

УДК 550.34

Гребенникова В.В.
Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан

МОДЕЛИ СВОДНЫХ ИЗОСЕЙСТ ИСТОРИЧЕСКИХ И СОВРЕМЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С ИНТЕНСИВНОСТЬЮ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОТРЯСЕНИЙ ОТ 6 ДО 10-11 БАЛЛОВ

Аннотация: В целях улучшения методов обработки и построения карт по результатам макросейсмических исследований представлены двумерные и трёхмерная модели сводных карт интенсивности сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов населённых пунктов и объектов вследствие исторических (начиная с 250 г. до н.э.) и современных землетрясений по 2014 г. в пределах координат $\varphi = 39.00^\circ - 43.50^\circ$ N, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ$ E. Всего использованы данные **293** сейсмособытий.

Ключевые слова: карта, обработка, землетрясение, интенсивность, населённый пункт, макросейсмическое исследование.

СЕЙСМИКАЛЫК СОЛКУЛДООЛОРУ 6ДАН 10-11 БАЛЛГА ЧЕЙИНКИ ИНТЕНСИВДУУЛУГУ МЕНЕН ТАРЫХЫЙ ЖАНА ЗАМАНБАП ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН ЖЫЙНАКТАЛГАН ИЗОСЕЙСТТЕР МОДЕЛИ

Кыскача мазмуну: Макросейсмикалык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары боюнча карталарды иштеп чыгуу жана тургузуу методдорун жакшыртуу максатында, калктуу пункттардын жана объекттердин тарыхый (б.з.ч. 250-ж. баштап) жана заманбап 2014-жылга чейинки $\varphi = 39.00^\circ - 43.50^\circ$ N, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ$ E координаттар алкагындагы I_6 дан I_{10-11} баллдарга чейинки сейсмикалык титирөөлөрдүн эки өлчөмдүү жана үч өлчөмдүү моделинин жыйынтыкталган интенсивдүүлүк карталары берилген. Бардыгы болуп **293** сейсмоокуялар пайдаланылган.

Түйүндүү сөздөр: карта, иштеп чыгуу, жер титирөө, интенсивдүүлүк, калктуу пункт, макросейсмикалык изилдөө.

MODELS OF COMBINED ISOSEISMALS OF HISTORICAL AND MODERN EARTHQUAKES WITH INTENSITY OF SEISMIC SHOCKS FROM 6 TO 10-11 POINTS

Abstract: Two-dimensional and three-dimensional models of combined maps of intensity of seismic shocks from I_6 to I_{10-11} for settlements and facilities due to historical (since 250 BC) and modern earthquakes (to 2014) within the coordinates $\varphi = 39.00^\circ - 43.50^\circ$ N, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ$ E are presented for improvement of processing methods and mapping the results of macroseismic studies. In total data of **293** seismic events were used.

Keywords: map, data processing, earthquake, intensity, settlement, macroseismic observation.

Кыргызстан занимает большую часть Тянь-Шаня. На севере и западе Кыргызский Тянь-Шань граничит с Казахским щитом и Туранской плитой, на юге – с Таримской платформой и испытывает сильное субмеридиональное сжатие, которое является одной из причин возникновения многочисленных землетрясений. Важная структурная линия

Кыргызстана, глубинный трансорогенный Таласо-Ферганский разлом (рисунок 1, №1), делит территорию Кыргызского Тянь-Шаня на две части – Северо-Восточную (СВ Т-Ш) и Юго-Западную (ЮЗ Т-Ш) [1], различающиеся сейсмической активностью и проявлением сильных землетрясений $M \geq 4.6$ [1-5] (рисунок 2А).

На рисунке 1 показана карта-схема распределения эпицентров землетрясений с $M \geq 4.6$ и интенсивностью сотрясения (I_0) в эпицентре 6 и более баллов, произошедших с исторических времен (начиная с 250 г. до н.э.) по 2014 г. в координатах $\varphi = 39.00^\circ - 43.50^\circ N$, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ E$ (составила Гребенникова В.В. [6-7] по материалам [1-5, 8-10]). На рисунке видно, что в Северо-Восточной части Тянь-Шаня очаги сейсмических событий интенсивностью от 8-9 до 11 баллов группируются в Южно-Чуйской (8-9-балльное Баласагынское 1475 г., 9-10-балльное Беловодское 1885 г.), Джумгало-Суусамырской (9-балльное Суусамырское землетрясение 1992 г.) сейсмогенных зонах и в горном обрамлении Иссык-Кульской впадины (9-10-балльное Верненское 1887 г., 10-балльное Чиликское 1889 г., 10-11-балльное Кеминское 1911 г., 8-9-балльные Кемино-Чуйское 1938 г., Саракамышское 1970 г. и Жаланаш-Тюпское 1978 г.).

Центральная часть Северо-Восточного Тянь-Шаня характеризуется, в основном, проявлением землетрясений интенсивностью от 6 до 7 баллов и редким проявлением событий более высокой интенсивности (7-8 – балльные 1915 г. и Коштюбинское 1997 г.).

Южная часть Северо-Восточного Тянь-Шаня подвержена сотрясениям от землетрясений интенсивностью 8 баллов и более, в основном, произошедших в Гиссаро-Кокшаальской зоне (8-9-балльные 1893 г. и 1927 г., 10-балльное Кашгарское 1902 г., 9-балльные Пычанское (Баши-3) 1961 г., Учтурфанское-1 1969 г., 8-балльные Учтурфанское-3 и Кельпинтагское 1971 г.).

Юго-Западный Тянь-Шань характеризуется более высокой сейсмической активностью и проявлением сильных землетрясений интенсивностью от 8 до 10 баллов (8-балльное Кастакоское 1888 г., 7-8-балльные Уратюбинские 1897 г., 9-балльное Андижанское 1902 г., 8-балльное Аимское 1903 г., 8-9- балльное Куршабское 1924 г., 9-10-балльное Чаткальское 1946 г., 8-балльное Исфара-Баткенское 1977 г., 8-9-балльное Дараут-Курганское 1978 г., 8-балльные Нура-Алайское 2008 г. и Канское 2011 г.).

Высокая сейсмическая активность в приграничной полосе Кыргызстана с Таджикистаном связана с Дарваз-Каракульской сейсмогенной зоной, где произошли и происходят землетрясения интенсивностью 8 и более баллов (8-9 балльное 1918 г., 9-балльное Гармское 1941 г., 10-балльное Хаитское 1949 г., 9-балльное Улуучатское 1955 г., 8-балльное Маркансуйское 1974 г., 8-9 балльное Дараут-Курганское 1978 г. и 9-балльное Кашгарское 1985 г.).

Гипоцентры очагов сильных землетрясений располагаются в большинстве случаях на глубинах от 10 до 20 км (таблица 1, рисунок 2А-В).

Таблица 1.

Глубина гипоцентров очагов (Н, км) землетрясений с $M \geq 4.6$ и интенсивностью сотрясения (I_0) в эпицентре 6 и более баллов, произошедших с исторических времен (начиная с 250 г. до н.э.) по 2014 г. в координатах $\varphi = 39.00^\circ - 43.50^\circ N$, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ E$

Н, км	Нет данных	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Кол-во событий = 293 (рисунок 1)	4	22	41	69	94	24	21	1	8	-	2	3

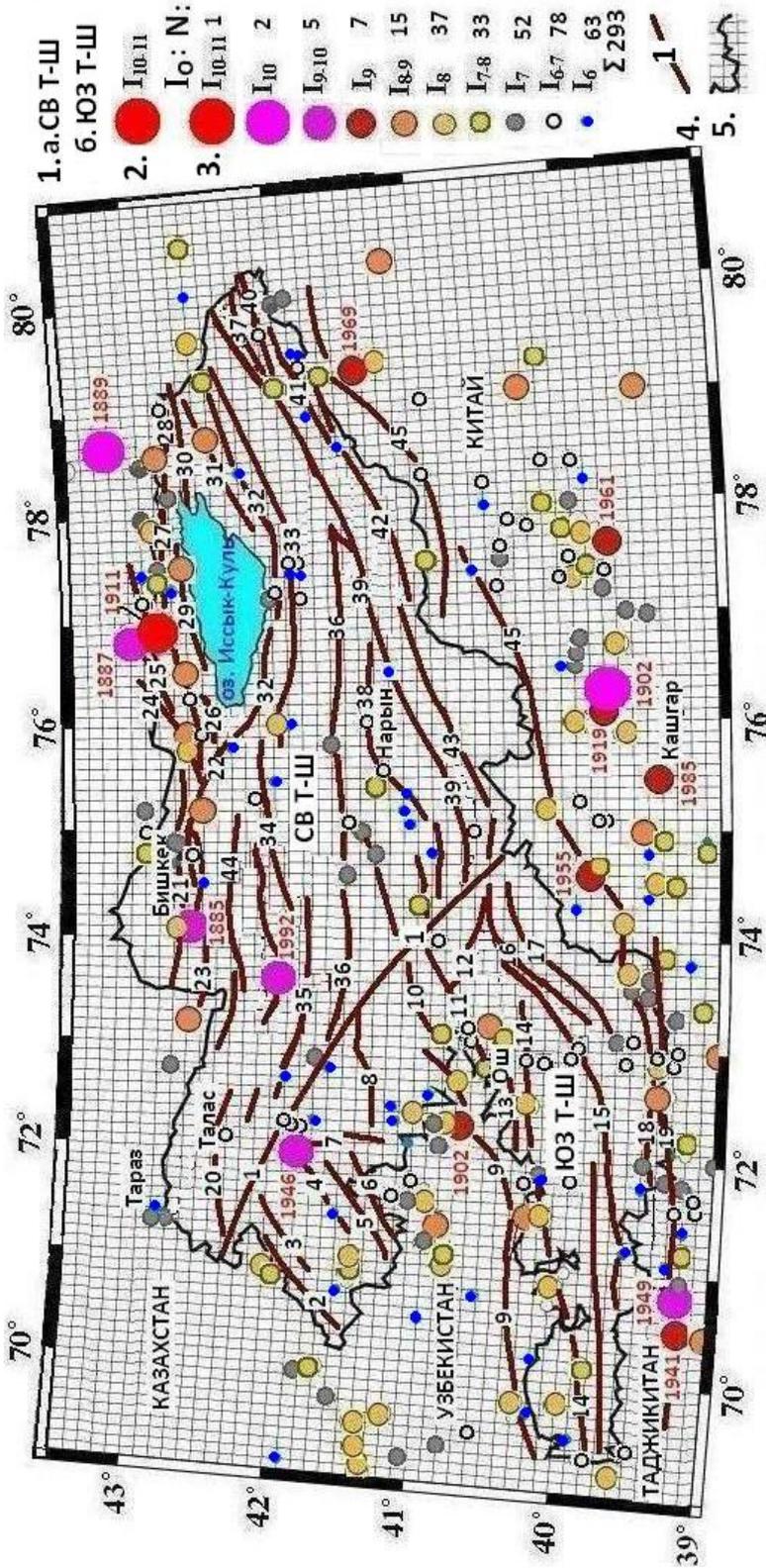


Рисунок 1. Карта-схема распределения эпицентров землетрясений $M \geq 4.6$ с интенсивностью сотрясения (I) в эпицентре 6 и более баллов, произошедших с исторических времен (начиная с 250 г. до н.э.) по декабрь 2014 г. в координатах $\varphi = 39.00^\circ - 43.50^\circ N$, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ E$ (составила Гребенникова В.В. по материалам [6-7]: 1 – а. СВ Т-Ш (Северо-Восточный Тянь-Шань), 6. ЮЗ Т-Ш (Юго-Западный Тянь-Шань) [1]; 2 – эпицентры землетрясений с $M > 4.6$ [4-5, 8-9]; 3 – интенсивность сейсмических сотрясений (I) в эпицентре (красным шрифтом указана дата землетрясения с $I \geq 9$ баллов) [4-5]; 4 – разломы [1, 10]: 1. Таласо-Ферганский, 2. Пскемский, 3. Южно-Чандалашский, 4. Атойнокский, 5. Алабугинский, 6. Северо-Ферганский, 7. Карасуйский, 8. Арсланбобский, 9. Южно-Ферганский, 10. Мадино-Талдысуйский, 11. Карадарьинский, 12. Тарский, 13. Кагарский, 14. Южно-Наукагский, 15. Туркестано-Алайский, 16. Гульчинский, 17. Ойталский, 18. Заалайский, 19. Дарваз-Каракульский, 20. Южно-Таласский, 21. Иссык-Атинский, 22. Шамси-Тюндюкский, 23 – Чон-Курчакский, 24. Предзайлийский (Каракурузский), 25 – Чилико-Кеминский, 26. Предкунгейский, 27. Северо-Аксуыйский, 28. Талдысуйский, 29. Кульгорский, 30. Тасминский, 31. Каракольский (Иссык-Кульская впадина), 32. Предтерсейский, 33. Центрально-Терсейский, 34. Северо-Джумгалский, 35. Кетмень-Тюбинский, 36. Линия «Николаева», 37. Каиндинский, 38. Нарынский, 39. Атбаши-Иныльчекский, 40. Сары-Джазский (Куйло-Сарыджазский), 41. Куокапский, 42. Северо-Кокшаальский, 43. Южно-Атбашинский (Аксайский), 44. Каракольский (Сусамырская впадина), 45. Гиссаро-Кокшаальский; 5 – государственная граница Кыргызской Республики.

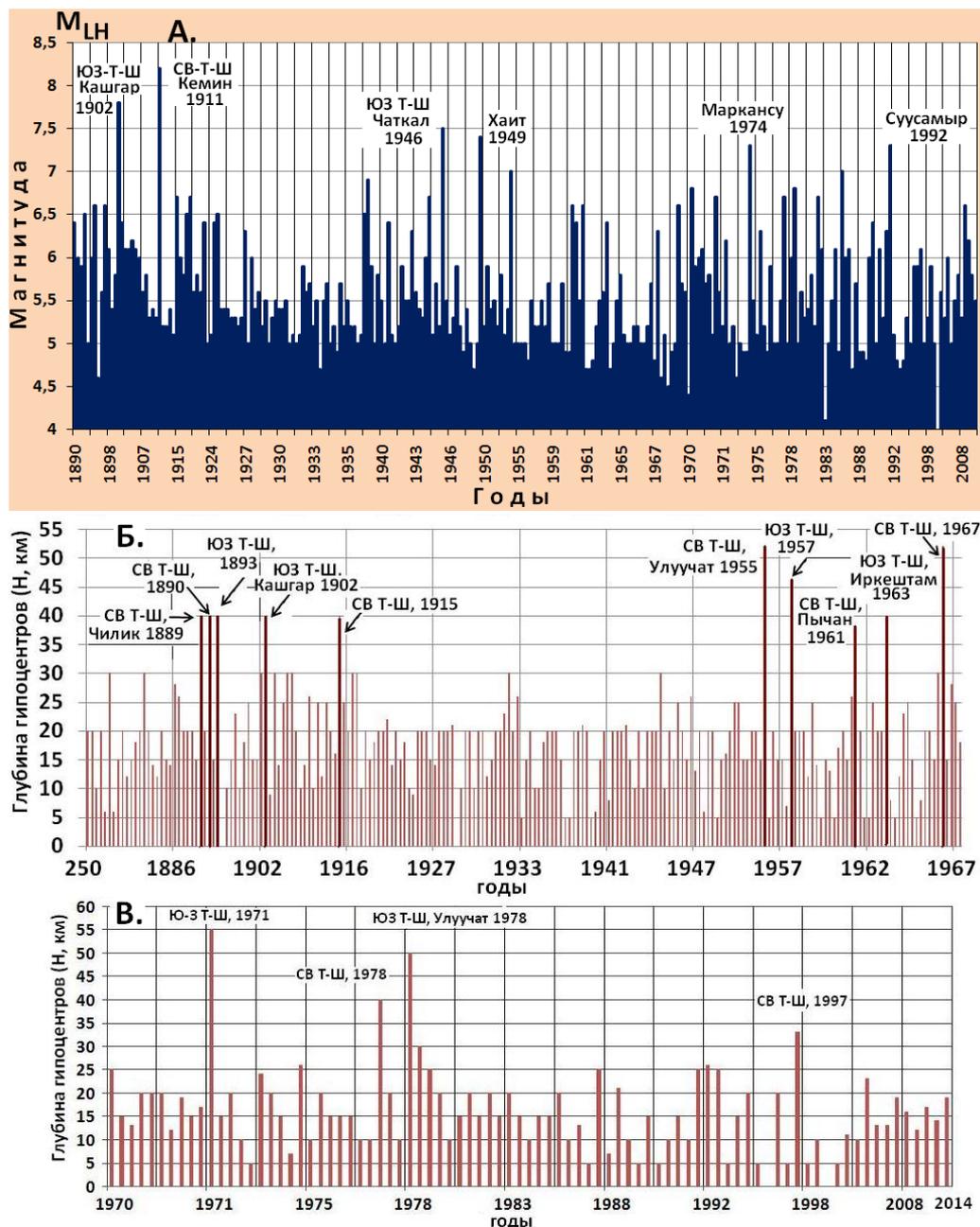


Рисунок 2. А. Гистограмма магнитуд землетрясений с $M_{LH} \geq 4.6$, произошедших в координатах $\varphi = 39.00^\circ - 43.50^\circ N$, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ E$ с 1890 г. по 2014 г. (составлена по материалам [8]). Глубины гипоцентров очагов (H, км) землетрясений с $M \geq 4.6$ и интенсивностью сотрясения (I_0) в эпицентре 6 и более баллов, произошедших: **Б.** с исторических времен (начиная с 250 г. до н.э.) по 1969 г., **В.** с 1970 по декабрь 2014 г.

Для изосейст сильных землетрясений характерна большая область распространения, которая по форме, в основном, представляет разновеликие эллипсы. В зонах максимальных сотрясений (в плейстосейстовой области) длинная ось изосейст ориентирована по простиранию основных геологических структур, и форма изосейст корректируются неоднородностями строения среды (рисунки 3-4). Примером являются дугообразные изосейсты Кеминского 1911 г. и Чаткальского 1946 г. землетрясений связанные с

неоднородностями в строении геологических структур в плейстосейстовой области и типом тектонических движений по сейсмогенным разрывам.

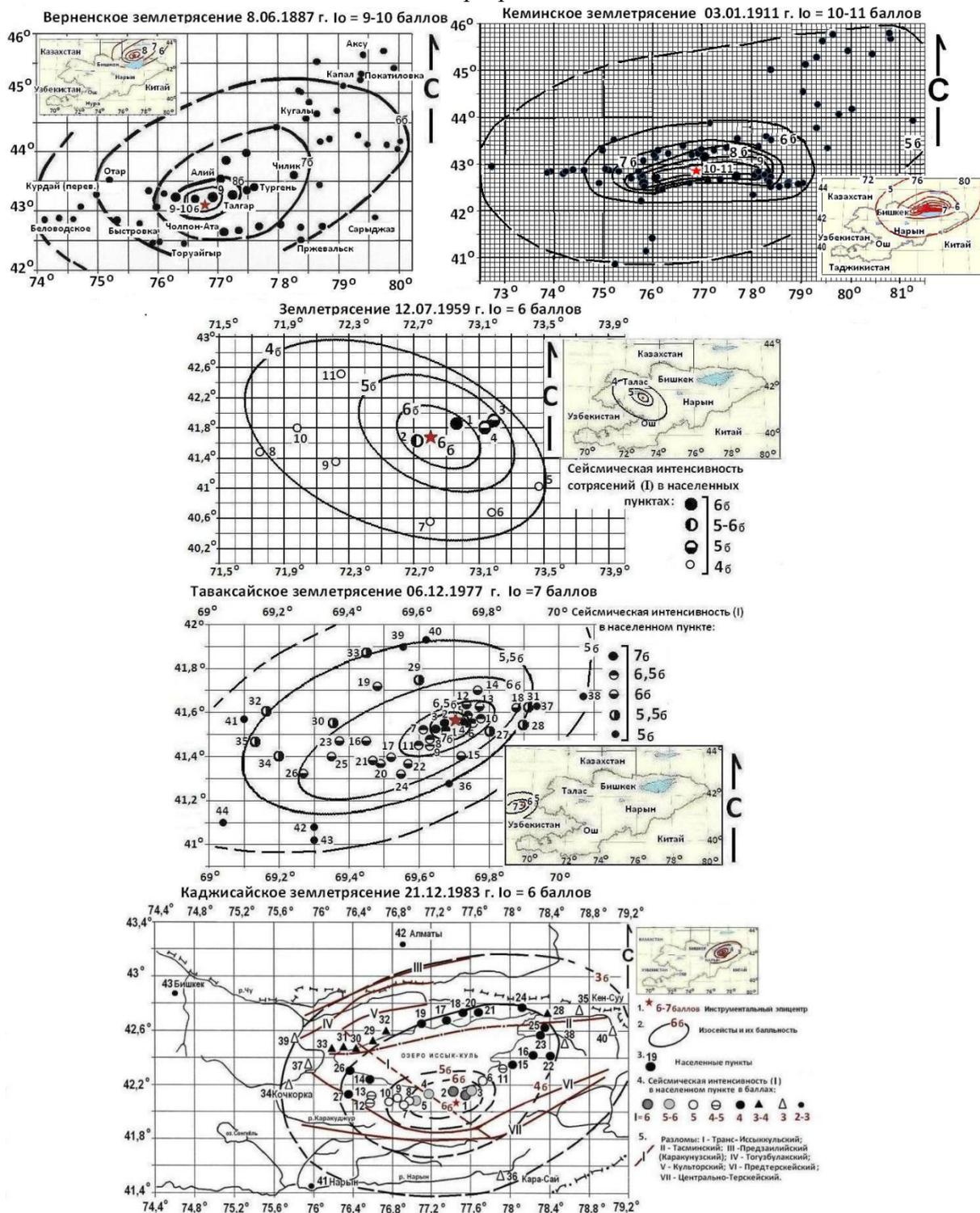


Рисунок 3. Карты изосейст землетрясений с $M \geq 4.6$ интенсивностью сотрясений в эпицентре 6 и более баллов (составила Гребенникова В.В. по материалам [4]).

В сейсмических зонах отмечается локализация (группирование) очагов сильных событий в областях динамического влияния активных разломов (рисунок 1) – **СВ Т-Ш:** Беловодская (Иссык-Атинский №22), Кочкорская (Предтерекский № 32) и др.; **ЮЗ Т-Ш:** Чаткальская (Таласо-Ферганский №1, Атойнокский №4 и Карасуйский №7), Пскемско-

Чаткальская (Южно-Чандалашский № 3) и др. Все сильные землетрясения возникали преимущественно между очагами сильных толчков в пределах одного разлома, т.е. наблюдалась миграция очагов по разломам. Форма их изосейст в плейстосейстовой области как отмечалось выше, корректируются неоднородностями в строении геологических структур и типом подвижки в очаге.

Сейсмические события нередко сопровождаются катастрофическими последствиями. На поверхности сильные землетрясения проявляются смещениями по разломам, колебаниями грунта, разрушением техногенных сооружений и жилых зданий, поэтому изучения сейсмических явлений различными методами ориентированы преимущественно на актуальную задачу прогноза события (времени, места и силы).

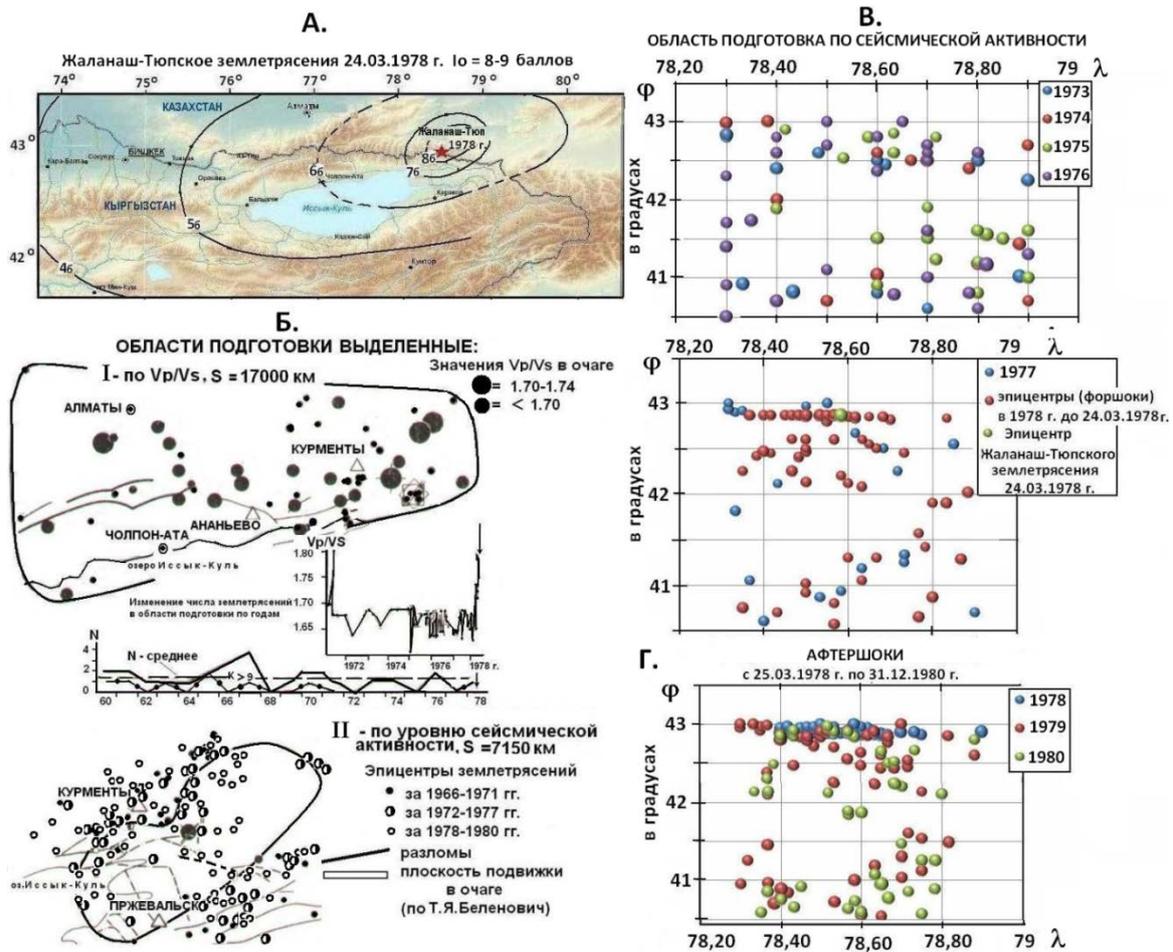


Рисунок 4. А. Карта-схема изосейст Джаланаш-Тюпского землетрясения 1978 года $I=8-9$ баллов (составила Гребенникова В.В. 2014 г. по материалам [4]); Б. Области подготовки Джаланаш-Тюпского землетрясения 1978 года выделенные: I - по V_p/V_s и II - по уровню сейсмической активности [12]; В. Изменения сейсмической активности с временными интервалами в 1 год (с 1973 г.) до Джаланаш-Тюпского землетрясения (24.03.1978 г.) в пределах координат: $\varphi = 40.50^\circ - 43.50^\circ N$, $\lambda = 78.20^\circ - 79.00^\circ E$ (построила Гребенникова В.В. 2014 г. по материалам [8]); Г. Проявление афтершоков с 25.03.1978 г. (после события) по 31.12.1980 г. (построила Гребенникова В.В. 2014 г. по материалам [8]).

Объяснительная записка к нормативной карты сейсмического районирования территории Кыргызской Республики, изданной в 2012 году (масштаб 1:1 000 000) [13], сопровождается картой максимальных наблюдаемых сотрясений, на которой показаны зоны сотрясений интенсивностью (I) от 6 до 9 баллов от исторических до 1999 г. землетрясений

(рисунок 5А). Выделенные авторами зоны, соответствуют оконтуриванию эпицентров сильных событий (245 сейсмособытий), произошедших в указанный интервал времени в пределах координат $\varphi = 39.00^\circ - 44.00^\circ \text{ N}$, $\lambda = 69.00^\circ - 81.00^\circ \text{ E}$, но без учёта интенсивности сотрясений населённых пунктов и объектов по всей площади изосейст каждого сейсмособытия (рисунок 5Б).

За последние десятилетия на территории Тянь-Шаня произошла серия землетрясений с интенсивностью (I) в эпицентре 6 и более баллов (1996, 1997 гг. I=6, 1998 г. I=6-7, Меркенское 2003 г. I=7, Сузакское 2003 г. I=6, Куйккапское 2005 г. I=7-8, Кочкорское 2006 г. I=8, Лейлякское 2007 г. I=7-8, Ош-Кокбельское 2008 г. I=6-7, Нуринское 2008 г. I=8, Канское 2011 г. I=8, Сарыжазское 2013 г. I=8, Каджисайское 2014 г. I=7), что позволяет провести переоценку сейсмической интенсивности сотрясений по территории Кыргызстана и прилегающих районов до 2014 г.

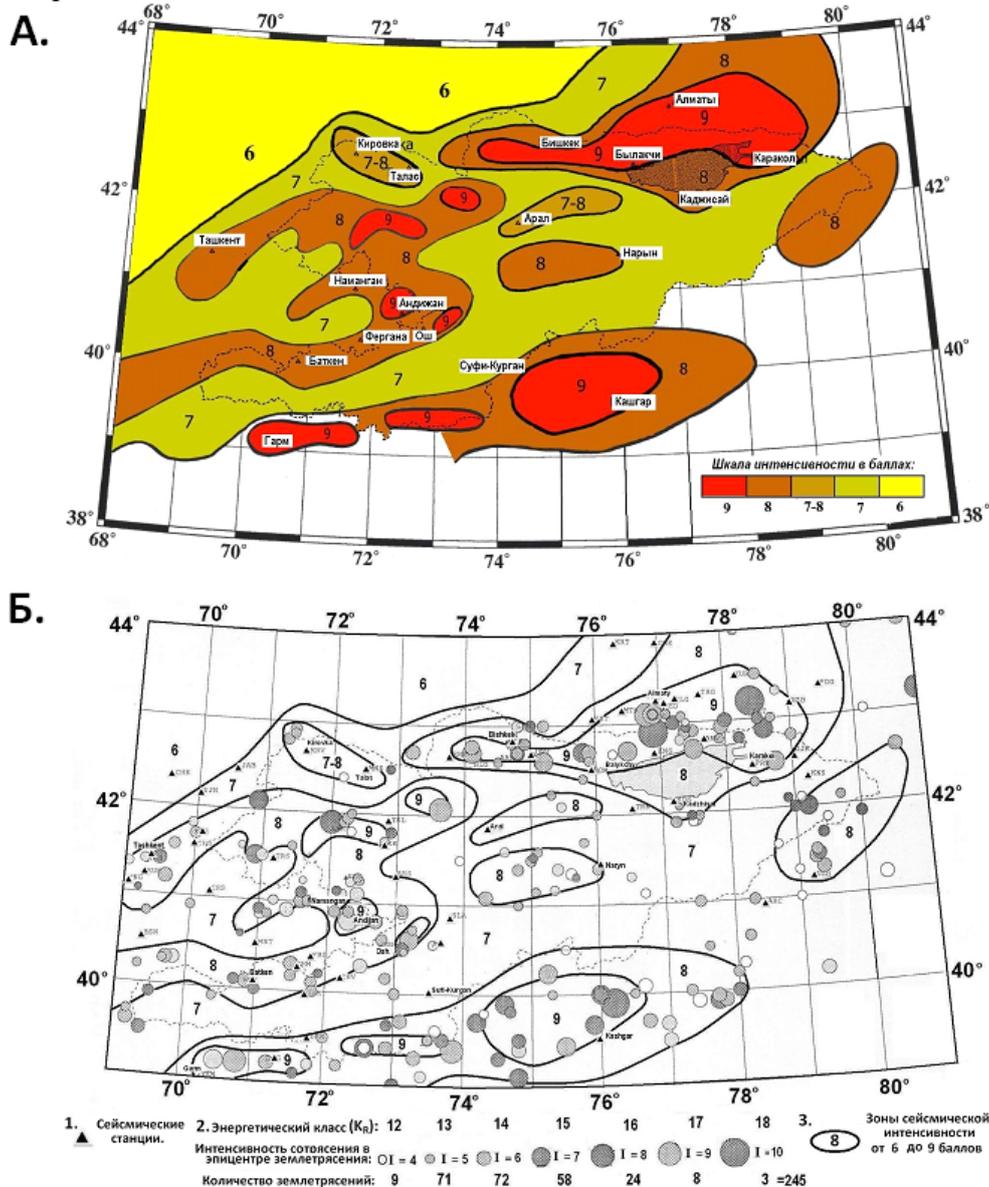


Рисунок 5 А. Карта максимально наблюдаемых сотрясений на территории Кыргызстана и прилегающих территорий с интенсивностью 6 и более баллов [13]. **Б.** Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 4.0$, произошедших с исторических времен по 1999 г. в пределах координат: $\varphi=39.0^\circ-44.0^\circ \text{ N}$, $\lambda=69.0^\circ-81.0^\circ \text{ E}$, и зоны максимально наблюдаемых сотрясений от 6 до 9 баллов (составлена Джанузаковым К.Д. и Гребенниковой В.В. в 2003 г. Представлена в годовом отчете лаборатории «Региональной сейсмологии» ИС НАН КР в 2003 г.).

На основе макросейсмического материала по интенсивности сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов в эпицентре землетрясений с магнитудами $M \geq 4.6$, автором статьи в 2014 г. составлен сводный каталог по группам интенсивности сотрясений: I_{10-11} - $I_{10,5}$, I_{9-10} - $I_{9,5}$, I_9 , I_{8-9} - $I_{8,5}$, I_8 , I_{7-8} - $I_{7,5}$, I_7 , I_{6-7} - $I_{6,5}$, I_6 , ставшего базой данных (> 2000 точек) для построений серии карт. При составлении каталога, автором использовались сейсмические Каталоги работ [4-5, 8-9].

С помощью применения алгоритмов объёмной триангуляции базы макросейсмических данных в среде программирования MATLAB, построены (2D) двумерные (рисунки 6-7) и (3D) трёхмерная (рисунок 8) модели карт интенсивности сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов в пределах рассматриваемых координат [6-7].

Из рисунков 6–7, демонстрирующих двумерное представление интенсивности сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов, видно, что основная часть территории Кыргызского Тянь-Шаня характеризуется 6, 6.5 и 7-балльной интенсивностью сотрясений.

Интенсивность сотрясения от 6 до 7 баллов в Тонском сейсмоактивном блоке – центральная часть Джумгало-Терской сейсмогенерирующей зоны Северного Тянь-Шаня (рисунок 7), подтвердило произошедшее 14.11.2014 года 7-балльное Каджи-Сайское землетрясение (координаты 42.12° с.ш. и 77.22° в.д.; $K=13.9$; $M_{pv} = 6.1$; глубина очага (H) 19 км) [12].

К 10, 9.5 и 9-балльной интенсивности сейсмических сотрясений относятся плейстоценовые области Кеминского 1911 г., Беловодского 1885 г., Верненского 1887 г., Чаткальского 1946 г. и Суусамырского 1992 г. сильнейших землетрясений в Северо-Восточном Тянь-Шане; Андижанского 1902 г., Гармского 1941 г., Чаткальского 1946 г., Хаитского 1949 г.— в Юго-Западном Тянь-Шане, оконтуренные полосой 9-ти, 8-ми и 7-балльной интенсивностью сотрясений.

Анализируя карты, демонстрирующие двумерное представление интенсивности сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов, отмечается слияние 7-балльной интенсивности сотрясений Беловодского 1885 г. и Суусамырского 1992 г. землетрясений, что может указывать на присутствие здесь вероятно скрытого разлома и потенциальную возможность возникновения сейсмических событий от 6.5 до 7-ми балльной интенсивности сотрясения.

На сводной 2D карте изосейст с интенсивностью сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов (изолинии интенсивности через 0.5 баллов), построенной по декабрь 2014 г. (рисунок 7) [7], видно, что после Каджи-Сайского землетрясения 2014 г. произошло расширение 6.5-балльной зоны интенсивности. Возможно, в течение ближайших несколько лет произойдёт слияние этой зоны с зоной такой же интенсивности, протягивающейся с юга от Гиссаро-Кокшаальской сейсмоактивной зоны в северном и северо-западном направлениях.

Наиболее ярко слияние зон интенсивность 7 и 7.5- баллов выражено в Текесской линеamentной зоне Северо-Восточного Тянь-Шаня, где по геоморфологическим, геодезическим и геофизическим данным выделен скрытый Текес-Сарыджазской глубинный разлом северо-западного направления [14-15].

Трёхмерная модель сводных изосейст исторических и современных (по декабрь 2014 г.) землетрясений с $M \geq 4.6$ и интенсивностью от I_6 до I_{10-11} баллов (рисунок 8) [7], наиболее чётко отражает районы с различной интенсивностью сотрясений, выделяя при этом наиболее интенсивные очаговые области произошедших сильных землетрясений и районы слияния зон одной интенсивности (например – 7-балльной интенсивности сотрясений Беловодского 1885 г. и Суусамырского 1992 г. землетрясений). Привлечение в созданную базу данных других геофизических полей позволяет детализировать любые районы сейсмоактивных зон и обосновать определяющие процессы, происходящие в конкретном районе зоны на разных глубинах.

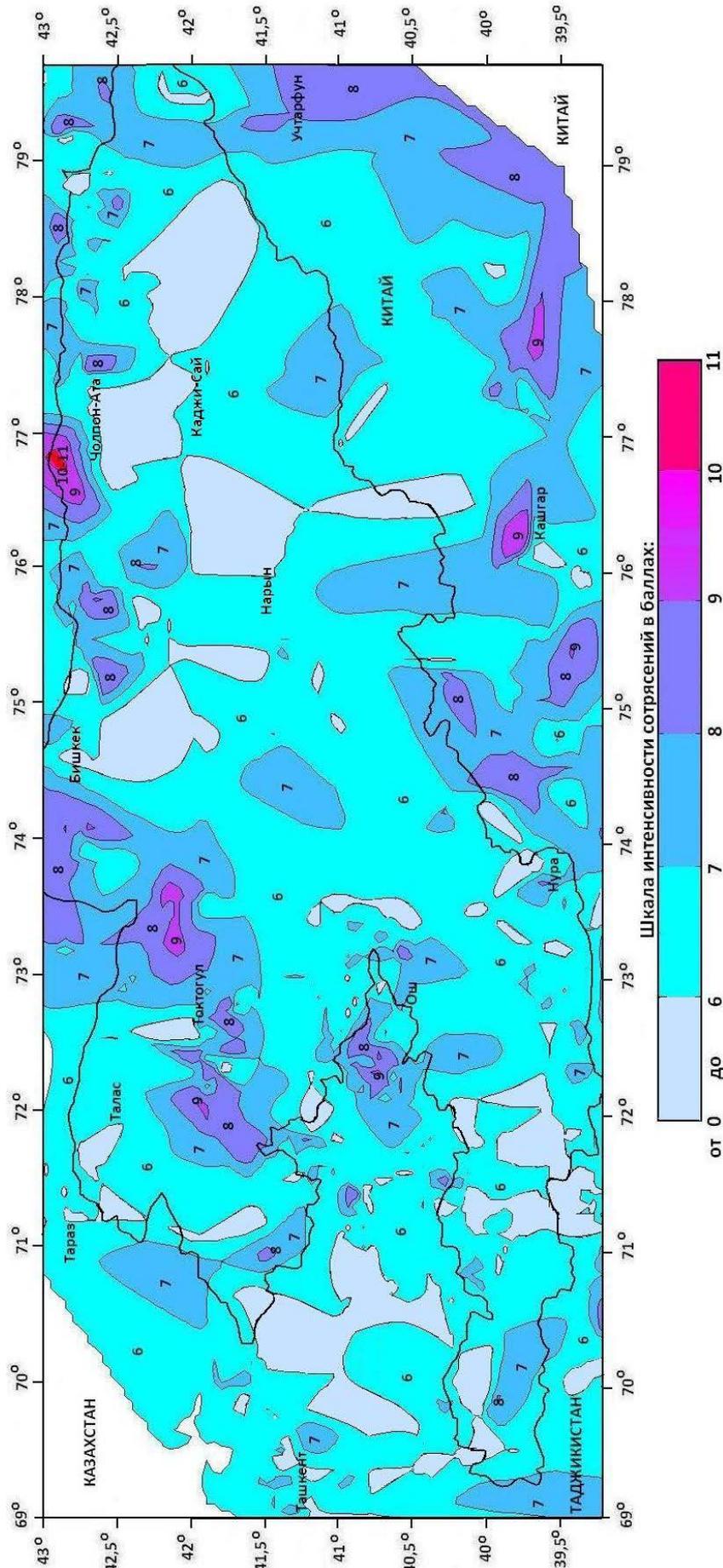


Рисунок 6. Сводная 2D карта изосейст исторических и современных (по октябрь 2014 г.) землетрясений с $M \geq 4.6$ с интенсивностью сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов (изолинии интенсивности через 1.0 балл) в пределах координат $\varphi = 39.00^\circ - 43.00^\circ N$ $\lambda = 69.00^\circ - 80.00^\circ E$ [7].

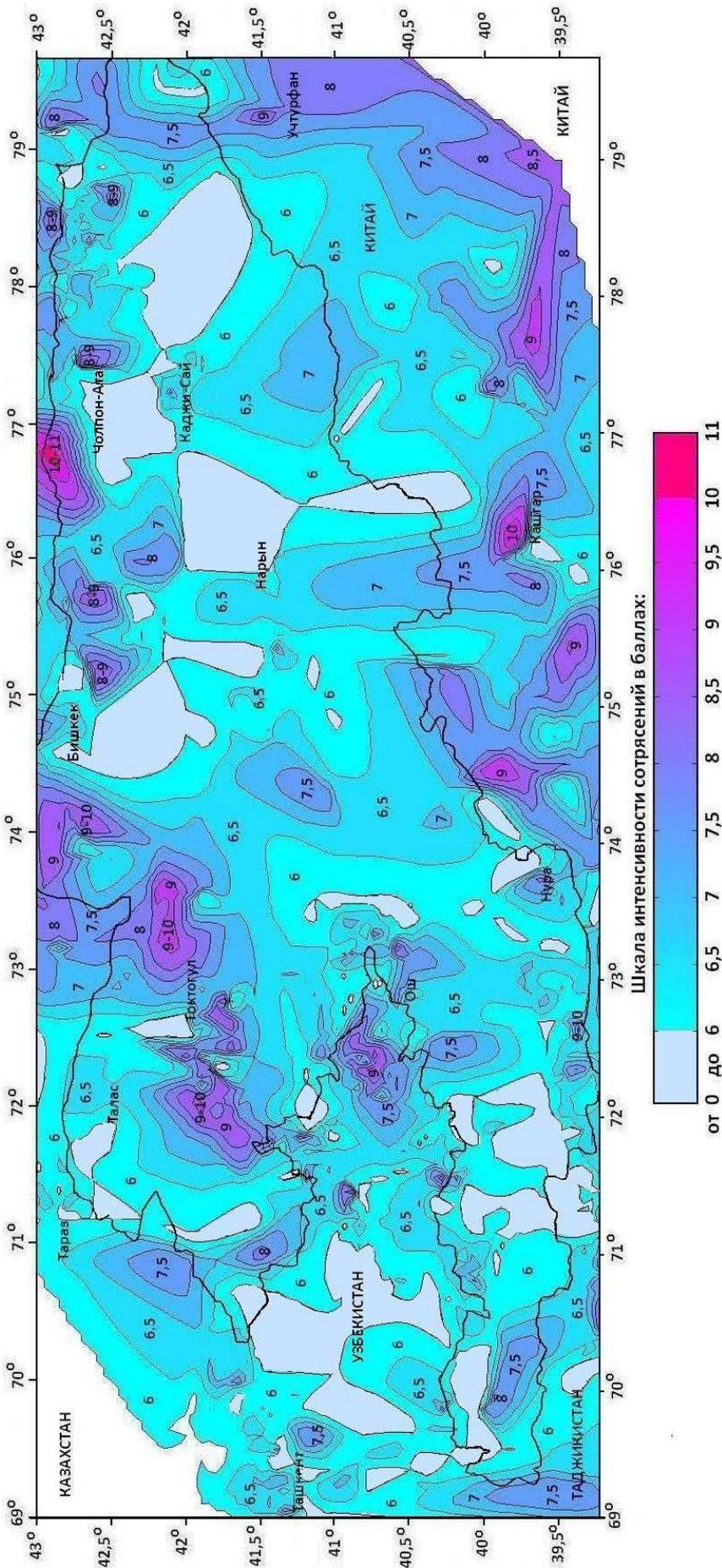


Рисунок 7. Сводная 2D карта изосейст исторических и современных (по декабрь 2014 г.) землетрясений с $M \geq 4.6$ с интенсивностью сейсмических сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов (изолинии интенсивности через 0.5 баллов) в пределах координат $\varphi = 39.00^\circ - 43.00^\circ$ N $\lambda = 69.00^\circ - 80.00^\circ E$ [7].

Заключение

1. С помощью применения алгоритмов объёмной триангуляции и базы макросейсмических данных по интенсивности сотрясений от I_6 до I_{10-11} баллов сейсмособытий в среде программирования MATLAB уточнена интенсивность сотрясений в различных сейсмоактивных зонах Кыргызского Тянь-Шаня до 2014 г.
2. Дополнения в базу ежегодных макросейсмических данных по интенсивности, позволяет выдавать ежегодные новые прогнозные карты интенсивности сотрясений.

Работа выполнена при финансовой поддержке МНТЦ (грант КР-2011).

Литература

1. Чедия О.К. Новейшая тектоника Киргизии и сейсмогенные структуры// Сеймотектоника некоторых районов юга СССР. – Изд.: Наука, 1976. – С. 157-162.
2. Кнауф В.И., Миколайчук А.В., Нурманбетов К. и др. Геологическая среда возникновения землетрясений в Киргизии. – Фрунзе: Илим, 1985. – 87 с.
3. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Джанузаков К.Д., Погребной В.Н. Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (масштаб 1: 1 000 000). Бишкек, 2012.
4. Джанузаков К.Дж., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б.И., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии). – Бишкек: Илим, 2003. – 215 с.
5. Мамыров Э. Землетрясения Тянь-Шаня: магнитуда, сейсмический момент и энергетический класс. Бишкек: Инсанат, 2012. – 234 с.
6. Гребенникова В.В. «Модификация карты по оценке интенсивности сотрясений вследствие сильных исторических и современных землетрясений» (рукопись исследования). Кыргызпатент. Аторское свидетельство № 2462 от 28 октября 2014 г.
7. Гребенникова В.В. «Сводные карты изосейст исторических и современных землетрясений с $M \geq 4.6$ с интенсивностью сейсмических сотрясений от $I=6$ до $I=10-11$ баллов». Кыргызпатент. Аторское свидетельство № 2463 от 28 октября 2014 г.
8. Каталог землетрясений Института сейсмологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики.
9. Catalogue of Earthquakes in Tianshan Area. Inland earthquake, v.11, supplement June 1997. Chief Editor Zhu Lingren, Urunqi, 1997. – 183 p.
10. Лемзин И.Н. Разломы Кыргызской части Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2005. – 59 с.
11. Абдуллаев А.У., Меджитова З.А., Кригер Л.Р., Нургазиева В.В. Последовательность проявления предвестников сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня // Физика Земли, № 7, 1988. – С. 23-32.
12. Гребенникова В.В., Фортуна А.Б. Каджисайское землетрясение 14 ноября 2014 года // Мониторинг и прогноз возможной активизации чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики (изд. 12, с изменениями и дополнениями). – Б.: МЧС КР. 2015. – С. 623-637.
13. Джанузаков К.Д. др. Сводная карта изосейст максимально-наблюдённых сотрясений на территории Кыргызстана с интенсивностью 6 и более баллов // Объяснительная записка к Карте сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (масштаб 1: 1 000 000). Бишкек, 2012. – С. 14-15.

14. Абдрахматов К.Е., Погребной В.Н., Гребенникова В.В., Волкова Т.Л. Геолого-тектонические и геофизические особенности Текес-Сарыджазского секущего (скрытого) глубинного разлома // Наука и новые технологии. – Бишкек. – 2012. – № 6. – С. 62-72.
15. Abdrakhmatov K.Y., Pogrebnoy V.N., Grebennikova V.V. Revealing of the Tekes-Sarydjaz cross-cutting (latent) deeply fault geophysical methods //Collection of paper abstracts. Organizing Committee of the Eighth International Symposium on Tianshan Earthquakes. Sept. 23-26, 2013. Urumqi-China. – P. 195-196.

Рецензент: с.н.с. МНИЦ «Плотина» при КРСУ, к.ф.-м.н. А.Г. Фролова.