

УДК 550.34

С.А. Кусаинов*, Е.А. Есентаев

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

*E-mail: kussainov_seit@mail.ru

Связь активных сейсмогенных зон с тектоническими разломами и их выражения в рельефе на территории Алматинской области

В статье раскрываются факторы возникновения разломов и раскрыта связь активных сейсмогенных зон с тектоническими разломами и их выражения в рельефе на территории Алматинской области.

Ключевые слова: тектонические разломы, сейсмогенные зоны, рельеф, геоморфология.

С.А. Кусаинов, Е.А. Есентаев

Алматы облысының аймағындағы жер бедеріндегі сейсмологиялық белсенді зоналардың тектоникалық жарылыстарымен байланысы

Бұл мақалада жарлыстардың пайда болатын әсер етуші факторлары және Алматы облысының аймағындағы жер бедеріндегі сейсмологиялық белсенді зоналардың тектоникалық жарылыстарымен байланысы мәселелері ашылған.

Түйін сөздер: тектоникалық жарлыстар, сейсмогенды зоналар, жер бедері, геоморфология.

S.A. Kussainov, Y.A. Yessentayev

Connection active seismogenic zones with tectonic faults and their expressions in the relief in Almaty region

The article describes the factors of occurrence of faults and disclosed communication active seismogenic zones of tectonic fractures and their expression in relief in Almaty region.

Keywords: tectonic faults seismogenic zone, topography, geomorphology

Алматинская область является одним из наиболее опасных в сейсмическом отношении регионов на территории СНГ. Сейсмический режим его определяется главным образом активностью земной коры Северного Тянь-Шаня, где за последние 100-130 лет произошло несколько сильнейших катастроф. Для региона характерно чередование периодов, их повторения составляют 80-120 лет. Поскольку с 1911 г., когда возникло последнее сильнейшее землетрясение, прошло более ста лет.

Землетрясения в зоне активных разломов проявляются вследствие геодинамических процессов с множеством механизмов различной природы. Развития этих процессов выражены в последовательности проявлений землетрясений [1].

Особенности геодинамики земной коры Алматинской области. Основными зонами разломов, определяющими современный облик земной поверхности Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньской орогенной области являются Чилик-Кеминская, Алматинская, Алтынемельская, Южно-Джунгарская, Главная Джунгарская и Таукумская. Они имеют сложное строение и проникают в верхнюю мантию [2].

Подновленные голоценные разломы наблюдаются в виде прерывистых трещин шириной 5-7 м и тектонических уступов 70-100 м. Преобладающими в настоящее время в Средней Азии и Казахстана были вертикальные движения. Скорости движения земной поверхности в разных частях были различными, они

колебались 0,05-0,10 до 6,5-7,5 мм в год [3]. В результате сформировались обширные поднятия и впадины, которые являются основными морфоструктурными элементами, линейно вытянутые на десятки и сотни километров.

В строении земной коры для всех орогенов альпийского возраста является повышенная мощность, она колеблется от 50-55 км (Кавказ, Копетдаг) до 65-70 км (Карпаты, Тянь-Шань, Памир). Следует подчеркнуть, что землетрясения возникают в пределах литосферы, мощность земной коры не превышает 40-45 км. Мощность земной коры Алматинского сейсмоактивного района оценивается в 40-60 км с увеличением ее с севера на юг и с запада на восток, и отмечено семь зон разломов секущих всю земную кору: Таукумская, Сарыкум-ская, Центральнo-Казахстанская, Южно-Джунгарская, Алтынемельская, Центральнo-Казахстанская, Южно-Джунгарская, Алтынемельская, Джалир-Найман-ская и Северо-Тянь-Шанская. Все они, кроме Таукумской и Центральнo-Казахстанской, прослеживаются по зонам дробления и расщепления горных пород, зачастую совпадают с уступами и бороздами в современном рельефе.

Зоны глубинных разломов характеризуются следующим образом:

1) в геологически открытых районах, разломы прослеживаются на дневной поверхности;

2) зоны разломов имеют сложное строение и секут всю земную кору; 3) заложены разломы были в каледонскую и байкальскую эпохи техногенеза, т.е. являются дневниками, большинство из них имеет признаки обновления в альпийское время; 4) по виду движения большинство разломов, сбросы с амплитудами до 5 км, реже сдвиги и надвиги, углы падения разломов крутые, порядка 70-90°; 5) направление большинства зон разломов (кроме Центральнo-Казахстанской) согласуется с простиранием основных структур. Можно выделить восемь районов рассматриваемой территории по мощности земной коры, которые ограничиваются зонами разломов. Таким образом, в земной коре региона намечается блоковое строение, которое соответствует взглядам исследователей Т.А. Акишева, Г.Р. Бекжанова, А.А. Борисова, Б.М. Уразаева и других. Наиболее крупные структурные единицы называются геоблоками. В Алматинский сейсмоактивный район попадают части восьми геоблоков.

Земная кора имеет наименьшую среднюю мощность (46 км) в Балхашском геоблоке. Резкое увеличение мощности земной коры в среднем до 55 км наблюдается в Тянь-Шанском геоблоке. Средняя мощность гранитного слоя на 5 км и базальтового слоя на 4 км возрастает от Балхашского к Тянь-Шанскому геоблоку. Соответственно этому, мощность земной коры увеличивается на 9 км. Сопоставляя эти данные, можно сказать что полная компенсация независимого рельефа Тянь-Шаня утолщением земной коры ещё не достигнута. Это и понятно, если учесть молодой возраст горных сооружений и продолжающийся их рост в настоящее время. Вероятно, сейчас постоянно увеличивается мощность земной коры в Тянь-Шанском геоблоке [4].

В верхней части коры Тянь-Шанского сейсмогена, в которую входит горная часть Алматинской области, преобладают сжимающие условия (механизм сводообразования), выталкивания вверх блоков), создаваемые ими напряжения в совокупности с внешними силами, изменяя межпластовое, межпрослойное и межблоковое расстояние способствуют проявлению разрывов и трещин (сброс, сбросо-сдвиг, надвиг). Процессы разрушения, раскола максимально концентрируются вдоль ослабленных зон, в пределах зон разломов и разрывных разрушений. Землетрясения этого типа могут зародиться главным образом в верхней части земной коры, где породы наиболее хрупкие.

При обладании в земной коре деформации сжатия основной причиной землетрясения могут быть подвижки блоков (выбросы, сдвиги и т.д.) или других структурных единиц по разломам, межблоковым и другим плоскостям. Этого типа землетрясения могут возникать на любой глубине земной коры [5].

При тех высоких температурах, которые наблюдаются у основания земной коры Тянь-Шанского сейсмогена, неизбежно преобразование вещественного состава пород. Относительно быстрее такие процессы могут происходить в зонах разломов, где породы имеют низкую теплопроводность. Низкая теплопроводность должна способствовать накоплению тепла в этих зонах, что вызывает частичное плавление. Плавление снижает прочность сцепления пород. Создававшаяся обстановка может завершиться оседанием, опусканием вниз геологического тела (блока и т.д.).

Таким образом, геодинамические особенности земной коры района Алматинской агломерации отличаются большой опасностью. Здесь развито восемь геоблоков, с каждым из них связано развитие природно-антропогенных ландшафтов.

Краткое описание выделенных сейсмогенных зон приведена (по Курскееву).

Кунгей-Заилийская сейсмогенная мегазона охватывает Северо-Тянь-Шаньский и Чиликский мегаблоки. Земная кора здесь интенсивно раздроблена тектоническими нарушениями, из которых наиболее активными и крупными являются Кемин-Ушконурский, Чилик-Кеминский, Байсорун-Чиликский, Северо-Кунгейский разломы. Наивысшей формой проявления тектонической активности разломов являются землетрясения, самые крупные из которых могут служить своеобразным “эталоном” максимально возможной интенсивности толков. К ним относятся: Чиликское 1889, Кеминское 1911, Жаланаш-Тюпское 1978.

В западной части Чилик-Кеминского разлома произошло самое сильное из известных в районе – Кеминское землетрясение с $M=8$, $J_0=10-11$ баллов. Нарушение земной поверхности здесь было грандиозное. Очаговая зона была вытянута с запада на восток. Область максимальных сотрясений простиралась вдоль долины Чон-Кемин и верхнего течения реки Чилик, охватывая южные склоны хребта Заилийского Алатау и северные Кунгей Алатау. Крупнейшие нарушения поверхности охватили территорию длиной более 250 км и шириной в десятки километров. Величина вертикальных смещений, образовавшихся трещин на берегах Иссык-Куля доходило до 12 метров. Учитывая, что западная часть имеет однородную геологическую характеристику, следует ожидать, что такие землетрясения возможны с $M>7$.

Алма-Атинская сейсмогенная зона связана с двумя сближенными крупными разломами на северном склоне хребта Иле Алатау – Алма-Атинским, отделяющим предгорную равнину от хребта и Кемин-Ушконурским, ограничивающим предгорную ступень (прилавки) с юга. В центральной части зоны в 10-15 км на Юго-Западе от г. Алматы в 1887 г. произошло сильное Верненское землетрясение с $M=7,5$ интенсивностью 9-10 баллов. Область максимальных разрушений была вытянута вдоль гор и

имела длину 35 км и около 5 км в ширину. В этой области наблюдались обрушение скал, обломочный материал которых засыпал несколько аулов, запрудил реки, развалил долины. Образовались многочисленные обвалы, трещины. Оползни обвалы, срывы скал были наиболее сильными между реками Бельбулак и Каскелен, где обрушившийся материал засыпал долины слоем до 60 км на протяжении 8-10 км. Названная зона прослеживается вдоль подножия хребта и на всем ее протяжении возможно возникновение землетрясений, подобных Верненскому.

Кендыктасская сейсмогенная зона ограничивает с северо-востока одноименный блок, который характеризуется неоднородностью глубинного строения. В юго-восточной его части отмечена область пониженной мощности земной коры, простирающаяся поперек современного направления горного хребта. Эпицентры сильных землетрясений с $M=4-6$ приурочены к юго-восточной части блока, наиболее сильные из них ($M>7$) происходили в зоне пересечения Кендыктасского и Алматинского разломов. Это значение максимальной магнитуды распространяется на отрезок Кендыктасской зоны от Алматинского разлома. Следует отметить, что между этими разломами современному приподнятому Кендыктасскому блоку соответствует поперечно простирающийся участок аномально пониженной (до 40 км) мощности земной коры. Данный структурный узел сходен с упомянутым в Байсорун-Чиликской зоне. Поэтому возникновение в нем землетрясений с $M=7,5$ вполне вероятно.

Кетменские сейсмогенные зоны (Северо-Центрально и Южно-Кетменская) связаны с разломами, пересекающими одноименный мегаблок земной коры 50-55 км и отделяется от Чиликского переходной зоной. Чередование в зоне дифференциальных движений с зонами поднятий создает ту неоднородность современной морфоструктуры, которая отражает активность тектонических процессов новейшего этапа. Северо-Центрально и Южно-Кетменского разломов составляют от 500 до 1000 м. Данные о мощности земной коры, протяженности разломов, глубине гипоцентров, зафиксированных ранее землетрясений позволили предположить, что в рассматриваемых зонах магнитуды землетрясений могут достигнуть < 7 . Сейсмическая

активность Кетменского блока значительно ниже, чем Кунгей-Заилийского. С 1951 г. здесь отмечены землетрясения не более чем 11-го энергетического класса ($M=3,7-4,2$), на территории КНР происходили землетрясения с $M=4-5$. Однако эти данные не полностью отражают потенциальные возможности возникновения сильных землетрясений. Крупные разломы (Северо-Центральной Южно-Кетменский) сопровождаются сейсмогравитационными дислокациями, свидетельствующими о землетрясениях силой до 9 баллов и $M=7,5$. Наиболее активными считаются юго-западные флаги разломов, примыкающие к поперечной Чиликской зоне, выраженной на земной поверхности шарнирным сочленением Кетменского и Кунгей-Заилийского мегаблоков.

Басулытауская сейсмогенная зона приурочена к одноименной системе разломов, которые служат юго-восточной границей Кетменского мегаблока и на юго-западном продолжении сочленяются с Иссыккульской зоной разломов. Вдоль северного и южного крыльев Басулытауского поднятия к нему прилегают зоны дифференцированных движений. Суммарное смещение блоков по Басулытауской системе разломов увеличивается на юго-запад от 700 до 1300 метров. К юго-западному ее флангу приурочены землетрясения 14-го энергетического класса ($M=5,4-5,8$). С учетом этих данных протяженности зоны разломов, неглубокого положения очагов землетрясений, а также указаний на наличие сейсмогравитационных дислокаций сделано заключение, что в Басулытауской зоне возможно возникновение землетрясений с $M=7$.

Алтынемельская сейсмогенная зона названа по соответствующей зоне разломов, пересекающих Южно-Джунгарский блок. Далее на юго-западе по этому разлому происходит сочленение Каройского приподнятого блока с Алма-Атинским опущением. Мощность земной коры в пределах Южно-Джунгарского блока составляет 50-55 километров. Важно отметить наличие сейсмогенного узла, представленного пересечением описываемой зоны с осью пересеченного смещения морфоструктур, проходящей от юго-западного гор Кату на северо-запад и совпадающей с зоной переходной мощности (45-50 км) земной коры вдоль юго-западного края Южно-Джунгарского блока. Вертикальное смещение фундамента

до Алтынемельской зоны разломов составляет 1500 м на восточном фланге, а на юго-запад увеличивается до 2000 м (вдоль хребта Алтынемель). Еще западнее амплитуда смещения уменьшается и под рыхлыми отложениями Алма-Атинской впадины оценивается не более, чем 800 м. Вдоль кунороленьского отрезка зоны возникли землетрясения. Принимали во внимание пересечение этой зоны с поперечной глубиной подвижной зоны в земной коре и большую протяженность разлома в сочленении с неглубоким положением гипоцентров, происходивших ранее землетрясений, сделано заключение о том, что максимальная магнитуда их может достигать 7.

Таукумская сейсмогенная зона связана с разломом так называемой Куртинской переходной зоны. Мощность земной коры в этой зоне изменяется от 40 до 45 км с северо-запада на юго-восток. Амплитуда смещения фундамента по разлому составляет, по данным бурения и геофизическим исследованиям, около 500 метров. Имеется ряд геоморфологических признаков проявления новейших тектонических движений в этом районе. Главным сейсмическим событием, связанным с данным разломом, было Баканасское землетрясение 25.09.1979 с $M=6$, эпицентр которого приурочен к северо-восточному флангу.

Кокшильская сейсмогенная зона связана с разломом, ограничивающим Южно-Прибалхашскую впадину с юго-востока и входящим в Куртинскую зону разломов. По данным геофизических исследований, амплитуда смещения поверхности палеозойского фундамента вдоль Кокшильского разлома – 2000 метров. В зоне этого разлома можно ожидать землетрясения с $M=6$.

Катбарская сейсмогенная зона. Амплитуда вертикального смещения блока небольшая, но имеющая сведения о сейсмических дислокациях позволяют отнести их к числу сейсмогенных. Здесь возможно возникновение мелкофокусных землетрясений с $M=6$ (учитывая Баканасский феномен).

Таким образом, выделение и охарактеризованные сейсмогенные зоны могут служить основой долгосрочного прогнозирования места и интенсивности и ожидаемых сильных землетрясений. Среди них наиболее активны поперечные к северо-т Тяньшаньским структурам (типа Чилик-

ский). Сведения о степени современной активизации и возможности отрезке времени, в течение которого могут происходить сильные землетрясения дают геофизические и сейсмические методы.

Современные движения земной поверхности. Результаты наблюдений за деформацией пород, слагающих самую верхнюю часть земной коры Заилийского антиклинория (в зоне Заилийского глубинного разлома) и Каройского поднятия, показывают, что земная кора Северо-Тянь-Шаньского мегаблока и прилегающих районов находится на стадии подъема. Расширение коры наиболее интенсивно протекает в Кунгей-Заилийской сейсмогенной мегазоне. Она сопровождается одновременно наклоном земной поверхности в северо-восточном направлении [6].

Воздымание земной поверхности хребта Заилийского Алатау, которое наблюдается с 1971 года происходит со скоростью 3-5 мм/год. На этом фоне обособляются отдельные блоки, где скорость вертикальных движений достигает 8-10 мм/год. Такой блок расположен в зоне поперечного линеамента, по которому Северо-Тянь-Шаньский мегаблок сочленяется с Кетменским мегаблоком [16].

Фон направленного вертикального движения земной поверхности хребта Заилийского Алатау нарушается аномальными подвижками реперов, реагирующих в ряде благоприятных случаев на сейсмическую обстановку. Разрядка напряжений в виде землетрясения предшествует градиент вертикальных перемещений реперов равный $(1,5-3) \cdot 10^{-5}$ формирование таких аномалий продолжается в течение 30-50 суток.

В целом сравнения, наметившейся тенденции с картинами современных движений, полученные на прогностических полигонах СНГ показывают, что земная кора в районе города Алматы пребывает в аномальном напряженном состоянии. При этом геофизические материалы указывают на преобладающее воздымание земной поверхности этой территории.

Анализ материалов непрерывных сейсмических наблюдений позволяет сделать следующие выводы в отношении современного состояния сейсмичности.

1. В настоящее время продолжается период относительной активизации в Северном Тянь-Шане. Он начался с 1970 года на территории

хребтов Иле и Кунгей Алатау с 1975 года. В течение этого периода произошли землетрясения с $M > 5$ (Турайгырское 1975, Жаланаш-Тюпское 1978, Алма-Атинское 1982, Панфиловское 1984 г). Вывод о продолжении фазы активизации с 1975 года происходит медленное нарастание относительного количества землетрясений взбросовых типов подвижек, которое косвенно характеризует возрастание напряжения сжатия в целом для всего района.

2. Изучение пространственно временных закономерностей в проявлении землетрясений умеренной силы ($M > 9$) позволили выделить в пределах Кунгей-Заилийской мегазоны ряд участков “сейсмического затишья”: Чиликский, Тургенский, Кастекский.

3. Начиная со второй половины 1981 года произошли изменения в характеристике сейсмотектонической деформации района, выявлении по структуре пояса механизмов очагов. Произошла четкая дифференциация зон с различным типом подвижек в очагах, т.е. они стали более контрастно различаться по характеру напряженно-деформационного состояния. На границах зон с различным типом деформации можно ожидать возникновения сильного землетрясения.

4. В изменениях отношения скоростей продольных и поперечных волн выявлены длиннопериодные вариации, на которые могут накладываться эффекты, связанные с подготовкой сильных землетрясений. В настоящее время только для одного участка Жаланаш-Тюпской зоны – значения V_p/V_s установились равными тем, которые были характерны спокойному в сейсмическом отношении переходу. Это произошло после произошедшего землетрясения с $M=7$ в 1978 году. В других сейсмоактивных зонах возможны сильные землетрясения.

Алматинская область расположена в одном из сейсмоопасных районов страны, где за последние сто лет произошло много сильнейших и катастрофических землетрясений, причинивших большой материальный ущерб г. Алматы и другим населенным пунктам.

Грозная подземная стихия и сегодня напоминает жителям этих районов о продолжающихся процессах современного горообразования. Но, изучая характер изменения сейсмического режима района не только дает характеристику

сейсмической активности, но и позволяет наметить пути поисков предвестников землетрясения, что позволит свести к минимуму число жертв при землетрясении. При разработке районной планировки необходимо учитывать сейсмичность района.

Алматы расположен у подножия Иле Алатау, остается ядром республиканской промышленности.

Чтобы как то противостоять землетрясениям инженеры разрабатывают сейсмостойкие конструкции, селезащитные плотины. Территория столицы все больше расширяется и конечно, хотелось бы чтобы дома были надежными, могли противостоять подземным бурям, хочется верить, что в ближайшее время мы будем заранее знать о приближающемся землетрясении, что приведет к наименьшему ущербу.

Литература

- 1 Джанузакوف К.Д., Омиралиев М., Омиралиева А. Сильные землетрясения Тянь-Шаня в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии. – Бишкек: Илим, 2003. – 216 с.
- 2 Гохберг М.Б., Гуфельд И.Л., Добровольский И.П. Процессы подготовки, признаки и предвестники корковых землетрясений. – М., 1983. – 138-141 с.
- 3 Акишев Т.А., Ерхов В.А., Розенблат М.М. Геофизические поля и глубинное строение Алма-Атинского сейсмоактивного региона. – Алма-Ата, 1988. – 120 с.
- 4 Курскеев А.К. Физическая основа и генетические типы землетрясений в земной коре Тянь-Шаньского сегмента. – Алма-Ата, 1988. – 115 с.
- 5 Литенецкий П.Б. Предвестники подземных бурь. – М., 1988. – 114 с.
- 6 Гир Ж., Шах Х. Зыбкая твердь. – М., 1988. – 210 с.

Reference

- 1 Januzakov K.D., Omiraliyev M., Omiraliyeva A. Strong earthquakes in the Tien Shan mountains in Kyrgyzstan within and surrounding areas of Central Asia. – Bishkek: Ilim, 2003. – 216 p.
- 2 Hochberg M.B., Gufeld I.L., Dobrovol'skii I.P. Preparation processes, features, and cortical precursors of earthquakes. – M., 1983. – 138-141 p.
- 3 Akishev T.A., Erkhov V.A., Rosenblatt M. Geophysical fields and the deep structure of the Alma-Ata seismically active region. – Alma-Ata, 1988. – 120 p.
- 4 Kurskeev A.K. The physical basis and genetic types of earthquakes in the crust of the Tien Shan segment. – Alma-Ata, 1988. – 115 p.
- 5 Litenetsky P.B. Harbingers of underground storm. – M., 1988. – 114 p.
- 6 Gere J., Shah X. Shaky firmament. – M., 1988. – 210 p.