Recent glacier and lake changes in High Mountain Asia and their relation to precipitation changes / The Cryosphere. – 2019. – Vol. 13., P. 2977–3005. [Электронный ресурс, 2023]. – Режим доступа: <https://tc.copernicus.org/articles/13/2977/2019/>
13. Основные погодно-климатические особенности, наблюдавшиеся в Северном полушарии Земли в 2017 г. [Электронный ресурс, 2023]. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/categ-articles/116-climate-cat/clim-var/severnoe-polusharie/2017-climat-analysis/14687-osnovnyye-pogodno-klimaticheskie-osobennosti-nablyudavshiesya-na-severnom-polusharii-zemli-v-2017-g#y9>
14. Сильные ливни в Китае вызвали наводнение, август 2017 года. [Электронный ресурс, 2023]. – Режим доступа: <https://geocenter.info/new/silnye-livni--v-kitae-vyzvali-navodnenie-avgust-2017-goda>
15. Российские сейсмологи предсказали землетрясение в Сычуане. [Электронный ресурс, 2023]. – Режим доступа: <https://ru.sputnik.kz/20170809/uchenyj-geofiziko-zemletryaseni-v-kitae-novyh-tolchkov-ne-budet-2954931.html>
16. Календарь фаз Луны на 2017 год по месяцам. Фазы луны в 2017 году. [Электронный ресурс, 2023]. – Режим доступа: <https://my-calend.ru/moon-phase/2017>
17. Великанов А.Е. Роль кристаллизации и перекристаллизации пород в инициировании деформационных процессов в земной коре // Триггерные эффекты в геосистемах (Москва, 4-7 июня 2019 г.): материалы V Международной конференции / Под ред. В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. ИДГ РАН. М.: ТОРУС ПРЕСС. – 2019. – С. 150–159.
18. Никонов А.А. О сейсмичности Алтайского региона во второй половине XVIII века / А.А. Никонов, С.Ю. Нечаев, Л.Д. Флейфель // Необычные и экстремальные явления XVIII века. Сборник научных трудов, Т. 2. БАН Санкт-Петербург, 2019. С. 152–188.
19. Развитие атомных и энергетических проектов - Техническая справка о результатах работ ЦСОСЦИ филиала ИГИ РГП НЯЦ РК по теме 04.06 «Изучение сейсмических условий территории Восточного Казахстана для обоснования системы раннего предупреждения о сильных землетрясениях» за 2022 год. Руководитель темы – Соколова И.Н.
20. Нурмагамбетов А.Н. Сейсмическая история Алматы // Издательство «ЛЕМ», Алматы 1999, 68 с.
21. Уразаев Б.М. Сейсмическое районирование Казахстана. / Б.М. Уразаев, Т.А. Акишев, А. Нурмагамбетов, А. Досымов и др. // Издательство «Наука» Каз. ССР, 1979, 140 с.
22. Самая лютая зима в Крыму была в 1911 году - Crimeantatars.club - Сайт о крымских татарах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [m.ok.ru/freshabkh/topic/64956528460016](https://www.crimeantatars.club/history/just-fact/samaya-lyutaya-zima-v-krymu-byla-v-1911-godu#:~:text=23. Историческое прошлое Абхазии. Снежная зима 1911 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href=)
24. 8 самых холодных зим XX века – ListOfBest. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.listofbest.ru/8-samyx-holodnyx-zim-xx-veka/>
25. Когда на Кубани были самые суровые зимы – АиФ Краснодар. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kuban.aif.ru/dontknows/kogda-na-kubani-byli-samye-surovye-zimy?ysclid=lac9np4pga312156519>

REFERENCES

1. Slozhnye sutki dlya Kitaya_ dva moshchnykh zemletryaseniya, sotni postradavshikh – RIA Novosti, 09.08.2017. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ria.ru/20170809/1500093389.html>
2. Chislo postradavshikh ot zemletryaseniya v KNR vyroslo do 32 chelovek – Novosti mira – Izvestiya _ 09.08.2017. [Elektronnyy resurs, 2023]. – Rezhim dostupa: <https://iz.ru/630232/2017-08-09/chislo-postradavshikh-ot-zemletriaseniia-na-severo-zapade-krnr-vyroslo-do-32>
3. Adushkin V.V., Spivak A.A. Prilivnaya sila kak trigger geofizicheskikh protsessov v okruzhayushchey srede / Triggernye efekty v geosistemakh (Moskva, 22-24 iyunya 2010 g.): Materialy Vserossiyskogo seminar-soveshchaniya // IDG RAN; pod red. V.V. Adushkina, G.G. Kocharyana. – Moscow: GEOS. – 2010. – P. 8–18.
4. Rebetskiy Yu.L., Myagkov D.S. Rol' ekzogennykh geodinamicheskikh protsessov v formirovaniy napryazhennogo sostoyaniya vnutrikontinental'nykh orogenov / Tezisy dokladov VI-Mezhdunarodnoy konferentsii “Triggernye efekty v geosistemakh” (21–24 iyunya 2022 g.), Moscow, IDG RAN, 2022 g. P. 36–37.
5. Chubaov D.L., Kochnev V.A. Raschet i analiz triggernogo effekta prilivnykh sil na naibolee krupnye zemletryaseniya / Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2016. – Vol. 327. – No. 2, – P. 59–64.
6. Il'chenko V.L. Tverdy lunnyy priliv – prichina tektonicheskogo rassloeniya porod zemnoy korovo-mantiynoy obolochki i trigger bol'shinstva zemletryaseny / Tezisy dokladov VI-Mezhdunarodnoy konferentsii “Triggernye efekty v geosistemakh” (21-24 iyunya 2022 g.), Moscow, IDG RAN, 2022 g. – P. 2.
7. Bokov V.N., Gutshabash E.Sh., Potikha L.Z. Atmosfernyye protsessy kak triggernyy effekt vozniknoveniya zemletryaseny / Uchenyy zapiski No. 18, Geofizika. – 2011. – P. 173–184.
8. Gokhberg M.B., Kolosnitsyn N.I. Triggernye mekhanizmy zemletryaseny / Triggernye efekty v geosistemakh (Moscow, 22-24 iyunya 2010 g.): Materialy Vserossiyskogo seminar-soveshchaniya // IDG RAN; pod red. V.V. Adushkina, G.G. Kocharyana. – Moscow: GEOS. – 2010. – P. 52–62.
9. Khrebet Boro-Khoro. Material iz Vikipedii – svobodnoy entsiklopedii.
10. Stroeenie i tektonicheskoe razvitie. Severnaya i Vostochnaya Azii / Tektonika kontinentov i okeanov – Chast' 4. [Elektronnyy resurs, 2023]. – Rezhim dostupa: <http://tektokont.ru/category/severnaya-i-vostochnaya-aziya/page/4/>

11. Velikanov A.E. Svyaz' seysmichnosti s izbytochnymi massami geologicheskoy sredy na primere Tsentral'noy Azii / A.E. Velikanov, I.L. Aristova // Vestnik NYaTs RK. – Issue 2, 2019. P. 98–105.
12. Désirée Treichler, Andreas Kääh, Nadine Salzmänn, and Chong-Yu Xu. Recent glacier and lake changes in High Mountain Asia and their relation to precipitation changes / The Cryosphere. – 2019. –Vol. 13., P. 2977–3005. [Elektronnyy resurs, 2023]. – Rezhim dostupa: <https://tc.copernicus.org/articles/13/2977/2019/>
13. Osnovnye pogodno-klimaticheskie osobennosti, nablyudavshiesya v Severnom polusharii Zemli v 2017 g. [Elektronnyy resurs, 2023]. – Rezhim dostupa: <https://meteoinfo.ru/categ-articles/116-climate-cat/climvar/severnoe-polusharie/2017-climat-analysis/14687-osnovnye-pogodno-klimaticheskie-osobennosti-nablyudavshiesya-na-severnom-polusharii-zemli-v-2017-g#y9>
14. Sil'nye livni v Kitae vyzvali navodnenie, avgust 2017 goda. [Elektronnyy resurs, 2023]. – Rezhim dostupa: <https://geocenter.info/new/silnye-livni--v-kitae-vyzvali-navodnenie-avgust-2017-goda>
15. Rossiyskie seysmologi predskazali zemletryasenie v Sychuane. [Elektronnyy resurs, 2023]. – Rezhim dostupa: <https://ru.sputnik.kz/20170809/uchenyj-geofizik-o-zemletryasenii-v-kitae-novyh-tolchkov-ne-budet-2954931.html>
16. Kalendar' faz Luny na 2017 god po mesyatsam. Fazy luny v 2017 godu. [Elektronnyy resurs, 2023]. – Rezhim dostupa: <https://my-calend.ru/moon-phase/2017>
17. Velikanov A.E. Rol' kristallizatsii i perekristallizatsii porod v initsirovaniy deformatsionnykh protsessov v zemnoy kore / A.E. Velikanov // Triggernyye efekty v geosistemakh (Moskva, 4-7 iyunya 2019 g.): materialy V Mezhdunarodnoy konferentsii / Pod red. V.V. Adushkina, G.G. Kocharyana. IDG RAN. Moscow: TORUS PRESS. – 2019. – P. 150–159.
18. Nikonov A.A. O seysmichnosti Altayskogo regiona vo vtoroy polovine XVIII veka / A.A. Nikonov, S.Yu. Nechaev, L.D. Fleyfel' // Neobychnyye i ekstremal'nyye yavleniya XVIII veka. Sbornik nauchnykh trudov, Vol. 2. BAN Sankt-Peterburg, 2019. P. 152–188.
19. Razvitie atomnykh i energeticheskikh proektov - Tekhnicheskaya spravka o rezul'tatakh rabot TsSOSSI filiala IGI RGP NYaTs RK po teme 04.06 "Izuchenie seysmicheskikh usloviy territorii Vostochnogo Kazakhstana dlya obosnovaniya sistemy rannego preduprezhdeniya o sil'nykh zemletryaseniyyakh" za 2022 god. Rukovoditel' temy – Sokolova I.N.
20. Nurmagambetov A.N. Seysmicheskaya istoriya Almaty // Izdatel'stvo "LEM", Almaty 1999, 68 p.
21. Urazaev B.M. Seysmicheskoe rayonirovanie Kazakhstana / B.M. Urazaev, T.A. Akishev, A. Nurmagambetov, A. Dosymov i dr. // Izdatel'stvo "Nauka" Kaz. SSR, 1979, 140 z.
22. Samaya lyutaya zima v Krymu byla v 1911 godu - Crimeantatars.club - Sayt o krymskikh tatarakh. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.crimeantatars.club/history/just-fact/samaya-lyutaya-zima-v-krymu-byla-v-1911-godu#:~:text=m.ok.ru/freshabkh/topic/64956528460016>
23. Istoricheskoe proshloe Abkhazii. Snezhnaya zima 1911 goda. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.listofbest.ru/8-samyx-xolodnyx-zim-xx-veka/>
24. 8 samykh kholodnykh zim XX veka – ListOfBest. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.listofbest.ru/8-samyx-xolodnyx-zim-xx-veka/>
25. Kogda na Kubani byli samyye surovyye zimyy – AiF Krasnodar. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://kuban.aif.ru/dontknows/kogda-na-kubani-byli-samyx-surovyye-zimyy?ysclid=lac9np4paga312156519>

2017 ЖЫЛДЫҢ 8 ТАМЫЗЫНДА БОРО-ХОРО ЖОТАСЫНДА (ҚЫТАЙ) ҚАТТЫ ЦЗИНХЕ ЖЕР СІЛКІНІСІН БАСТАУДАҒЫ ТРИГГЕР ӘСЕРЛЕРІНІҢ РӨЛІ

А. Е. Великанов

ҚР ҰЯО РМК «Геофизикалық зерттеулер институты» филиалы, Курчатова, Қазақстан

* Байланыс үшін E-mail: aavelikanov@mail.ru

2017 жылғы 8 тамыздағы Цзиньхе жер сілкінісін тіркеудің параметрлері мен аспаптық деректері, сондай-ақ эпицентр аймағының геологиялық ортасы мен сеймотектоникалық жағдайы сипатталған. Биік таулы аймақтағы ауа-райының климаттық жағдайларының динамикалық өзгеруіне байланысты жер сілкінісін бастау үшін триггер әсерлері келтірілген, бұл қатты нөсер мен үлкен қардан кейін геологиялық ортаның артық массасының тез өсуіне, сондай-ақ толық ай күндерінде геологиялық ортаның артық массасы бар сейсмогендік құрылымға ай-күн толқын түзуші күштердің күшеюіне әкелді.

Түйін сөздер: жер сілкінісінің эпицентрі, сейсмикалық, геологиялық ортаның артық массасы, ауырлық күшінің ауытқуы, белсенді ақаулар, сейсмогендік құрылым, триггер әсерлері, ауа-райы-климаттық жағдайлар, ай-күн толқын түзуші күштер.

**THE ROLE OF TRIGGER EFFECTS IN THE INITIATION OF THE STRONG JINGHE
EARTHQUAKE ON AUGUST 8, 2017 ON THE BORO-HORO RIDGE (CHINA)**

A. E. Velikanov

RSE NNC RK Branch “Institute of Geophysical Research”, Kurchatov, Kazakhstan

** E-mail for contacts: aevelikanov@mail.ru*

The parameters and instrumental data of the registration of the strong Jinhe earthquake on August 8, 2017, as well as the geological environment and seismotectonic situation of the epicenter area are described. The trigger effects for the initiation of an earthquake associated with a dynamic change in weather and climatic conditions in a high-altitude area, which led to a rapid increase in the excess mass of the geological environment after heavy rains and heavy snowfalls, as well as with the increased effect of lunar-solar tidal forces on the seismogenic structure with an excess mass of the geological environment during the days of the full moon.

Keywords: *earthquake epicenter, seismicity, excess mass of the geological environment, gravity anomaly, active faults, seismogenic structure, trigger effects, weather and climatic conditions, lunar-solar tidal forces.*