

УДК 550.34

Омурбек к. К., Омуралиева А., Омуралиев М.
Институт сейсмологии НАН КР при ПКР,
г. Бишкек, Кыргызстан

СЕЙСМИЧНОСТЬ И СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КУМТОР»

Аннотация. Пространственно-временное проявление землетрясений в пределах месторождения «Кумтор» за период 1962–2025 гг. изучено на четырёх наложенных друг на друга квадратах размерами $6' \times 6'$, $12' \times 12'$, $30' \times 30'$ и $60' \times 60'$, площади которых составляют соответственно около $S = 92 \text{ км}^2$, $S = 368 \text{ км}^2$, $S = 2303 \text{ км}^2$ и $S = 9213 \text{ км}^2$. Сейсмичность и сейсмический режим исследуемых площадей характеризуются величинами среднегодовой вероятности, информации, неопределённости (энтропии), частоты и времени повторения землетрясений. Связь вероятности проявления землетрясений с их пиковым ускорением (PGA) для исследуемых районов выражается степенными уравнениями.

Ключевые слова: активная структура, поднятие, разлом, землетрясение, палеосейсмодислокация, повторяемость, вероятность, информация, неопределённость, проявление землетрясений.

«КУМТОР» КЕН АЙМАГЫНЫН СЕЙСМИКАЛУУЛУГУ ЖАНА СЕЙСМИКАЛЫК РЕЖИМИ

Кыскача мазмуну. 1962–2025-жылдар аралыгында «Кумтор» кен аймагында жер титирөөлөрдүн мейкиндиктик-убакыттык көрүнүшү бири-бирине кабатталган өлчөмдөрү $6' \times 6'$, $12' \times 12'$, $30' \times 30'$ жана $60' \times 60'$ болгон төрт чарчы аянттарда изилденди. Бул өлчөмдөрдүн тиешелүүлүгүнө жараша болжол менен аянттары $S = 92 \text{ км}^2$, $S = 368 \text{ км}^2$, $S = 2303 \text{ км}^2$ жана $S = 9213 \text{ км}^2$ түзөт. Изилденген аянттардын сейсмикалуулугу жана сейсмикалык режими жер титирөөлөрдүн орточо жылдык ыктымалдыгы, маалыматтуулугу, аныксыздыгы (энтропиясы), кайталануу жыштыгы жана кайталануу убактысынын маанилери боюнча көрсөткүчтөр менен мүнөздөлөт. Жер титирөөлөрдүн пайда болуу ыктымалдыгы менен алардын чоку ылдамдануусунун (PGA) ортосундагы байланыш изилденген аймактар үчүн даражалуу теңдемелер менен көрсөтүлгөн.

Негизги сөздөр: активдүү структура, көтөрүлүү, жарака, жер титирөө, палеосейсмодислокация, кайталануусу, ыктымалдык, маалымат, аныксыздык, жер титирөөлөрдүн пайда болушу.

SEISMICITY AND SEISMIC REGIME OF THE KUMTOR DEPOSIT AREA

Abstract. The spatial and temporal distribution of earthquakes within the Kumtor deposit area during the period from 1962 to 2025 was studied using four nested squares with dimensions of $6' \times 6'$, $12' \times 12'$, $30' \times 30'$, and $60' \times 60'$, covering areas of approximately $S = 92 \text{ км}^2$, $S = 368 \text{ км}^2$, $S = 2,303 \text{ км}^2$, and $S = 9,213 \text{ км}^2$, respectively. The seismicity and seismic regime of the studied areas characterize by the values of the mean annual probability, information content, uncertainty (entropy), frequency, and recurrence time of earthquakes. The relationship between the probability of earthquake occurrence and peak ground acceleration (PGA) for the studied areas is described by power equations.

Keywords: active structure, uplift, fault, earthquake, paleoseismic displacement, recurrence, probability, information, uncertainty, earthquake occurrence.

Введение

Золоторудное месторождение «Кумтор» разрабатывается с 1997 г. и является одним из крупнейших объектов золотодобычи Кыргызской Республики, которое расположено в высокогорной области Центрального Тянь-Шаня на территории Иссык-Кульской области. Месторождение характеризуется сложным геолого-тектоническим строением, высокой степенью расчленённости рельефа и наличием развитой сети тектонических разломов разного порядка. Его расположение в пределах активной горной системы Тянь-Шаня обуславливает значительную роль современных геодинамических процессов и сейсмичности в формировании инженерно-геологических и геодинамических условий территории. В связи с этим изучение пространственно-временного распределения землетрясений [1-5], изучение сейсмичности, сейсмического режима и оценка сейсмической опасности [6] исследуемого района являются актуальными, поскольку здесь расположены ответственные объекты: карьер (рисунок 1), обогатительная фабрика, хвостохранилище, прорывоопасные озёра, многочисленные ледники, а также исток реки Нарын - Сырдарья.



Рисунок 1. Снимок Центрального карьера месторождения «Кумтор» на северо-западном склоне хребта Ак-Шийрак [<https://www.kumtor.kg/ru/gallery/kumtor/>].

Методика и фактический материал

Исходными данными для исследований послужили результаты изучения активных структур, данные о палеоземлетрясениях и каталог землетрясений с $K_R \geq 7.0$ за период с 1962 г.

На рисунке 2 показано пространственное положение основных тектонических разломов, участков проявления палеоземлетрясений и центрального карьера месторождения «Кумтор». Выделенные семь участков палеоземлетрясений приурочены к различным сегментам разломной сети, что свидетельствует о пространственной связи древних сейсмических проявлений с активными и потенциально сейсмогенными [7] тектоническими структурами.

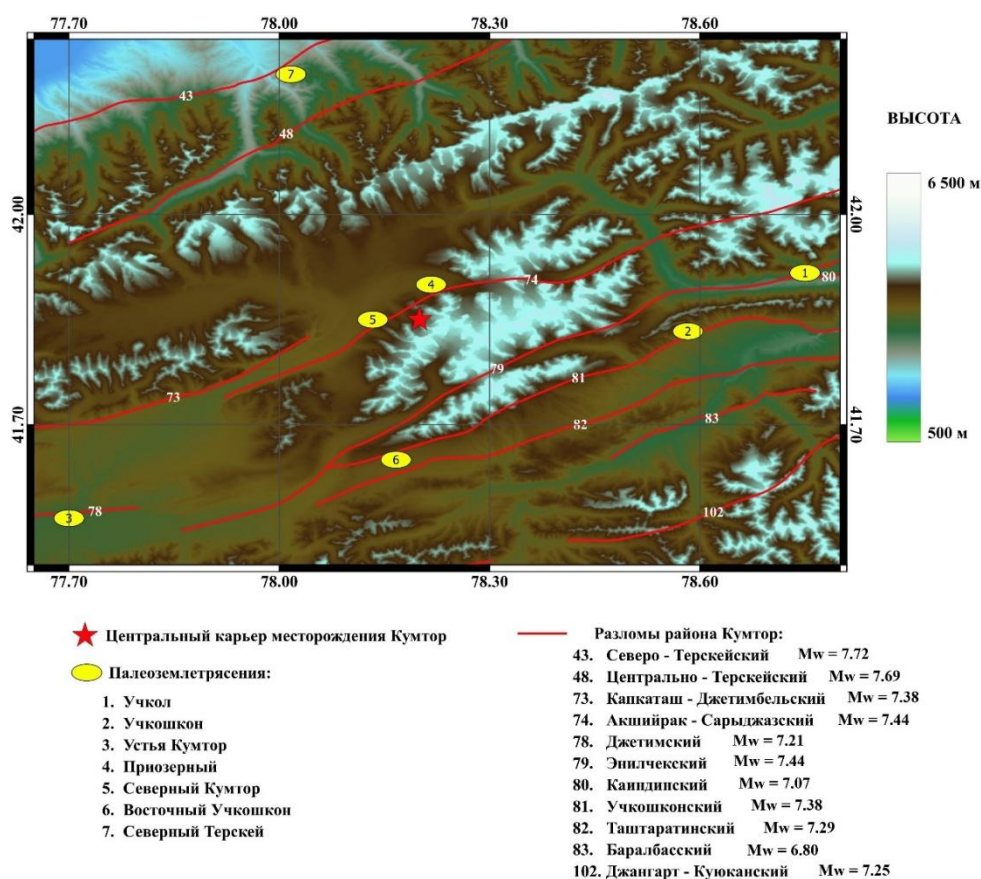


Рисунок 2. Карта-схема распределения эпицентров палеоземлетрясений и активных разломов в квадрате $\text{lat} = 41.500^\circ - 42.250^\circ$, $\text{lon} = 77.650^\circ - 78.800^\circ$ за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор».

На рисунке 3 представлен сейсмический ров палеоземлетрясения в зоне разлома Северный Терскей сбросово-сдвигового характера (верховье реки Кичи-Джаргылчак).



Рисунок 3. Сейсмический ров палеоземлетрясения в зоне разлома Северный Терскей сбросово-сдвигового характера (верховье реки Кичи-Джаргылчак) (фото Байкулова С., Рахмединова Э.).

На рисунке 4 представлен сейсмоуступ палеоземлетрясения в устье реки Кумтор в зоне Джетимского разлома

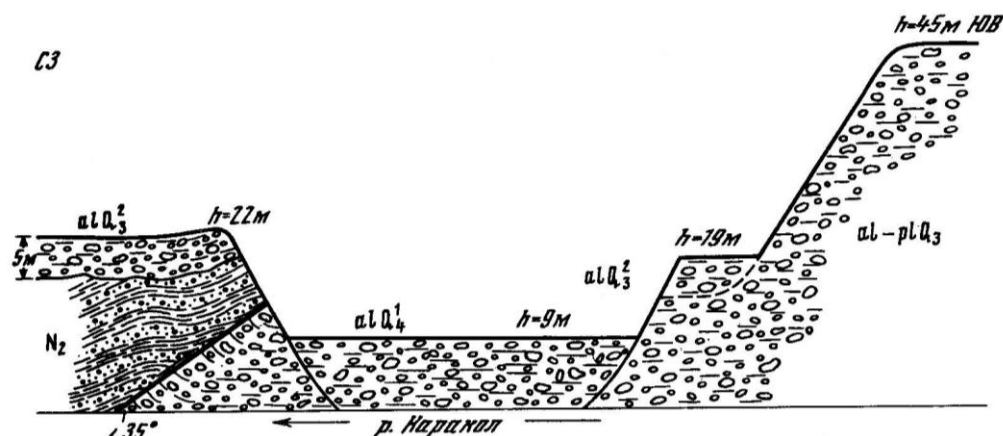


Рисунок 4. Сейсмоуступ палеоземлетрясения в устье реки Кумтор в зоне Джетимского разлома (рисунок К. В. Курдюкова, 1962).

Примечательно, что большинство выявленных палеосейсмодислокаций сосредоточено вдоль крупных тектонических разломов. Особенно важны участки **Приозерный (№ 4)** и **Северный Кумтор (№ 5)**, расположенные в непосредственной близости от центрального карьера.

Сейсмичность и сейсмический режим района месторождения «Кумтор» изучены посредством наложения 4-х квадратов размерами: 6'x6', 12'x12', 30'x30', 60'x60', площадь которых составляет около $S=92 \text{ км}^2$, $S=368 \text{ км}^2$, $S=2303 \text{ км}^2$, $S=9213 \text{ км}^2$, соответственно.

На рисунке 5 приведено распределение эпицентров землетрясений с энергетическим классом $K_R = 8.0-11.5$ в квадрате $\text{lat} = 41.752^\circ - 41.982^\circ$, $\text{lon} = 78.085^\circ - 78.315^\circ$ (размером 6'x6') за период 1962–2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор».

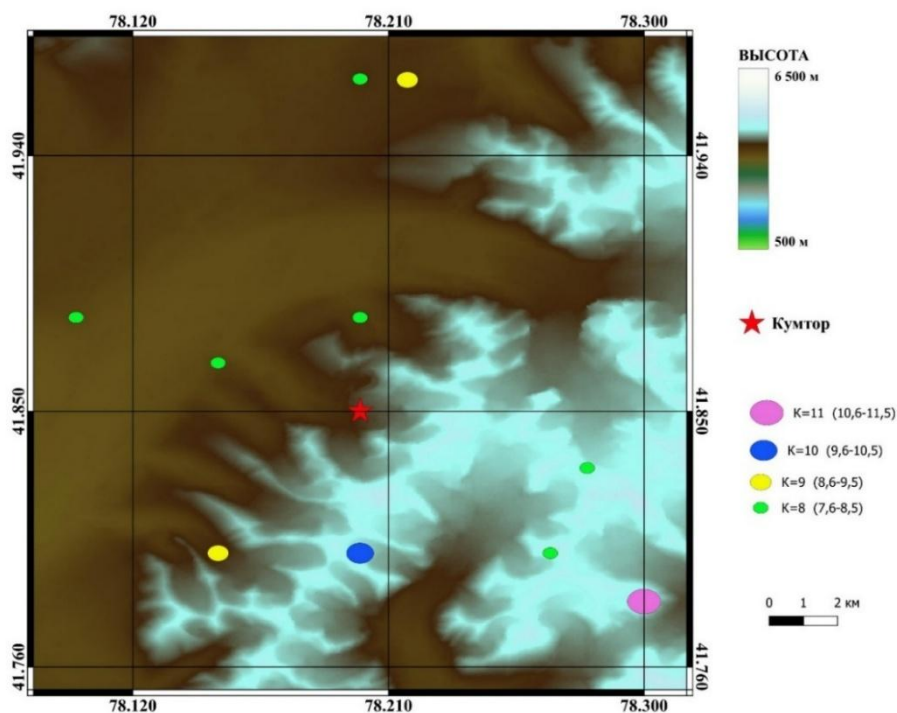


Рисунок 5. Карта-схема распределения эпицентров землетрясений с $K_R = 8.0-11.5$ в квадрате $\text{lat} = 41.752^\circ - 41.982^\circ$, $\text{lon} = 78.085^\circ - 78.315^\circ$ (размером 6'x6') за 1962–2025 гг. в пределах

месторождения «Кумтор». Звёздочкой красного цвета обозначено месторождение «Кумтор», землетрясения с энергетическим классом $K_R = 8$ (7.6-8.5) обозначены эллипсами зелёного цвета, $K_R = 9$ (8.6-9.5) - жёлтого цвета, $K = 10$ (9.6-10.5) - синего цвета, $K = 11$ (10.6-11.5) - розового цвета.

В таблице 1 представлены энергия землетрясений E (Дж), количество землетрясений n , средняя годовая частота N , вероятность p , количество информации I (бит), неопределенность (энтропия) ансамбля землетрясений H в квадрате $6' \times 6'$ в пределах месторождения «Кумтор» за 1968-2022 гг.

Таблица 1. Значения энергетического класса $K_R = \lg E$ (Дж), энергии землетрясений E (Дж), количества землетрясений n , средней годовой частоты N , вероятности проявления землетрясений p , количества информации $I = -\log p$ (бит), неопределённости-энтропии H ансамбля землетрясений.

K	E+10 (Дж)	n	N	log N	p Вероятность	Log p	I=log p, бит	p*log p	H=- p*log p
8	0.06	6	0.10909	-0.962211	0.54545455	-0.8744691	0.874469	-0.476983	0.476983
9	0.3	3	0.05455	-1.263241	0.27272727	-1.8744691	1.874469	-0.511219	0.511219
10	1	1	0.01818	-1.740363	0.09090909	-3.4594316	3.459432	-0.314494	0.314494
11	10	1	0.01818	-1.740363	0.09090909	-3.4594316	3.459432	-0.314494	0.314494
	11.36*E+10		0.2				2.41695		1.61719

K	E+10 (Дж)	n	N	log N	p Вероятность	Log p	I=log p, бит	p*log p	H=- p*log p
8	0,06	6	0,10909	-0,962211	0,54545455	-0,8744691	0,874469	-0,476983	0,476983
9	0,3	3	0,05455	-1,263241	0,27272727	-1,8744691	1,874469	-0,511219	0,511219
10	1	1	0,01818	-1,740363	0,09090909	-3,4594316	3,459432	-0,314494	0,314494
11	10	1	0,01818	-1,740363	0,09090909	-3,4594316	3,459432	-0,314494	0,314494
	11,36*E+10		0,2				2,41695		1,61719

График повторяемости землетрясений с $K_R \geq 8.0$ в квадрате $\text{lat} = 41.752^\circ - 41.982^\circ$, $\text{lon} = 78.085^\circ - 78.315^\circ$ (размером $6' - 6'$) за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор» показан на рисунке 6.

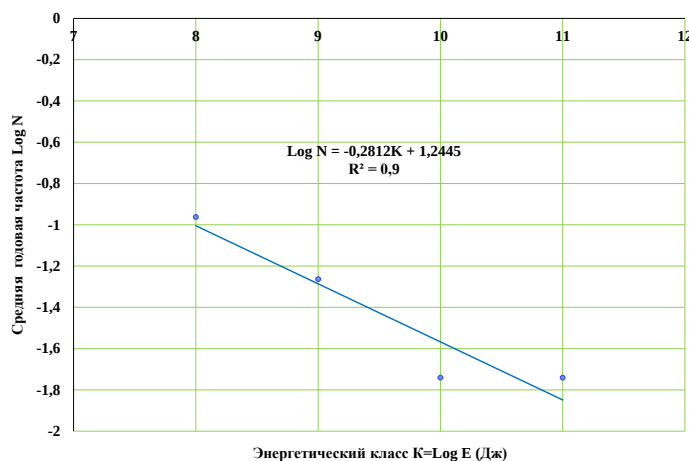


Рисунок 6. График повторяемости землетрясений с $K_R = 8.0-11.5$ в квадрате $\text{lat} = 41.752^\circ - 41.982^\circ$, $\text{lon} = 78.085^\circ - 78.315^\circ$ (размером $6' - 6'$) за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор».

Связь PGA и вероятности проявления (p) землетрясений за 1962-2025 гг. показана на рисунке 7, которая выражается экспоненциальным уравнением:

$$p = 2.0237PGA^{-0.905} \quad (1)$$

Следовательно, большие значения PGA имеют относительно малую вероятность возникновения, а малые значения PGA – большую вероятность возникновения.

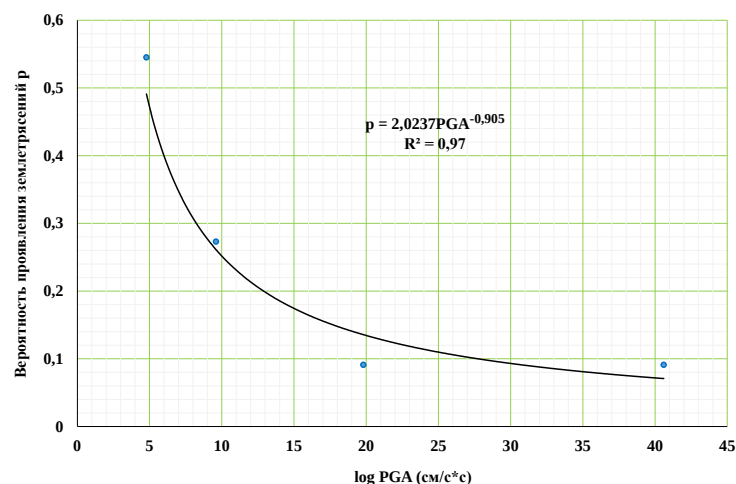


Рисунок 7. График связи PGA и вероятности проявления землетрясений в районе месторождения «Кумтор» в квадрате $lat = 41.752^\circ - 41.982^\circ$, $lon = 78.085^\circ - 78.315^\circ$ (размером 6'-6') за 1962-2025 гг.

«Пропускная способность» – максимальное среднегодовое количество землетрясений ($K_R = 8.0 - 11.0$) в районе $lat = 41.752^\circ - 41.982^\circ$, $lon = 78.085^\circ - 78.315^\circ$ за 1962-2025 гг. характеризуется информацией более $I=2.41695$ (бит), энергией более $E=11.36 \cdot E+10$ (Дж), энтропией – неопределённостью ансамбля землетрясений около $H=1.61719$ (бит).

На рисунке 8 приведено распределение эпицентров землетрясений с энергетическим классом $K_R = 8.0 - 11.5$ в квадрате $lat = 41.660^\circ - 42.072^\circ$, $lon = 77.990^\circ - 78.420^\circ$ (размером 12'×12') за период 1962–2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор».

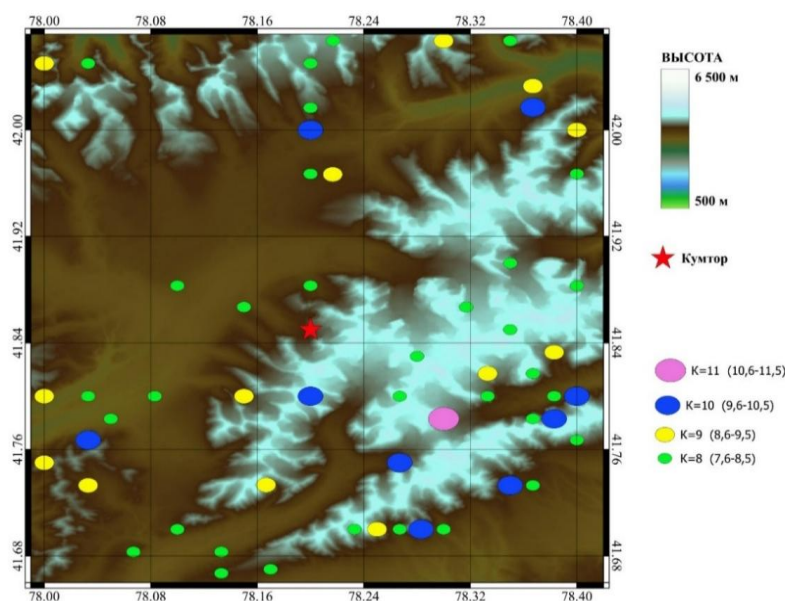


Рисунок 8. Карта-схема распределения эпицентров землетрясений с $K_R = 8.0 - 11.5$ в квадрате $lat = 41.660^\circ - 42.072^\circ$, $lon = 77.990^\circ - 78.420^\circ$ (размером 12'-12') за 1962-2025 гг. в пределах

месторождения «Кумтор». Звёздочкой красного цвета обозначено месторождение «Кумтор», землетрясения с энергетическим классом $K_R = 8$ (7.6-8.5) обозначены эллипсами зелёного цвета, $K_R = 9$ (8.6-9.5) – жёлтого цвета, $K_R = 10$ (9.6-10.5) – синего цвета, $K_R = 11$ (10.6-11.5) – розового цвета.

В таблице 2 представлены энергия землетрясений E (Дж), количество землетрясений n , средняя годовая частота N , вероятность p , количество информации I (бит), неопределённость (энтропия) ансамбля землетрясений H в квадрате $12' \times 12'$ в пределах месторождения «Кумтор» за 1967-2023 гг.

Таблица 2. Значения энергетического класса $K = \lg E$ (Дж), энергии землетрясений E (Дж), количества землетрясений n , средней годовой частоты N , вероятности проявления землетрясений p , количества информации $I = -\log p$ (бит), неопределённости-энтропии H ансамбля землетрясений.

K	E+10 (Дж)	n	N	log N	p Вероятность	log p	I=-log p, бит	p*log p	H=-p*log p
8	0.35	35	0.6140351	-0.21181	0.573771	-0.80145	0.801454	-0.45985	0,459851
9	1.5	15	0.2631579	-0.57978	0.245902	-2.02385	2.023846	-0.49767	0,497667
10	10	10	0.1754386	-0.75587	0.163934	-2.60881	2.608809	-0.42767	0,427674
11	10	1	0.0175439	-1.75587	0.016393	-5.93074	5.930737	-0.09723	0,097225
	21.85*E+10 (Дж)		1.0701754				2.841211		1,482417

График повторяемости землетрясений $K_R \geq 8.0$ в квадрате $\text{lat} = 41.660^\circ - 42.072^\circ$, $\text{lon} = 77.990^\circ - 78.420^\circ$ (размером $12' - 12'$) за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор» показан на рисунке 9.

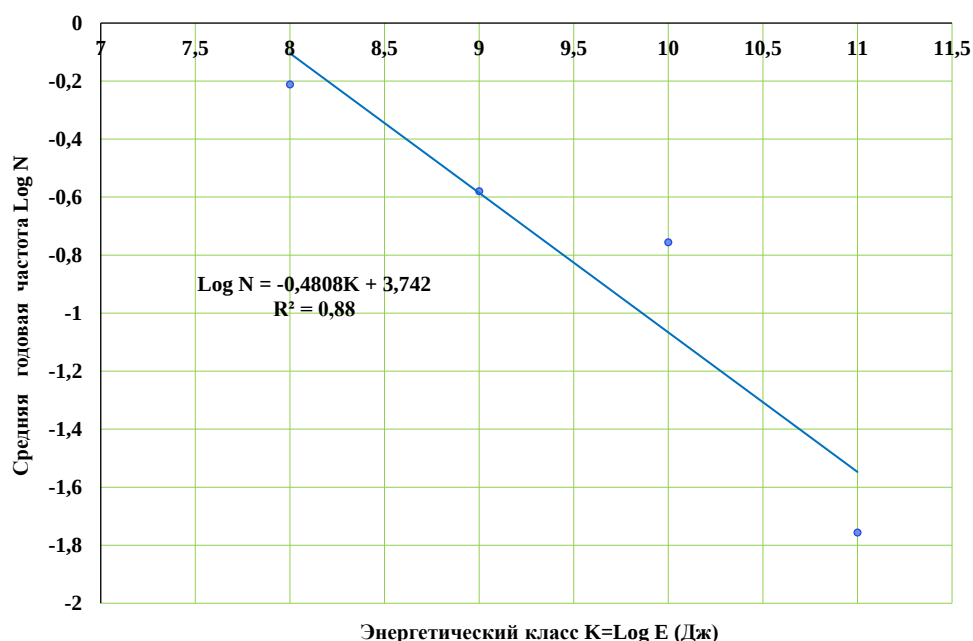


Рисунок 9. График повторяемости землетрясений с $K_R \geq 8.0$ в квадрате $\text{lat} = 41.660^\circ - 42.072^\circ$, $\text{lon} = 77.990^\circ - 78.420^\circ$ (размером $12' - 12'$) за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор».

Связь PGA и вероятности проявления (p) землетрясений за 1962–2025 гг. показана на рисунке 10, которая выражается экспоненциальным уравнением:

$$p = 8.4251PGA^{-1.562} \quad (2)$$

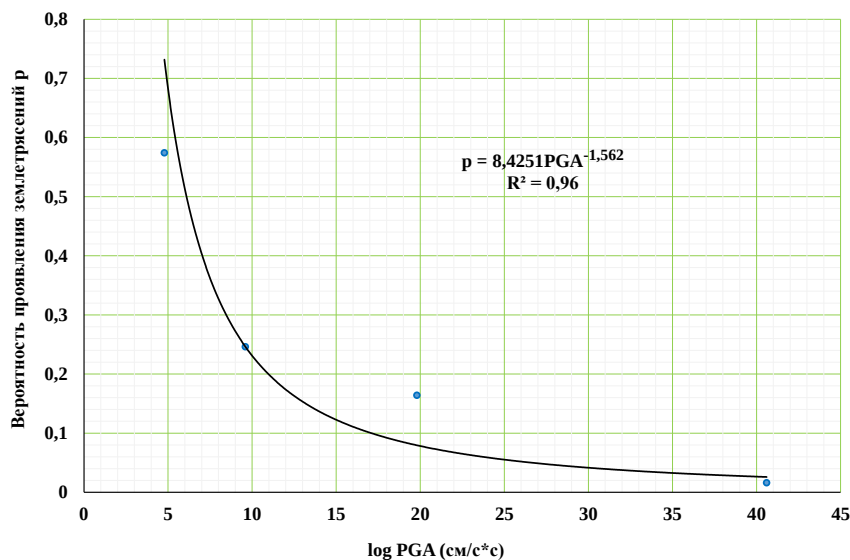


Рисунок 10. График связи PGA и вероятности проявления землетрясений в районе месторождения «Кумтор» в квадрате размером 12'-12' за 1962–2025 гг.

Пропускная способности землетрясений с энергетическим классом $K_R = 8.0–11.0$ в районе $lat = 41.660^\circ - 42.072^\circ$, $lon = 77.990^\circ - 78.420^\circ$ (размером 12'-12') за период 1962–2025 гг. характеризуется информацией более $I=2.841211$ бит, энергией более $E=21.85 \times 10^{10}$ Дж и энтропией – неопределённостью ансамбля землетрясений около $H=1.482417$ бит.

На рисунке 11 приведено распределение эпицентров землетрясений с энергетическим классом $K_R = 8.0–13.5$ в квадрате $lat = 41.350^\circ - 42.380^\circ$, $lon = 77.670^\circ - 78.730^\circ$ (размером 30'×30') за период 1962–2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор».

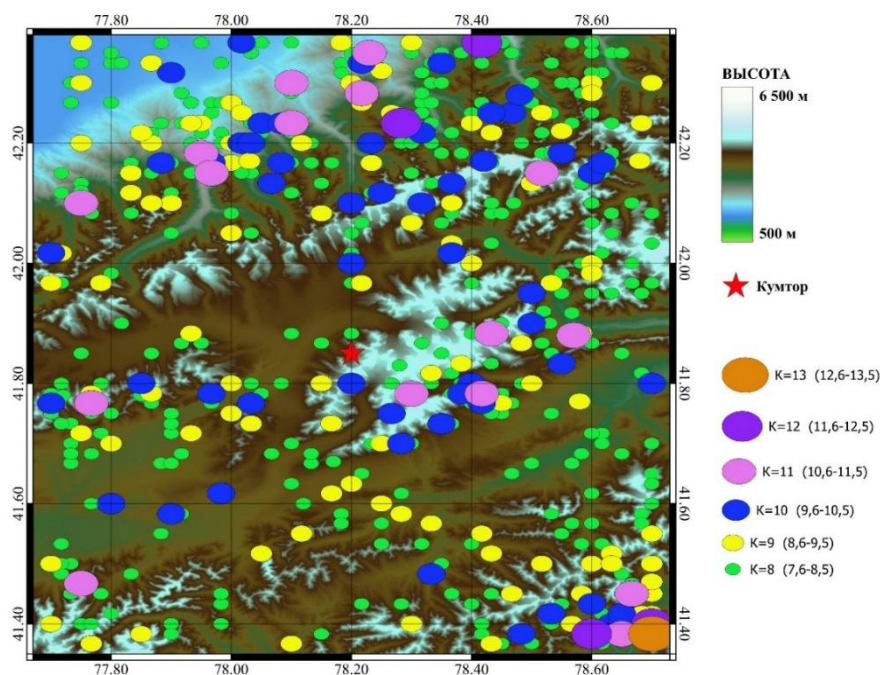


Рисунок 11. Карта-схема распределения эпицентров землетрясений с $K_R = 8.0-13.0$ в квадрате $lat = 41.350^\circ - 42.380^\circ$, $lon = 77.670^\circ - 78.730^\circ$ (размером 30'-30') за 1962–2025 гг. в

пределах месторождения «Кумтор». Звёздочкой красного цвета обозначено месторождение «Кумтор», землетрясения с энергетическим классом $K = 8$ (7.6-8.5) обозначены эллипсами зелёного цвета, $K_R = 9$ (8.6-9.5) – жёлтого цвета, $K_R = 10$ (9.6-10.5) – синего цвета, $K_R = 11$ (10.6-11.5) – розового цвета, $K_R = 12$ (11.6-12.5) – фиолетового цвета, $K_R = 13$ (12.6-13.5) – оранжевого цвета.

В таблице 3 представлены энергия землетрясений E (Дж), количество землетрясений n , средняя годовая частота N , вероятность p , количество информации I (бит), неопределенность (энтропия) ансамбля землетрясений H в квадрате $30' \times 30'$ в пределах месторождения «Кумтор» за 1962-2025 гг.

Таблица 3. Значения энергетического класса $K_R = \lg E$ (Дж), энергии землетрясений E (Дж), количества землетрясений n , средней годовой частоты N , вероятности проявления землетрясений p , количества информации $I = -\log p$ (бит), неопределённости-энтропии H ансамбля землетрясений.

K	E+10 (Дж)	n	N	log N	p Вероятность	Log p	I=-log p, бит	p*Log p	H=-p*log p, бит
8	3,3	332	5,1875	0,7149581	0,63358779	-0,65838357	0,658384	-0,417144	0,417144
9	10,9	109	1,703125	0,2312465	0,20801527	-2,26523868	2,265239	-0,471204	0,471204
10	62	62	0,96875	-0,013788	0,11832061	-3,07922669	3,079227	-0,364336	0,364336
11	160	16	0,25	-0,60206	0,03053435	-5,033423	5,033423	-0,153692	0,153692
12	400	4	0,0625	-1,20412	0,00763359	-7,033423	7,033423	-0,05369	0,05369
13	1000	1	0,015625	-1,80618	0,0019084	-9,033423	9,033423	-0,017239	0,017239
	1636,2 *E+10 (Дж)		8,1875				4,517186		1,477306

График повторяемости землетрясений $K_R \geq 8.0$ в квадрате $\text{lat} = 41.350^\circ - 42.380^\circ$, $\text{lon} = 77.670^\circ - 78.730^\circ$ (размером $30' - 30'$) за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор» показан на рисунке 12.

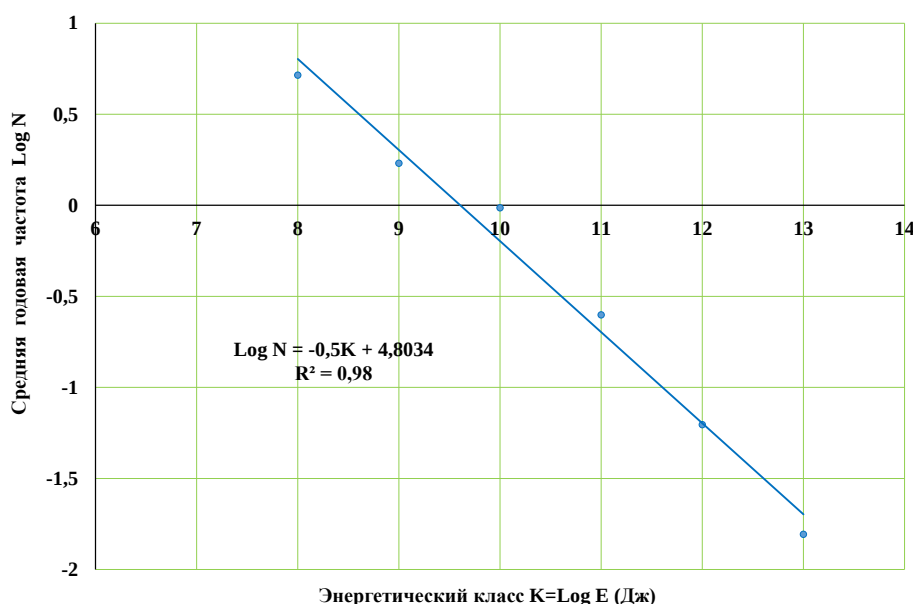


Рисунок 12. График повторяемости землетрясений с $K_R \geq 8.0$ в квадрате $\text{lat} = 41.350^\circ - 42.380^\circ$, $\text{lon} = 77.670^\circ - 78.730^\circ$ (размером $30' - 30'$) за 1962-2025 гг. пределах месторождения «Кумтор».

Связь PGA и вероятности проявления (p) землетрясений за 1962-2025 гг. показана на рисунке 13, которая выражается экспоненциальным уравнением:

$$p = 8.9067PGA^{-1.585} \quad (3)$$

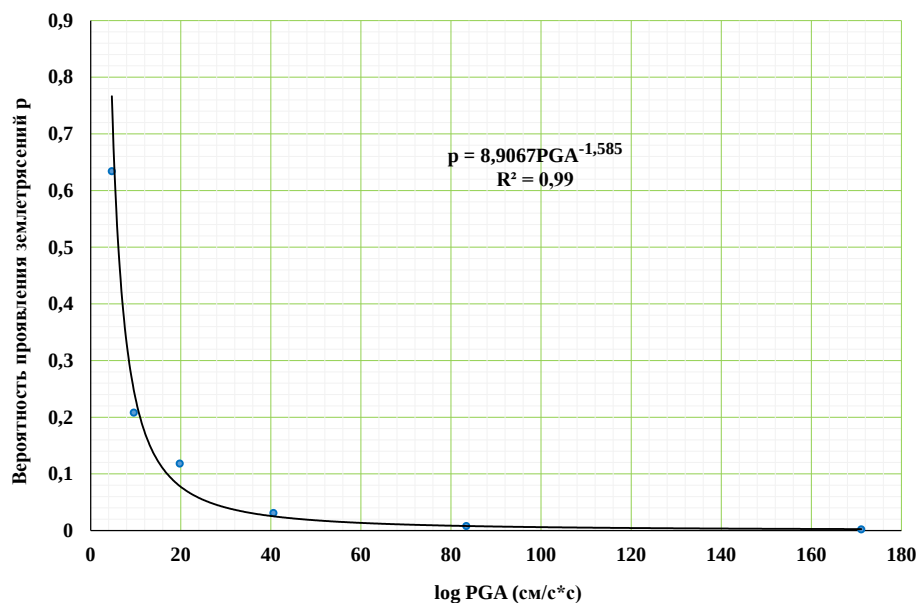


Рисунок 13. График связи PGA и вероятности проявления землетрясений в районе месторождения «Кумтор» в квадрате размером 30'-30' за 1962-2025 гг.

Пропускная способность землетрясений с энергетическим классом $K_R = 8.0-13.0$ в районе $lat = 41.350^\circ - 42.380^\circ$, $lon = 77.670^\circ - 78.730^\circ$ (размером 30'-30') за 1962-2025 гг. характеризуется информацией более $I = 4.517186$ бит, энергией более $E = 1.6362 \times 10^{13}$ Дж и энтропией-неопределённостью ансамбля землетрясений около $H = 1.477306$ бит.

На рисунке 14 представлено распределение эпицентров землетрясений с энергетическим классом $K_R = 8.0-15.6$ в квадрате $lat = 40.860^\circ - 42.890^\circ$, $lon = 77.170^\circ - 79.220^\circ$ (размером $1^\circ \times 1^\circ$) за период 1962-2025 гг. в пределах района месторождения «Кумтор».

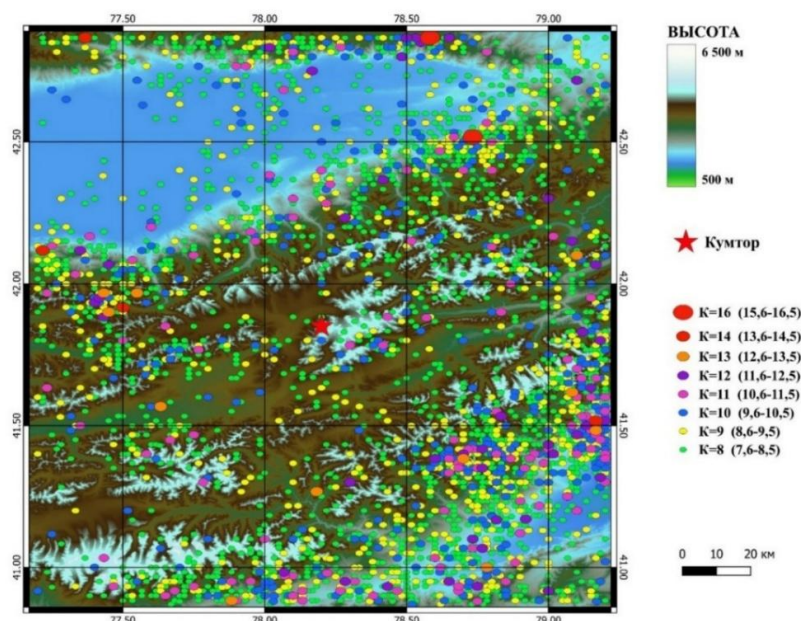


Рисунок 14. Карта-схема распределения эпицентров землетрясений с $K_R = 8.0-15.6$ в квадрате $lat = 40.860^\circ - 42.890^\circ$, $lon = 77.170^\circ - 79.220^\circ$ (размером $1^\circ \times 1^\circ$) за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор».

Звёздочкой красного цвета выделено месторождение «Кумтор», землетрясения с энергетическим классом $K = 8$ (7.6-8.5) обозначены эллипсами зелёного цвета, $K = 9$ (8.6-9.5) – жёлтого цвета, $K = 10$ (9.6-10.5) – синего цвета, $K = 11$ (10.6-11.5) – розового цвета, $K = 12$ (11.6-12.5) – фиолетового цвета, $K_R = 13$ (12.6-13.5) – оранжевого цвета, $K_R = 14$ (13.6-14.5) – красного цвета, $K = 16$ (15.6-16.5) – красного цвета, но большим диаметром.

В таблице 4 представлены энергия землетрясений E (Дж), количество землетрясений n , средняя годовая частота N , вероятность p , количество информации I (бит), неопределённость ансамбля землетрясений H в квадрате $1^\circ \times 1^\circ$ в пределах месторождения «Кумтор» за 1962-2025 гг.

Таблица 4. Значения энергетического класса $K_R = \lg E$ (Дж), энергии землетрясений E (Дж), количества землетрясений n , средней годовой частоты N , вероятности проявления землетрясений p , количества информации $I = -\log p$ (бит), неопределённости-энтропии H ансамбля землетрясений.

K	E+10 (Дж)	n	N	log N	p Вероятность	Log p	I=-log p, бит	p*Log p	H=p*log p, бит
8	22.55	2255	35.23438	1.546967	0.6178082	-0.694769	0.69476903	-0.42923	0,429234
9	84	840	13.125	1.118099	0.230137	-2.119435	2.11943523	-0.48776	0,48776
10	374	374	5.84375	0.766692	0.1024658	-3.286786	3.28678629	-0.33678	0,336783
11	1200	120	1.875	0.273001	0.0328767	-4.92679	4.92679015	-0.16198	0,161977
12	4300	43	0.671875	-0.17271	0.0117808	-6.407416	6.40741599	-0.07548	0,075485
13	12000	12	0.1875	-0.727	0.0032877	-8.248718	8.24871825	-0.02712	0,027119
14	40000	4	0.0625	-1.20412	0.0010959	-9.833681	9.83368075	-0.01078	0,010777
16	2000000	2	0.03125	-1.50515	0.0005479	-10.83368	10.8336807	-0.00594	0,005936
	2057980.55*E+10		57.03125				5.79390956		1.535071

График повторяемости землетрясений с $K_R = 8.0-15.6$ в квадрате $\text{lat}=40.860^\circ-42.890^\circ$, $\text{lon}=77.170^\circ-79.220^\circ$ (размером $1^\circ \times 1^\circ$) за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор» показан на рисунке 15.

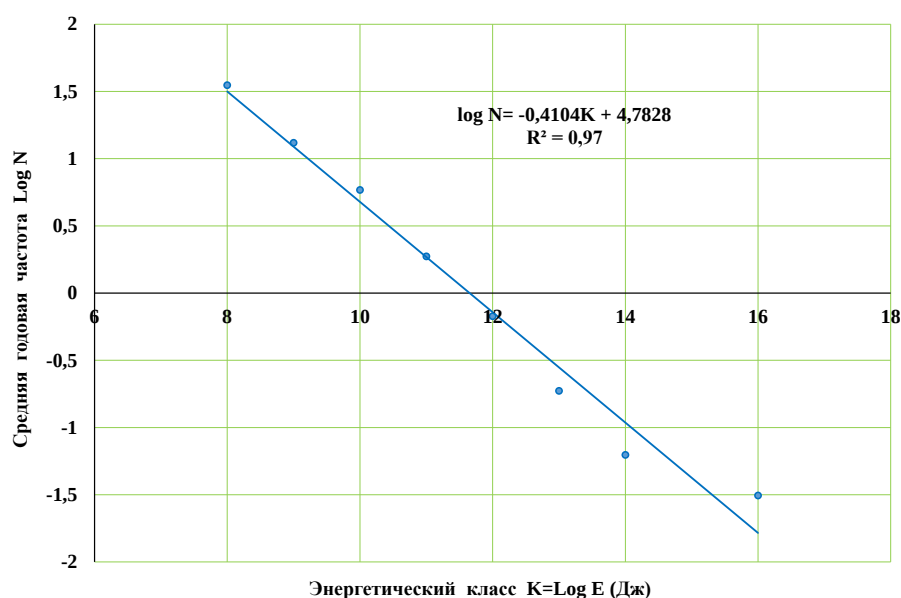


Рисунок 15. График повторяемости землетрясений с $K_R = 8.0-15.6$ в квадрате $\text{lat}=40.860^\circ-42.890^\circ$, $\text{lon}=77.170^\circ-79.220^\circ$ (размером $1^\circ \times 1^\circ$) за 1962-2025 гг.

На рисунке 16 представлена зависимость вероятности проявления землетрясений (p) от величины пикового ускорения грунта (PGA) за период 1962–2025 гг. По оси абсцисс отложена величина PGA, а по оси ординат — вероятность проявления землетрясений p .

Полученная зависимость описывается степенным уравнением:

$$p = 3.1524PGA^{-1.182}. \quad (4)$$

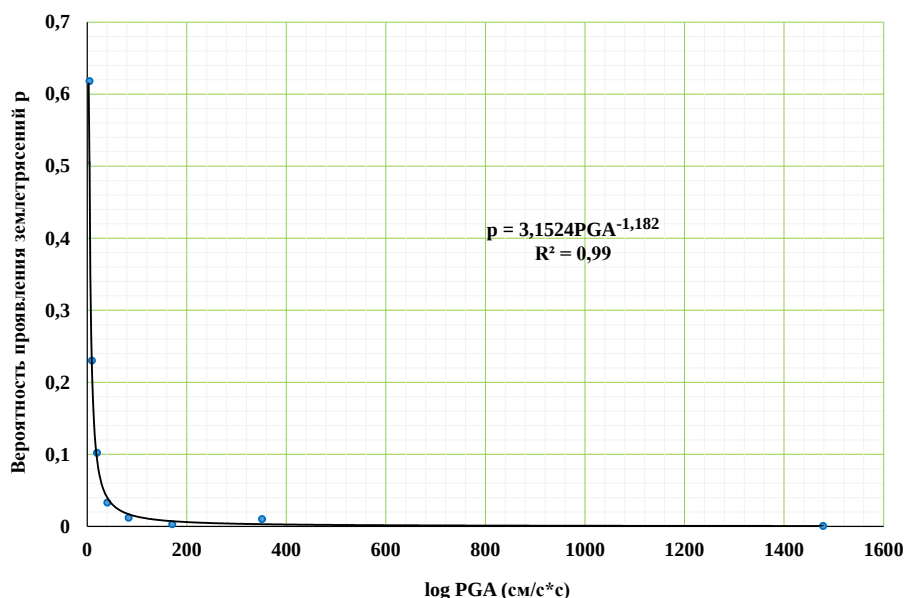


Рисунок 16. Зависимость вероятности проявления землетрясений (p) от пикового ускорения грунта (PGA) за 1962–2025 гг. в районе месторождения «Кумтор».

Пропускная способность землетрясений с энергетическим классом $K_R = 8-16$ в районе $\text{lat}=40.860^\circ-42.890^\circ$, $\text{lon}=77.170^\circ-79.220^\circ$ (размером $1^\circ \times 1^\circ$) за 1962-2025 гг. характеризуется информацией более $I = 5.79390956$ бит, энергией более $E = 2.057980,55 \times 10^{16}$ Дж и энтропией –неопределённостью ансамбля землетрясений около $H = 1.535071$ бит.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1). Графики повторяемости землетрясений $K_R \geq 8.0$ за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор» в квадратах $6' \times 6'$, $12' \times 12'$, $30' \times 30'$, $60' \times 60'$ выражаются формулами:

$$\log N = -0.2812K + 1.2445, R^2 = 0.9;$$

$$\log N = -0.4808K + 3.742, R^2 = 0.88;$$

$$\log N = -0.5K + 4.8034, R^2 = 0.98;$$

$$\log N = -0.4104K + 4.7828, R^2 = 0.97,$$

где N – среднегодовая частота, $K_R = \lg E$ (Дж) – энергетический класс, R^2 – коэффициент достоверности аппроксимации.

Угловой коэффициент γ этих графиков составляет 0.28, 0.48, 0.5, 0.41

2). Связь PGA ($\text{см}/\text{с}^2$) и вероятности проявления (p) землетрясений за 1962-2025 гг. в пределах месторождения «Кумтор» в районах в пределах квадратов $6' \times 6'$, $12' \times 12'$, $30' \times 30'$, $60' \times 60'$ выражается степенными уравнениями:

$$p = 2.0237PGA^{-0.905};$$

$$p = 8.4251PGA^{-1.562};$$

$$p = 8.9067PGA^{-1.585};$$

$$p = 3.1524PGA^{-1.182}.$$

3). Каждый сегмент зоны ВОЗ в пределах изученных районов (квадратах) месторождения «Кумтор» имеет характерную пропускную способность землетрясений, определяемых величинами информации, сейсмической энергией и энтропии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахматов К.Е., Бегалиев У.Т., Омуралиев М., Омуралиева А. Сейсмическая опасность населённых пунктов и стратегических сооружений Кыргызской Республики. - Б.: ОСОО «ТРИАДА Принт», 2019, - 98 с.
2. Омурбек к. К., Омуралиев М., Омуралиева А. Распределение землетрясений в пределах месторождения «Кумтор» по данным цифровых сейсмических станций за 1995-2022 гг. // Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2023. - № 1(21). - С. 80-96.
3. Омуралиева А., Омуралиев М., Омурбек к. К., Мураталиева Ж. Анализ механизмов очагов землетрясений Тянь-Шаня по меридиану «золоторудное месторождение «Кумтор» - район катастрофических Чиликского и Кеминского землетрясений» // Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2022. - № 2(20). - С. 75-90.
4. Омуралиев М., Омуралиева А. Средне- и краткосрочная сейсмическая опасность Тянь-Шаня, и иерархия динамики сейсмических процессов (на территории Кыргызстана и приграничных районов соседних стран), 2016, Бишкек: «Триада Принт», 116 с.
5. Мамбетова Г., Омуралиев М., Омуралиева А. Мониторинг последовательности землетрясений Тянь-Шаня и районов соседних регионов за 2012-2022 гг. // Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2022. - № 2(20). - С. 41-48.
6. Омурбек к. К., Омуралиев М., Омуралиева А. Сейсмическое воздействие промышленных взрывов месторождения «Кумтор» на «Центральный» карьер, отвалы, хвостохранилище, ледники и оз. Петрова // Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2024. - № 2(24). - С. 101-112.
7. Отчёт «Детальное сейсмическое районирование в пределах месторождения «Кумтор» на площади радиусом 100 км и сейсмомикрорайонирование на площади хвостохранилища (с центром её дамбы)» за апрель 2021 г.
8. Шеннон К. Математическая теория связи. (Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal. -1948. -Т. 27. -С. 379-423, 623-656.)
9. Омурбек кызы Канышай, Омуралиева А., Омуралиев М. Сейсмичность и сейсмический режим района месторождения «Кумтор». Международная сейсмологическая школа молодых сейсмологов. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Доклад. -г. Ташкент, Узбекистан, -24-28 август, -2026 г.

Рецензент: чл.-корр. НАН КР, д. г.-м. н., проф. Абдрахматов К.Е.