

УДК 550.34:551.243

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

¹⁾ Усманова М.Т., ²⁾ Саттарова А.М.

¹⁾ *Институт сейсмологии Академии наук РУз., Ташкент, Узбекистан*

²⁾ *Лицей Института ирригации, Ташкент, Узбекистан*

Рассмотрено пространственно-временное распределение сейсмической активности в Западном Тянь-Шане. Выделены по 2 группы сильных землетрясений, произошедших в Западном Узбекистане и в Центральном Узбекистане. Выявлена закономерность перераспределения накопленной тектонической энергии в виде сейсмичности поочередно по регионам. Показано, что землетрясения по глубинам гипоцентров распределены в определенных сейсмогенных слоях вне зависимости от их магнитудного уровня. Обнаружены отклонения от закономерности группирования сильных землетрясений в сейсмическом режиме региона. Тройным сильнейшим Газлийским землетрясениям 1976 г. и 1984 г. с $M=7,0-7,3$ вероятно предшествовали триггеры – природные и техногенные. К природным триггерам отнесены активные процессы трещинообразования (крупные трещины до 100 км в длину) на севере в районе п. Тамдыбулак и отсутствие более 40 лет ощутимых землетрясений в эпицентральной области Газли. К техногенным триггерам отнесены постоянная 40-летняя откачка газа на месторождениях Газли и 2 ядерных взрыва, произведенных вблизи эпицентра Газлийских землетрясений 1976 г. и 1984 г., имевших тектоническую природу.

Западный и Центральный Узбекистан, в том числе пустыня Центральные Кызылкумы, являются одним из опасных сейсмоактивных регионов Узбекистана, где происходили в далеком прошлом Бухарские (942, 1390, 1821, 1822 гг., с $M \sim 7,0$) и уже в наши дни – известные Газлийские (1976, 1984 гг. с $M \geq 7,3$, $I=9-10$ балльные) катастрофические землетрясения [1]. Район исследования расположен в пределах Туранской платформы, где сейсмическая активность контролируется системой глубинных тектонических разломов Западного Тянь-Шаня [2–6]. На рисунке 1 показано распределение землетрясений с $M \geq 3,5$, произошедших на территории Центральной Азии в период с 2000 г. до н.э. по 2009 г. н.э.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО УЗБЕКИСТАНА

Основные закономерности сейсмической активизации

Анализ каталога сильных землетрясений [7–9] района исследований – Западного и Центрального Узбекистана, – показал, что сильные землетрясения с магнитудой $M \geq 5,0$ распределены неравномерно и эпицентры этих сильных землетрясений имеют признаки группирования в пространстве и во времени. Изучение этого распределения сейсмической активности на основе каталогов [7–9] и оценок методом Байеса [10], позволило выделить 4 группы (I–IV) сильных землетрясений в Западном Узбекистане (регион А) и на востоке Центрального Узбекистана (регион Б) – таблица 1.

В соответствии с [10] были вычислены вероятности затиший/активизации за период 900–2017 гг. в 2-х соседних регионах: запад – восток. Расчеты не проводились только по данным I-ой группы за 900–1400 гг. так как за этот период не сохранились пол-

ные сведения об исторических сильных землетрясениях.

Полученные оценки вероятности затиший/активизации следует считать достаточно приближенными, что связано со следующими причинами:

- возможный пропуск сильных землетрясений из-за эрозионных/эоловых/денудационных эффектов, характерных для пустынь и степей Западного Узбекистана, а также климатических аномалий, стёрших следы прошедших палеоисторических сейсмических толчков;

- неоднородный состав толчков, осложняющий интерпретацию – в каждой из групп отмечался различный «главный» сильный толчок с различными значениями магнитуды (от $M=5,0$ до $M=7,0$), с разными периодами повторяемости.

Согласно закону повторяемости землетрясений Гутенберга-Рихтера, периоды повторяемости землетрясений с разными магнитуд определяются логарифмическими значениями длительности сейсмических циклов. Для Западного Тянь-Шаня на этой основе получены следующие оценки периодов повторяемости землетрясений ($T_{\text{сейс.цикл}}$) [11–12]:

- с $M \geq 8,0$ – $T_{\text{сейс.цикл}} = 1000 \pm 283$ года;
- с $M \geq 7,0 \leq 7,5$ – $T_{\text{сейс.цикл}} = 154,0 \pm 51,3$ года;
- с $M \geq 5,5 \leq 6,1$ – $T_{\text{сейс.цикл}} = 49,0 \pm 15,6$ года;
- с $M \geq 5,0$ – $T_{\text{сейс.цикл}} = 12,3 \pm 2,7$ года.

Следует отметить, что по мере приближения ко времени постоянного функционирования сетей сейсмических станций в регионе оценки вероятности улучшались.

Сравнение сейсмической активности регионов А и Б (таблица 1) выявляет закономерность поочередного перераспределения накопленной тектонической энергии между этими регионами (некий «маятник», работающий по принципу «домино»), которая созда-

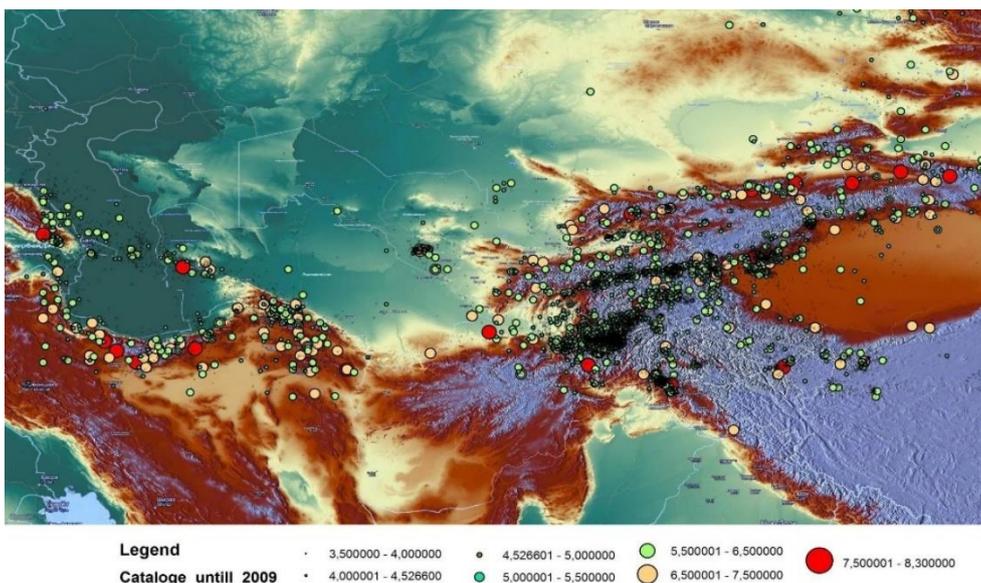


Рисунок 1. Эпицентры землетрясений с $M \geq 3,5$, произошедших на территории Центральной Азии в период с 2000 г. до н.э. по 2009 г. н.э. [Усманова М.Т., Шукуров З.Ф., 2016]

Таблица 1. Распределение групп сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ во времени и по территории Западного и Центрального Узбекистана за период 900–2017 гг.

| № п/п | Номер группы | Период сейсмической активизации | Регион А – ЗАПАД | Регион Б – ВОСТОК |
|-------|--------------|---------------------------------|---|--|
| 1 | I | 900–1400 гг. | Бухарские сильные землетрясения 942 г., 1390 г. с $M \approx 7,0$. | Сейсмическое затишье, сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ нет. |
| 2 | | 1400–1818 гг. (1800–1818 гг.) | Сейсмическое затишье, сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ нет. | В Самарканде сильные землетрясения 1490, 1799, 1817, 1818 гг. с $M=5,0-6,1$. |
| 3 | II | 1821–1892 гг. | Бухарские, Кызылкумские землетрясения 1821, 1822, 1892 гг. с $M=6,4-7,0$. | Сейсмическое затишье, сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ нет. |
| 4 | | 1897–1923 гг. | Сейсмическое затишье, сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ нет. | Уратюбинские землетрясения 1897, 1897, 1902 гг., Матчинское землетрясение 1923 г. с $M=5,7-6,7$. |
| 5 | III | 1928–1934 гг. | Землетрясения 3 янв. 1928 г., 11 июля 1928 г.; землетрясение 1929 г., Тамдыбулакское землетрясение 1932 г., землетрясение 1934 г. с $M=5,2-6,2$. | Сейсмическое затишье, сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ нет. |
| 6 | | 1940–1966 гг. | Сейсмическое затишье, сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ нет. | Землетрясение 1940 г., Бахмалское-1 1955 г., Коштепинское 1965 г., Ташкентское 1966 г. с $M=5,2-5,5$. |
| 7. | IV | 1968–1984 гг. | Кызылкумские землетрясения 1968 г. 13–14 марта, сильнейшие Газлийские землетрясения: 8 апр. 1976 г.; 17 мая 1976 г.; 19 марта 1984 г. с $M=5,1-7,3$. | Сейсмическое затишье, сильные землетрясения с $M \geq 5,0$ нет. |
| 8 | | 2013–2017 гг. | Сейсмическое затишье, сильных землетрясений с $M \geq 5,0$ нет. | Маржанбулакское землетрясение 2013 г., Китабское 2016 г., Бахмальское-2, 2017 г. с $M=5,1-6,2$. |

ет группу сильных землетрясений вокруг одного сильного землетрясения с $M=6,0-7,3$. Сейсмическая активизация через определенные промежутки времени мигрирует с запада на восток центральной части Узбекистана и обратно на запад и т.д. В период сейсмической активизации Западного Узбекистана на востоке Центрального Узбекистана наблюдается сейсмическое затишье, затем сейсмическая активность мигрирует на восток, а на западе наступает сейсмическое затишье. При этом энергетический порог – магнитуда сильных землетрясений, – в Западном Узбекистане на 1 единицу магнитуды выше, чем на востоке Центрального Узбекистана. Оценка «чел-

ночной» миграции сейсмичности со скоростью 18–22 км/год на территории Восточного Узбекистана была отмечена в [13, 14].

Связь сейсмической активизации Западного и Центрального Узбекистана с крупно-региональными и планетарными сейсотектоническими структурами

Представляется важным рассмотреть вопрос о том, как выявленная «челночная» миграция сейсмической активизации Центрального и Западного Узбекистана соотносится с крупно-региональными и планетарными сейсотектоническими структурами.

В [15, 16] рассмотрена сейсмическая ситуация региона Центральной Азии с учетом повторяемости циклов сейсмической активизации в Азиатской части Средиземноморско-Азиатского сейсмического пояса (рисунок 2). В этих работах отмечается, что Центрально-Азиатский регион с 2007 г. вступил в сейсмически активную фазу, которая, возможно, продлится до 2023 г., и в это время вероятность происхождения сильных землетрясений в данном регионе сохраняется достаточно высокой.

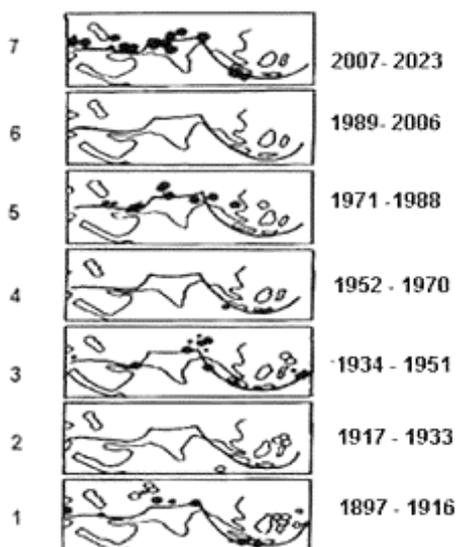


Рисунок 2. Особенности проявления сейсмичности в Азиатской части Средиземноморско-Азиатского сейсмического пояса (до 1970 г. по [К. Моги, 1974]; с 1971 г. по [К.Н. Абдуллабеков, М.Т. Усманова, 2003, 2008, 2016])

Сильные землетрясения, произошедшие на территории Средиземноморско-Азиатского сейсмического пояса в период сейсмически активной фазы с длительностью циклов $T_{\text{дл.цикл}} \sim 17$ лет, начались в 2008 г. с землетрясения в Эгейском море (Греция) с $M=7,3$. Затем, 24 августа 2016 г. в Аккумоли (Италия) – с $M=6,2$, в 2017 г. на островах Греции с $M=6,5$ произошла значимая сейсмическая активизация в сейсмическом поясе (рисунок 2).

Очередная сейсмическая активизация 2007–2023 гг., которую испытывает в настоящее время ре-

гион Центральной Азии, ярко отразилась на территории Узбекистана через ряд сильных землетрясений в период 2011–2017 гг. и через общее повышение сейсмического фона. На территории Западного Тянь-Шаня, где расположен Узбекистан, в этот период времени произошли такие сильные землетрясения, как: Канское 20.07.2011 ($h=18$ км, $M=6,3$, $I=8$ баллов); Туюбугузское 25.05.2013 ($h=15$ км, $M=5,6$, $I=7$ баллов); *Маржанбулакское 2013 ($M=6,2$); *Китабское 2016 ($M=5,1$), *Бахмалское ($M=5,1$) [17–19] (* – см. таблицу 1).

Проведено сравнение периодов активизации сейсмичности в регионе (таблица 1) относительно Азиатской части Средиземноморско-Азиатского сейсмического пояса (рисунок 2). Как показано в таблице 2, обнаруживается синхронность периодов сейсмической активизации регионального (Западный Тянь-Шань) и крупнорегионального масштаба (Азиатская часть сейсмического пояса). Отклонения от синхронности в виде запаздывания периода сейсмической активизации 1952–1970 (4)*/1940–1966 гг., – можно объяснить низким магнитудным уровнем $M \sim 5,3$ основного толчка группы, т.е. тем, что эти землетрясения, были рядовыми относительно событий планетарного масштаба.

Отклонения от выявленных закономерностей сейсмической активизации исследуемой территории

При систематизации данных Каталога землетрясений Узбекистана, позволившей выделить описанные выше 4 группы сильных землетрясений, выявлен ряд таких сильных землетрясений с $M \geq 5,0$, которые не вписывались в установленные закономерности сейсмического режима исследуемой территории. В связи с этим проанализированы возможные причины (техногенные и природные).

Благодаря каталогу ядерных взрывов, созданному в Казахстанском национальном центре данных, выявлены и установлены даты 2-х испытательных ядерных взрывов, проведенных на территории Узбекистана: 30 сентября 1966 г. с $M=5,1$ (№ 273) и 21 мая 1968 г. с $M=5,1$ (№ 142). Сейсмические события, показавшие отклонения от сейсмического режима региона, оказались связанными именно с этими ядерными взрывами.

Таблица 2. Сравнительная характеристика периодов сейсмической активизации на Западном Тянь-Шане и Азиатской части сейсмического пояса

| № п/п | Периоды сейсмической активизации в Азиатской части сейсмического пояса (по рисунку 1) | Периоды сейсмической активизации в Западном Тянь-Шане (по таблице 1) | Примечание |
|-------|---|--|---|
| 1 | 1897–1916 (1)* | 1897–1923 гг. | |
| 2 | 1917–1933 (2)* | 1928–1934 гг. | Периоды сейсмической активизации несколько запаздывают. |
| 3 | 1952–1970 (4)* | 1940–1966 гг. | Периоды сейсмической активизации несколько запаздывают. |
| 4 | 1971–1988 (5)* | 1968–1984 гг. | |
| 5 | 2007–2023 (7)* | 2013–2017 гг. | |

Примечание: * – номера этапов сейсмических циклов

Нельзя исключать возможную связь между активностью сильных землетрясений и ядерными взрывами через воздействие ядерных взрывов на геодинамический режим региона, так же, как и через воздействие других техногенных и природных событий. В этой связи следует рассматривать и последние сильные землетрясения в регионе с магнитудой до $M=7,3$, которыми были 3 Газлийских землетрясения 1976 г. и 1984 г., имевшие тектоническую природу.

Северная часть Западного Узбекистана в 50-е годы прошлого столетия считалась слабосейсмичной, и произошедшие Газлийские землетрясения были неким сюрпризом [20]. Однако, ретроспективный анализ геолого-геофизических, сейсмологических данных района позволил предположить, что геодинамические процессы и техногенные события, произошедшие за последние 100 лет в Газлийском регионе, могли создать предпосылки для Газлийских землетрясений. Среди таких предпосылок наиболее значительными являются:

- очередная активизация в 1965 г. процессов трещинообразования – появление, гигантских трещин в районе поселка Тамдыбулак длиной до 100 км шириной до 1 м., глубиной 1–2 м
- отсутствие более 40 лет ощутимых землетрясений в эпицентральной области Газлийских землетрясений;
- появление в течение 2–3 лет линейно выстроенных грязевых вулканчиков в эпицентральной области;
- активная 40-летняя постоянная откачка газа в группе Газлийских месторождений;
- подземные ядерные взрывы.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО УЗБЕКИСТАНА ПО ГЛУБИНЕ

Распределение землетрясений по глубине является еще одной важной характеристикой сейсмичности Западного и Центрального Узбекистан. Общий характер распределения по глубине гипоцентров землетрясений с $M \geq 3,5$ отдельно для территории Западного и Центрального Узбекистана приведен в [21]. Следует отметить, что до 2000 г. погрешность определения глубины землетрясений в Западном Тянь-Шане составляла $\Delta h = \pm 5$ км, а с 2000 г. в отдельных частях региона – $\Delta h = \pm 2-3$ км. Распределение гипоцентров землетрясений по глубинам исследовалось по следующей схеме: земная кора изучаемого региона была разделена на полосы с шагом 1° градус по широте и долготе, отдельно анализировались землетрясения сильные и умеренные ($M \geq 3,5$) и слабые ($M \leq 3,5$). Однако анализ графиков глубин гипоцентров землетрясений показал, что распределение землетрясений в сейсмогенных слоях не зависит от их магнитудного уровня. При построениях графиков глубин использован ресурс EXCEL. Ниже рассмотрено распределение землетрясений по глубинам отдельно по Западному и Центральному Узбекистану.

Западный Узбекистан

Регион по долготы λ с 59° до 65° в.д. разделен на 6 полос с шагом 1° градус, а по широте ϕ с $38,80^\circ$ до 43° с.ш. – на 5 полос с тем же шагом.

Долготные разрезы. 6 долготных полос характеризуются следующим количеством землетрясений: 4 – на полосе I; 3 – на полосе II; 8 – на полосе III; 12 – на полосе IV; 298 – на полосе V; 2 – на полосе VI. Анализировались статистически наиболее представительные графики глубин землетрясений IV и V полос.

На долготы λ $62^\circ-63^\circ$ в.д. (IV полоса) установлено 1 глубокофокусное землетрясение с глубиной $h=60$ км: 1984 г. / 03/20/10-44-7,70/ $\phi=40^\circ,27$, $\lambda=63^\circ,00$ (рисунок 3). Следует отметить, что ни в локальном, ни в региональном каталогах землетрясений Узбекистана за 1984 г. подобные глубокие землетрясения не приводятся как не зарегистрированные сейсмическими станциями Института сейсмологии АН РУз.

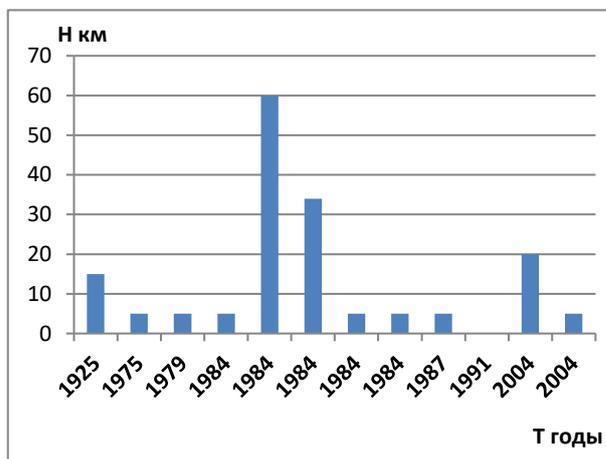


Рисунок 3. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Западном Узбекистане. Долгота $\lambda=62^\circ-63^\circ$

На долготы $\lambda=63^\circ-64^\circ$ (V полоса, рисунок 4) выявлены парные глубокие землетрясения с $h=60$ км, расположенные в эпицентральной области 3-х Газлийских землетрясений 1976 г. и 1984 г., где отмечены всплески углубления землетрясений (таблица 3).

Широтные разрезы. 5 широтных полос характеризуются следующим количеством землетрясений: 1 – на полосе I; 19 – на полосе II; 303 – на полосе III; 2 – на полосе IV; 7 – на полосе V. Выявлены участки с землетрясениями до глубины $h=183$ км. Анализировались статистически наиболее представительные графики глубин землетрясений II и III полос.

На широте $\phi=39^\circ-40^\circ$ (II полоса) выявлены 4 глубокофокусных землетрясения (рисунок 5): 1976 г./05/18/08-57-38,40, $M=5,2$, $h=160$ км, через 5 часов – 1976 г./05/18/13-54-32,40, $M=5,3$, $h=160$ км (почти в этом же месте).

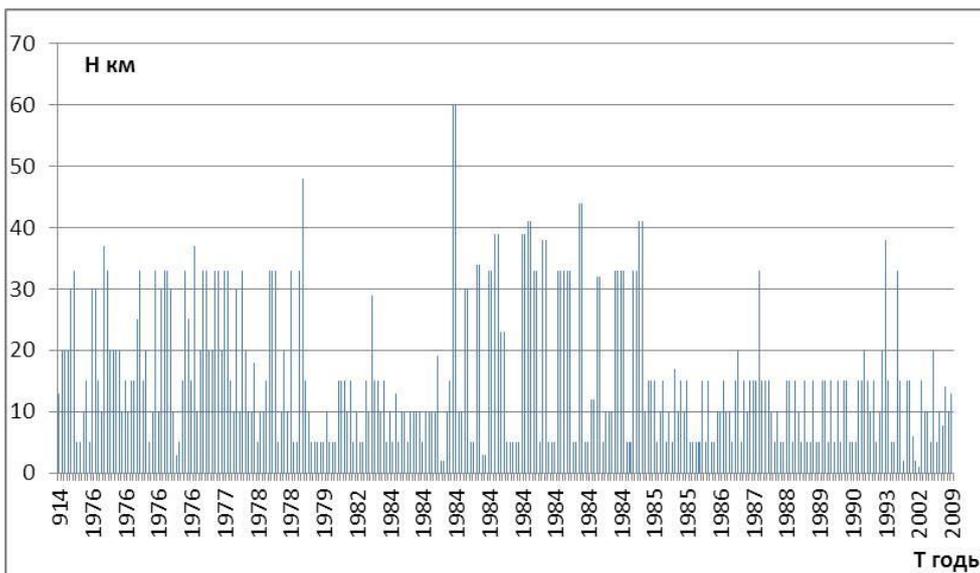


Рисунок 4. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Западном Узбекистане. Долгота $\lambda=63^{\circ}-64^{\circ}$

Таблица 3. Параметры глубокофокусных землетрясений в Западном Узбекистане

| N п/п | Дата | | | Время | | | Координаты | | | K | mb | MLH | Источник |
|----------|------|-------|-------|-------|--------|---------|------------|---------|-------------|------|-----|-----|----------|
| | год | месяц | число | час | минута | секунда | широта | долгота | глубина, км | | | | |
| 1 | 1976 | 5 | 18 | 8 | 57 | 38,40 | 39,77 | 63,63 | 160 | 12,0 | 4,6 | 4,6 | 1 |
| 2 | 1976 | 5 | 18 | 13 | 54 | 32,40 | 39,76 | 63,48 | 160 | 12,0 | 4,7 | 4,7 | 1 |
| 3 | 1984 | 3 | 20 | 10 | 44 | 12,20 | 39,97 | 63,39 | 60 | - | 3,5 | 3,5 | 1 |
| 4 | 1993 | 5 | 8 | 13 | 21 | 29,00 | 39,12 | 64,31 | 183 | - | 4,2 | - | ISC |

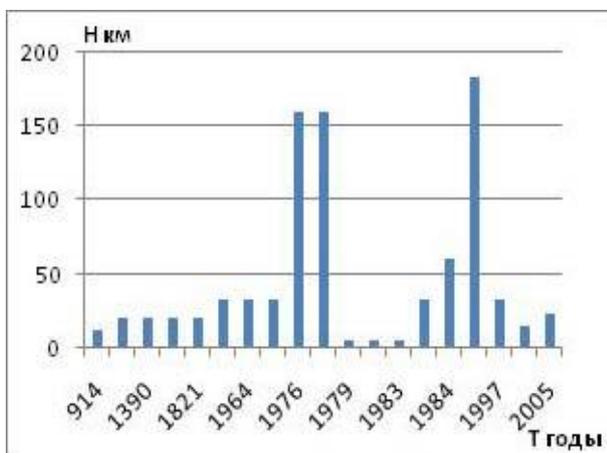


Рисунок 5. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Западном Узбекистане. Широта $\varphi=39^{\circ}-40^{\circ}$

На широте $\varphi=40^{\circ}-41^{\circ}$ (полоса III, рисунок 6) отмечены парные глубокие землетрясения с $h=60$ км, расположенные в эпицентральной области 3-х Газлийских землетрясений 1976 г. и 1984 г. (таблица 3, рисунок 4).

Подобные примеры возникновения парных глубоких землетрясений с разницей от нескольких часов до 2–3 сек. наводят на мысль о вероятном существо-

вании эффекта «домино», т.е. в очаге глубокого землетрясения, вероятно, происходит схлопывание газов, жидкой магмы, происходят изменения температуры T и давления P и пр., что инициирует следующий толчок.

В целом распределение землетрясений в Западном Узбекистане, как в широтных, так и долготных разрезах, соответствует глубинному строению земной коры изучаемого региона, где подошва Мохоровичича колеблется на уровне глубин $h=35-40$ км [22] (таблица 3, рисунки 3–6).

Центральный Узбекистан

Регион по долготе λ с 65° до $68,5^{\circ}$ в.д. разделен на 3 полосы с шагом 1° градус, а по широте с 37° до 41° с.ш. – на 4 полосы с тем же шагом.

Долготные разрезы. 3 долготные полосы характеризуются следующим количеством землетрясений: 18 – на полосе I; 48 – на полосе II; 127 – на полосе III. Анализировались статистически наиболее представительные графики глубин землетрясений II и III полос.

На долготе $\lambda=66^{\circ}-67^{\circ}$ (II полоса) выделено одно глубокое землетрясение с $h=61$ км: 2000 г./02/28, которое произошло в районе Пачкамарского водохранилища, в 25 км к северо-западу от поселка Дехканабад, Кашкадарьинской области Узбекистана (рисунок 7, таблица 4).

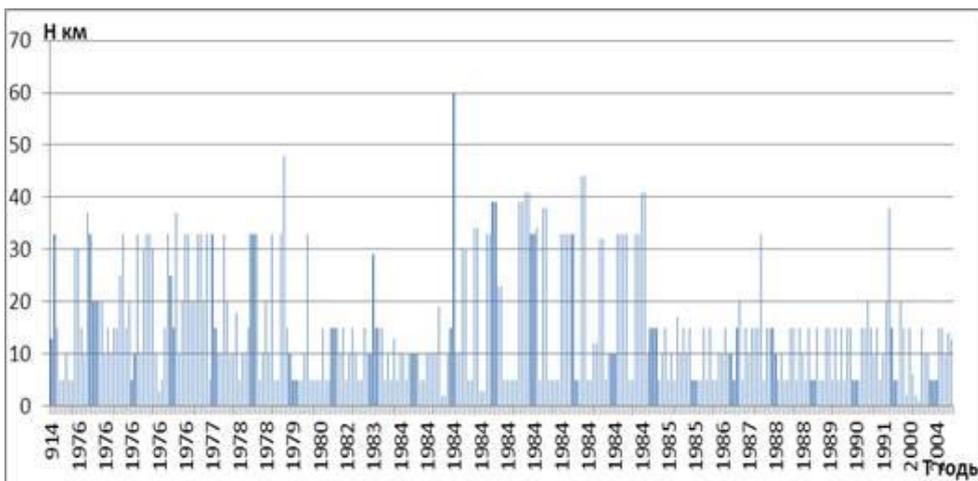


Рисунок 6. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Узбекистане. Широта $\varphi=40^{\circ}-41^{\circ}$

Таблица 4. Параметры глубокофокусных землетрясений в Центральном Узбекистане (по долготе)

| N п/п | Дата | | | Время | | | Координаты | | | mb | MLH | Mw | Источник | Место эпицентра на поверхности земли |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|------------|---------|-------------|-----|-----|-----|-------------------------|--|
| | год | месяц | число | час | минута | секунда | широта | долгота | глубина, км | | | | | |
| 1* | 1999* | 3 | 27 | 8 | 41 | 40 | 37,73 | 68,44 | 72 | 3,6 | 3,6 | 4,7 | ISC | Правобережье р. Вахш. |
| 2 | 2000 | 2 | 26 | 4 | 33 | 0,56 | 38,44 | 66,38 | 61 | 3,7 | 3,8 | 4,8 | USSR E | Кызылдаринско-Лянганская сейсмогенная зона. Пачкамарск водохранилище. В 25 км к северо-западу от поселка Дехканабад. |
| 3* | 2000* | 5 | 7 | 12 | 11 | 56,87 | 37,53 | 68,45 | 62 | 3,6 | 3,6 | 4,7 | USSR E | Левый берег. р.Вахш, на северо-западе в 30 км от кишлака Дусти. |
| 4* | 2003* | 9 | 17 | 19 | 26 | 38,7 | 37,42 | 68,26 | 85 | 3,5 | 3,5 | 4,7 | SEME MES RK +KNDC | К востоку в 10 км от левого берега. р. Кафирниган. |
| 5* | 2005 | 8 | 8 | 23 | 33 | 28,7 | 39,99 | 67,43 | 60 | 4,0 | 4,2 | 5,0 | ISC | Северо-Кульджуктау-Туркестан сейсмогенная зона. Эпицентральная область Маржанбулакского землетрясения 2013 г. M=6,2. Правый берег. р. Санзар. В 15 км к юго-западу от райцентра Галляарал. |

Примечание: * – глубокофокусные землетрясения, обнаруженные по 2-м долготным полосам: ($66^{\circ}-67^{\circ}$) и ($67^{\circ}-68,50^{\circ}$).

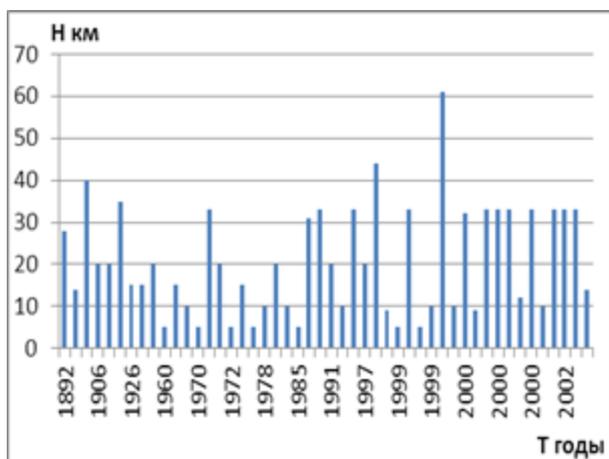


Рисунок 7. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Центральном Узбекистане. Долгота $\lambda=66^{\circ}-67^{\circ}$

На долготе $\lambda=67^{\circ}-68,50^{\circ}$ (III полоса) установлены 4 глубокофокусных землетрясения. Их них 3 землетрясения: (1999/3/27/, 2000/05/07/, 2003/09/17/) произошли на территории Таджикистана в районах рек Вахш и Кафирниган. 4-ое землетрясение произошло 2005/08/08/ с $h=60$ км в 15 км к юго-западу от райцентра Галляарал Джизакской области Узбекистана (рисунок 8, таблица 4). Магнитуды этих землетрясений $\sim M=4,0 \div 4,5$. Следует отметить, что эпицентр землетрясения 2005 г., находящийся в Северо-Кульджуктау-Туркестанской сейсмогенной зоне, совпадает по месту с эпицентром Маржанбулакского землетрясения, которое впоследствии произошло 26 мая 2013 г. с $M=6,2$, $h=16,5$ км.

Широтные разрезы. 4 широтные полосы характеризуются следующим количеством установленных землетрясений: 51 – на полосе I; 76 – на полосе II; 50 – на полосе III; 26 – на полосе IV. Выявлены участки

с землетрясениями до глубины $h=183$ км. Анализировались статистически наиболее представительные графики глубин землетрясений I, II и III полос.

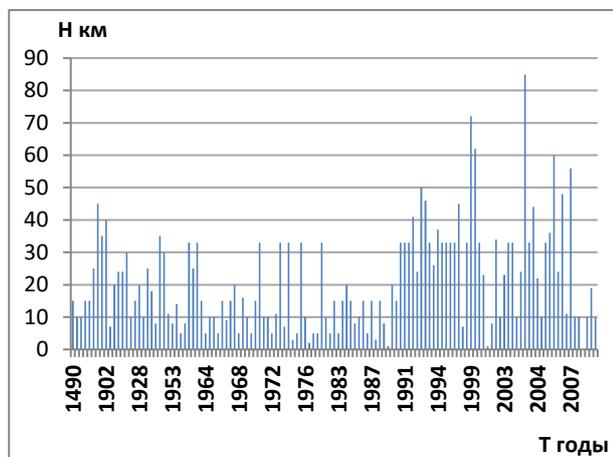


Рисунок 8. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Центральном Узбекистане. Долгота $\lambda=67^{\circ}-68^{\circ},50$

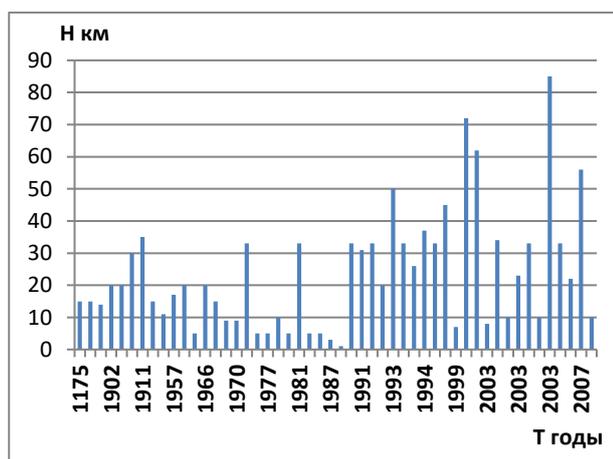


Рисунок 9. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Центральном Узбекистане. Широта $\varphi=37^{\circ}-38^{\circ}$

На широте $\varphi=37^{\circ}-38^{\circ}$ (I полоса) произошло 6 глубоких землетрясений. Первое из них (1993/05/31/, $h=50$ км) – на левом берегу р. Шерабад, в 35 км на северо-восток от кишлака Шерабад, Сурхандарьинской области, Узбекистана. Остальные 5 глубоких землетрясений (1997/09/20; 1999/03/27/; 2000/05/07/; 2003/09/17/; 2005/08/08/ с глубинами $h=45\div 85$ км) произошли на территории Таджикистана на берегах рек Вахш и Кафирниган, вероятно приуроченные к очень дальним окраинам Памиро-Гиндукушской зоны глубокофокусных землетрясений (рисунок 9, таблица 5). Магнитуды 6 глубоких землетрясений $M=4,7\div 5,0$.

На широте $\varphi=38^{\circ}-39^{\circ}$ (II полоса) произошло 1 глубокое землетрясение (2000/02/26/, $h=61$ км) с

$M=4,8$ в Северо-Кульджуктау-Туркестанской сейсмогенной зоне – эпицентральной зоне Маржанбулакского землетрясения 26 мая 2013 г. (рисунок 10, таблица 5). Это глубокое землетрясение 2000 г. отмечалось также на долготном графике глубин (рисунок 8, таблица 4).

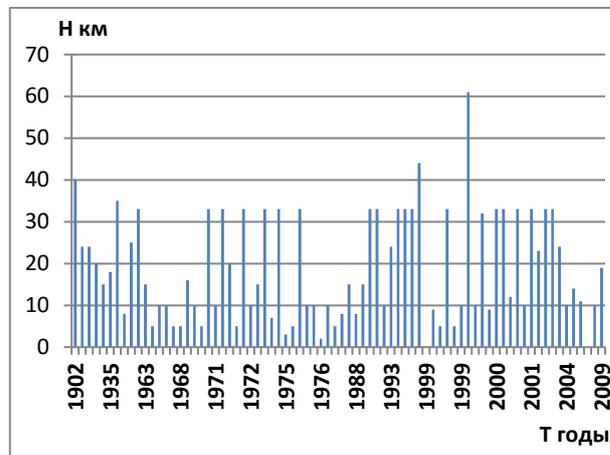


Рисунок 10. Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в Центральном Узбекистане. Широта $\varphi=38^{\circ}-39^{\circ}$

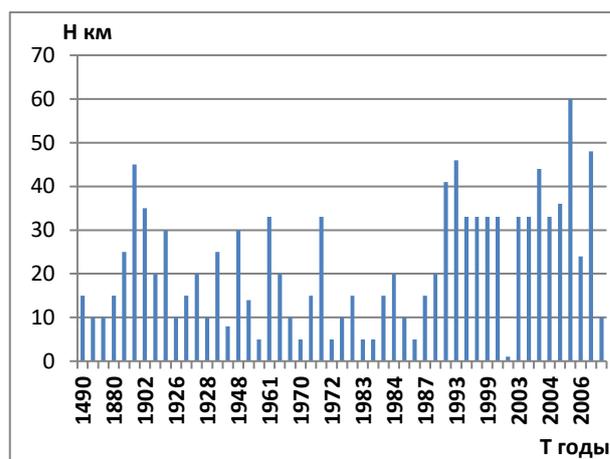


Рисунок 11. Распределение гипоцентров землетрясений в Центральном Узбекистане. Широта $\varphi=39^{\circ}-40^{\circ}$

На широте $\varphi=39^{\circ}-40^{\circ}$ (III полоса) произошло 1 глубокое землетрясение (2005/08/08/, $h=60$ км) с $M=4,8$, эпицентр которого расположен под Талимарджанским водохранилищем, Кашкадарьинской области, вблизи границы Узбекистана с Туркменистаном (рисунок 11, таблица 5).

В целом распределение гипоцентров землетрясений в Центральном Узбекистане, как в широтных, так и долготных разрезах соответствует глубинному строению земной коры изучаемого региона, где подошва Мохоровичича колеблется уже на уровне глубины $h=35-40$ км [3, 21] (рисунки 7–11).

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

Таблица 5. Параметры глубокофокусных землетрясений в Центральном Узбекистане (по широте)

| N п/п | Дата | | | Время | | | Координаты | | | mb | MLH | Mw | Источник | Место эпицентра на поверхности земли |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|------------|---------|-------------|-----|-----|-----|-------------------------|---|
| | год | месяц | число | час | минута | секунда | широта | долгота | глубина, км | | | | | |
| 1 | 1993 | 5 | 31 | 13 | 38 | 13 | 37,86° | 67,11 | 50 | 4,3 | 4,6 | 5,2 | ISC | Левый берег р. Шерабад. Сурхандарьинская область, Узбекистан. На северо-востоке в 35 км от кишлака Шерабад. |
| 2 | 1997 | 9 | 20 | 11 | 49 | 15 | 37,27° | 67,91 | 45 | 3,9 | 3,5 | 4,7 | ISC | Правый берег р. Кафирниган. В пределах Бабатаг-Кейкитауской сейсмогенной зоны. |
| 3* | 1999* | 3 | 27 | 8 | 41 | 40 | 37,73° | 68,44 | 72 | 3,6 | 3,6 | 4,7 | ISC | Правобережье р. Вахш. |
| 4 | 2000 | 2 | 26 | 4 | 33 | 0,56 | 38,44° | 66,38 | 61 | 3,7 | 3,8 | 4,8 | USSR E | Под Талимарджанским водохранилищем. Кашкадарьинская область, вблизи границы Узбекистана с Туркменистаном. |
| 5* | 2000* | 5 | 7 | 12 | 11 | 56,87 | 37,53° | 68,45 | 62 | 3,6 | 3,6 | 4,7 | USSR E | Левый берег р. Вахш, на северо-западе в 30 км от кишлака Дусти. |
| 6* | 2003* | 9 | 17 | 19 | 26 | 38,7 | 37,42° | 68,26 | 85 | 3,5 | 3,5 | 4,7 | SEME MES RK +KNDC | К востоку в 10 км от левого берега. р. Кафирниган. |
| 7* | 2005 | 8 | 8 | 23 | 33 | 28,7 | 39,99° | 67,43 | 60 | 4,0 | 4,2 | 5,0 | ISC | Северо-Кульджуктау-Туркестанская сейсмогенная зона. Эпицентральная область Маржанбулакского землетрясения 2013 г. M=6,2. Правый берег р. Санзар. В 15 км к юго-западу от райцентра Галляарал. |
| 8 | 2007 | 7 | 30 | 3 | 58 | 39 | 37,34° | 68,50 | 56 | 3,7 | | 4,8 | ISC | К востоку в 5–8 км от правого берега р. Кафирниган. |

Примечание: * – глубокофокусные землетрясения, обнаруженные по широтам; * – I полоса; ** – II полоса; *** – III полоса.

Подводя итоги анализа распределения гипоцентров землетрясений по глубине в Центральном Узбекистане отметим, что все 13 глубоких землетрясений (таблицы 4, 5) проявлены на широтных и долготных разрезах земной коры. Гипоцентры 13-ти глубокофокусных землетрясений в Центральном Узбекистане располагаются в различных местах и приурочены к Кызылдаринско-Лянганской ($M_{max}=5,0$), Северо-Кульджуктау-Туркестанской ($M_{max}=6,0$), Бабатаг-Кейкитауской ($M_{max}=6,0$) сейсмогенным зонам [22, 23], а также к зонам Пачкамарского, Талимарджанского водохранилищ, к эпицентральной области Маржанбулакского землетрясения 2013 г. с $M=6,2$. и к зоне глубинного Южно-Тянь-Шаньского разлома.

На территории Тянь-Шаня были известны максимальные значения глубин 25–30 км, отмеченные в Кемино-Чиликском и Фергано-Чаткальском сейсмоактивных участках [21]. Большие глубины очагов – до 20–25 км, наблюдаются в Южно-Чуйской, Северо-Ферганской и Южно-Ферганской зонах. В [21] отмечается также, что очаги глубже 30 км на исследуемой территории встречаются крайне редко. Обнаруженные в каталоге землетрясения с большими значениями глубин гипоцентров землетрясений в любом случае полезны. Для подтверждения или опровержения данных по этим 17 глубокофокусным землетрясениям Западного и Центрального Узбекистана необходимо провести дополнительное изучение записей сейсмических станций и произвести, при необходимости, очистку каталога землетрясений.

Выводы

Установлены следующие основные закономерности сейсмического режима территории Западного и Центрального Узбекистана:

1. Выделяются 4 группы сильных землетрясений с $M \geq 5,0$, произошедших в период 900–2017 гг., объединенных вокруг «главного» сейсмического толчка с $M=6,0 \div 7,3$. Во время сейсмической активизации территории Западного Узбекистана, в другой части – на востоке Центрального Узбекистана, - наступает сейсмическое затишье, а затем происходит возвратная миграция активизации на восток Центрального Узбекистана. В этот же период на территории Западного Узбекистана наблюдается сейсмическое затишье. Миграция сейсмической активности на территорию Западного Узбекистана периодически повторяется. Энергетический порог – магнитуда сильных землетрясений, – в Западном Узбекистане на 1 единицу магнитуды выше, чем на востоке Центрального Узбекистана.

2. Гипоцентры землетрясений с $M \geq 3,5$ на территории Западного и Центрального Узбекистана распределены по определенным сейсмогенным слоям вне зависимости от магнитудного уровня землетрясений. Распределение гипоцентров землетрясений в широтных и долготных разрезах земной коры соответствует глубинному строению земной коры изучаемого региона: в Западном и Центральном Узбекистане подошва Мохоровичича находится на уровне $h=35-40$ км. Выявлены несколько глубоких земле-

трясений в Западном и Центральном Узбекистане, которые требуют тщательной проверки бюллетеней сейсмических станций.

3. Обнаружены отклонения от общей закономерности группирования сильных землетрясений в сейсмическом режиме региона, которые связаны с техногенными событиями. Сорокалетняя постоянная откачка газа в группе Газлийских месторождений, ядерные взрывы, процессы трещинообразования, отсутствие более 40 лет ощутимых землетрясений в эпи-

центральной зоне Газлийских землетрясений могли быть мощными триггерами Газлийских землетрясений, имеющими тектоническую природу и произошедшими в 1976 г. и 1984 г. с $M=7,0-7,3$.

Работа выполнена при поддержке государственной программы фундаментальных исследований по гранту Ф8-ФА-8-006 «Исследование особенностей проявления напряженно-деформированного состояния разноранговых сейсмотектонических структур комплексом геолого-геофизических методов».

ЛИТЕРАТУРА

1. Новый Каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г.: часть II, III. Средняя Азия и Казахстан / под ред. Н.В. Кондорской и Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.
2. Ситдиқов, Б.Б. Неотектоника Западного Тянь-Шаня / Б.Б. Ситдиқов. – Ташкент: Фан, 1985. – 144 с.
3. Бабаджанов, Т.Л. Особенности строения земной коры юго-западного Узбекистана / Т.Л. Бабаджанов, О.П. Мордвицев // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент: Фан, 2001. – № 4. – С. 42–46.
4. Якубов, Д.Х. Геолого-тектоническая позиция и условия возникновения Газлийских землетрясений / Д.Х. Якубов, А.Р. Ярмухаммедов // Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг. – Ташкент: Фан, 1986. – С. 34–41.
5. Борисов, О.М. Тектоническое положение очага землетрясения 1984 г. и его геологическое проявление / О.М. Борисов, Е.А. Рогожин // Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг. – Ташкент: Фан, 1986. – С. 41–59.
6. Усманова, М.Т. К вопросу о поздней кайнозойской тектонике, сейсмичности Тянь-Шаня и Памира / М.Т. Усманова // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. – Ташкент: УД АН РУз., 2013. – № 11. – С. 48–54.
7. Абдрахматов, К.Е. Сейсмологическая база данных Центральной Азии как основа изучения региональных геодинамических процессов (Каталог землетрясений Центральной Азии с 2000 г. д.н.э. по 2005 г. н.э.) / К.Е. Абдрахматов, З.А. Кальметьева, Н.Н. Михайлова, М.Т. Усманова [и др.] // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геологические проблемы. Материалы 4 Межд. симпозиума, Бишкек, 15–20 июня 2008 г. – Бишкек: ИС РАН, 2008. – С. 297–302.
8. Каталог сильных землетрясений Центральной Азии с древнейших времен по 2009 г. [Электронный ресурс] / Н.Н. Полешко, И.Л. Аристова, А.С. Мукамбаев, Г.О. Куликова (под ред. Михайловой Н.Н.) // Алматы, 2011. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.kndc.kz, свободный. – Загл. с экрана.
9. Сводные каталоги землетрясений на территории Узбекистана за 2000–2015 гг. / Комплексная экспедиция института сейсмологии АН РУз.
10. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высшее образование, 2005. – 384 с.
11. Усманова, М.Т. О сейсмических моделях реализации сильных землетрясений Западного Тянь-Шаня (на примере Западного Узбекистана) / М.Т. Усманова // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент: Фан, 2004. – № 2. – С. 33–37.
12. Усманова, М.Т. О геодинамических моделях и сейсмичности Центральной Азии / М.Т. Усманова // Каталог сейсмопрогностических наблюдений на территории Азербайджана: ежегодный журнал. – Баку, 2011. – С. 138–145.
13. Яковлева, И.Б. Пространственно-временные особенности сейсмического режима Южно-Ферганской сейсмоактивной зоны / И.Б. Яковлева, В.И. Яковлев, А. Абдиева / Методы определения сейсмической опасности. – Кишинева: Штиинца, 1984. – С. 11–23.
14. Артиков, Т.У. Сейсмический потенциал / Т.У. Артиков, Р.С. Ибрагимов, Ф.Ф. Зияудинов // Сейсмическая опасность территории Узбекистана. – Ташкент: ООО POLIMEXANIKA, 2012. – С. 61–72.
15. Абдуллабеков, К.Н. Особенности проявления сильных землетрясений во времени и пространстве / К.Н. Абдуллабеков, М.Т. Усманова // Доклады Академии наук РУз. – Ташкент: Фан, 2003. – № 3 – С. 60–64.
16. Усманова, М.Т. О современной сейсмической активизации территории Центральной Азии / М.Т. Усманова // Доклады Международной конференции «Актуальные проблемы современной сейсмологии», посвященной 50-летию Института сейсмологии АН РУз. – Ташкент: ООО «MUXAMMAD POLIGRAF», 2016. – С. 120–125.
17. Камчыбеков, М.П. Канское землетрясение 19 июля 2011 года / М.П. Камчыбеков, М.Т. Усманова, А.Г. Фролова [и др.] // Землетрясения Северной Евразии за 2011. – М.: Наука, 2017. – С. 379–391.
18. Усманова, М.Т. Гуябугузское землетрясение 25 мая 2013 г. / М.Т. Усманова, У.А. Нурматов, А. Джураев, Т.У. Артиков // Геология и минеральные ресурсы – Ташкент, 2015. – № 2. – С. 29–35.
19. Усманова, М.Т. Маржанбулакское землетрясение 26 мая 2013 г. / М.Т. Усманова, У.А. Нурматов, А. Джураев // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент, 2014. – № 3. – С. 32–36.
20. Уломов, В.И. Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг. / В.И. Уломов. – Ташкент: Фан, 1986. – С. 3–6.
21. Кальметьева, З.А. Сейсмичность: пространственно-временное распределение, механизмы очагов и природа землетрясений / З.А. Кальметьева // Современная геодинамика внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). – М.: Научный мир, 2005. – С. 136–157.
22. Ибрагимов, Р.Н. и др. Карта сейсмогенных зон Узбекистана и прилегающих территорий. М: 1:600000 / Р.Н. Ибрагимов [и др.]. – Ташкент: Гос. науч. предприятие «Картография» Госкомитета РУз по Земельным ресурсам, геодезии, картографии и госкадастра. – 2011. – с.

23. Ибрагимов, Р.Н. Сеймотектонический метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования / Р.Н. Ибрагимов, У.О. Нурматов, О.Р. Ибрагимов // Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. – Ташкент: Гидроингео, 2002. – С. 59–74.

ОРТАЛЫҚ ЖӘНЕ БАТЫС ӨЗБЕКСТАННЫҢ СЕЙСМИКАЛЫЛЫҒЫНЫҢ КЕЙБІР ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ

¹⁾ М.Т. Усманова, ²⁾ А.М. Саттарова

¹⁾ *ӨзР Ғылыми академиясының Сейсмология институты, Ташкент, Өзбекстан*

²⁾ *Ирригация институтының Академиялық лицейі, Ташкент, Өзбекстан*

Батыс Тянь-Шаньдағы сейсмикалық белсенділігінің кеңістік-уақыттық таралуы қарастырылған. Батыс және Орталық Өзбекстанда болған қатты жерсілкінулердің екі тобы көрсетілген. Жинақталған тектоникалық энергия сейсмикалық түрінде кезегімен аймақтар бойынша таралуының заңдылығы айқындалған. Жерсілкінулер, олардың магнитудалық деңгейіне байланысты, гипоорталықтарының тереңдіктері бойынша белгілі сейсмогенді қабаттарында таралуы көрсетілген. Аймақтың сейсмикалық режимінде қатты жерсілкінулерді топтастыру заңдылығынан ауытқулары айқындалған. Газлиде 1976 ж. және 1984 ж. болған $M=7,0-7,3$ үш қайтара өте қатты жерсілкінулер алдында мүмкін триггерлер болған – табиғи және техногенді. Табиғи триггерлеріне солтүстікте Тамдыбұлақ к. ауданындағы белсенді сызаттану (ұзындығы 100 км дейін ірі жарықшақтар) процесстері және Газлидің эпиорталықтың ауданында 40 жылдан астам елеулі жерсілкінулері болмауы жатқызылады. Техногенді триггерлеріне, Газли кенорнынан 40-жылдық тұрақты газ шығаруы және, тектоникалық тегі бар, 1976 ж. және 1984 ж. болған Газли жерсілкінулердің эпиорталықтары жанында жүргізілген, 2 ядролық жарылыстар жатқызылған.

SOME REGULARITIES OF SEISMICITY OF CENTRAL AND WESTERN UZBEKISTAN

¹⁾ M.T. Usmanova, ²⁾ A.M. Sattarova

¹⁾ *Institute of Seismology of the Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

²⁾ *Academic Lyceum under the Institute of Irrigation, Tashkent, Uzbekistan*

In article, distribution of space-temporal seismic activity of Western Tien-Shan region was considered. Two groups of strong earthquakes in Western and Central Uzbekistan were extracted. Regularity has been detected on redistribution of the accumulated tectonic energy in the form of seismicity alternatively on the regions. It was shown that earthquakes on hypocenters' depths were distributed in certain seismogenic layers independent from their magnitude level. Deflections were discovered from the regularity of grouping of strong earthquakes in seismic regime of the region. Probably natural and technogenic triggers preceded the triple strong Gazly earthquakes in 1976 and 1984 with $M=7,0-7.3$. Natural triggers: active processes of fissures on the north Gazly with length ~ 100 km near Tamdibulak and absence for more than 40 years of appreciable earthquakes in epicentral region Gazly. Technogenic triggers: constant 40-years-long gas pump from "Gazly" fields and two nuclear explosions implemented near Gazly earthquakes in 1976 and 1984 of tectonic nature.