

ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЗАПАДНОГО АЛТАЯ

И. Н. Соколова^{1,*}, А. Е. Великанов², И. Л. Аристова²

¹Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Обнинск, Россия

²Институт геофизических исследований Национальный ядерный центр Республики Казахстан, Курчатов, Казахстан

*E-mail: sokolova.inessa@mail.ru

Район Западного Алтая характеризуется умеренным уровнем сейсмичности, максимальная интенсивность сейсмических проявлений составляла 6–7 баллов по шкале МСК64. В этом районе находится большое количество населенных пунктов, объектов горнодобывающей промышленности, а также предприятие атомной промышленности: Банк низкообогащённого урана (БНОУ). В связи с этим, изучение сейсмической опасности от возможных проявлений природных и техногенных землетрясений на этой территории важно для безопасности населения, экологии и критической инфраструктуры.

15 февраля 1965 г. в 19:50 местного времени в районе Кулундинской степи, вблизи г. Камень-на-Оби, произошло одно из самых интересных землетрясений Западного Алтая с координатами эпицентра $\varphi = 53.633$, $\lambda = 81.533$. По действующей в то время схеме сейсмического районирования СССР этот район относился к 5-балльной зоне. Тем не менее, интенсивность сильного Каменского землетрясения ($m_b = 5.7$, $K_r = 13.4$) достигла 7 баллов в эпицентральной зоне. А в серии землетрясений с апреля по июль 1964 г., наиболее сильное из них землетрясение – 12 июля 1964 г., ощущалось в нескольких населенных пунктах интенсивностью 6 баллов. После кратковременных активизаций 1964 и 1965 гг. в этом районе наблюдается длительный период затишья. В настоящее время в районе в течение нескольких десятилетий наблюдается слабая сейсмическая активность. За период до марта 2026 г. было зарегистрировано лишь 2 землетрясения с энергетическим классом около 11.

Изучение геоморфологических, геодинамических и климатических факторов, обусловивших Каменские землетрясения 1964–1965 гг. показало, что наиболее вероятной причиной, на наш взгляд, является образование дополнительной избыточной водной массы из атмосферных осадков в локализованном месте в течение двух лет, как дополнительной большой нагрузки на недра в земной коре. Широкая пойма р. Обь, размерами 100 × 20 км восточнее г. Камень-На-Оби, испещрена старицами, протоками и озёрами с громадным запасом поверхностных и подземных вод. И этот пойменный резервуар подземных вод в своей западной части около г. Камень-На-Оби подпёрт скальными выходами коренных пород. По данным метеостанции в г. Новосибирске 1962 и 1963 годы отметились малым уровнем осадков, ниже нормы в течение года, а 1964 и 1965 гг. отметились большим уровнем осадков выше нормы. Это способствовало быстрому созданию дополнительной избыточной водной массы (относительно 1962–1963 гг.) в широкой пойме р. Обь к востоку от г. Камень-На-Оби, где и произошло сильное землетрясение 15 февраля 1965 г. Кроме того, Каменское землетрясение произошло за день до новолуния 16 февраля, что послужило дополнительным триггером. Для самого сильного сейсмического события активизации 15.02.1965 г. на основе анализа большого количества исторических аналоговых сейсмограмм было проведено уточнение параметров землетрясения, построен фокальный механизм.

Другим интересным примером наведенной сейсмичности является сильное землетрясение в Восточном Казахстане в Абайской области 23.07.2025 г. ($m_{pv} = 5.6$, $K_r = 12.9$). Землетрясение ощущалось во многих населенных пунктах Казахстана и России. Анализ показал, что с большой вероятностью оно индуцировано избыточным количеством атмосферных осадков, которые скопились в пространстве русла р. Былкылдак, нарушенного горнодобывающими работами на россыпное золото.

INDUCED EARTHQUAKES IN WESTERN ALTAI

I. N. Sokolova^{1,*}, A. E. Velikanov², I. L. Aristova²

¹*Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia*

²*Institute of Geophysical Research of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan*

*E-mail: sokolova.inessa@mail.ru

The Western Altai region is characterized of moderate seismicity level, with maximum seismic intensity reaching 6–7 by the MSC-64 scale. This region contains numerous settlements, mining facilities, and a nuclear facility, the Low Enriched Uranium (LEU) Bank. Therefore, studying the seismic hazard from potential tectonic and induced earthquakes in this area is important for the safety of the population, the environment, and critical infrastructure.

On February 15, 1965, at 19:50 local time, in the Kulunda steppe region, near the town of Kamen-na-Obi, one of the most interesting earthquakes in the Western Altai occurred with the epicenter coordinates $\varphi = 53.633$, $\lambda = 81.533$. According to the seismic zoning map of the USSR at that time, this region belonged to the zone with Intensity 5. Nevertheless, the intensity of the strong Kamenskoye earthquake ($m_b = 5.7$, $K_p = 13.4$) reached Intensity $I = 7$ at the epicentral zone. Earthquake of July 12, 1964 was strongest event in a seismic swarm of during the 1964 April-July and felt in several populated areas with an Intensity $I = 6$. After short-term activations in 1964 and 1965, a long period of calm was observed in this region. The area has experienced low seismic activity for several decades. Until March 2026, only two earthquakes with an $K_p \sim 11$ were registered.

A study of the geomorphological, geodynamic, and climatic factors that caused the Kamensky earthquakes of 1964–1965 has shown that the most likely reason, in our opinion, is the formation of additional excess water from precipitation in this area over two years, placing an additional significant load on the Earth's crust subsoil. The wide (100 by 20 km) Ob River floodplain, measuring east of Kamen-na-Obi, is dotted with oxbow lakes, channels, and lakes containing enormous reserves of surface and groundwater. This floodplain groundwater reservoir, in its western part near Kamen-na-Obi, is backed by bedrock outcrops. According to weather station data in Novosibirsk, 1962 and 1963 were marked by low precipitation, below normal, while 1964 and 1965 were marked by high precipitation, above normal. This contributed to the rapid creation of an additional excess water mass (relative to 1962–1963) in the wide Ob River floodplain east of Kamen-na-Obi, where a strong earthquake 15.02.1965 occurred. Furthermore, the Kamenskoye earthquake occurred the day before the new moon on February 16, which provided an additional trigger. We analyzed of a large number of historical analog seismograms of 15.02.1965, the earthquake parameters were refined, and a focal mechanism was constructed.

Another interesting example of induced strong earthquake is seismic event on July 23, 2025 ($m_{pv} = 5.6$, $K_p = 12.9$) in Abay Region, Eastern Kazakhstan. The earthquake was felt in many populated areas of Kazakhstan and Russia. Analysis showed that it was most likely induced by excess precipitation that accumulated in the Bylkyldak River bed, which had been disturbed by alluvial gold mining.