

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УРАЛА

УДК: 550.23

ББК: 26.3:85.11

Гуляев Александр Николаевичстарший научный сотрудник,
Институт геофизики УрО РАН,
Екатеринбург, Россия, e-mail: usc_alex@mail.ru

Аннотация

Предметом нашего исследования является сейсмичность Урала и прилегающих к нему частей Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Западно-Сибирской плиты. Цель исследования – оценка инженерно-сейсмической безопасности рассматриваемого региона. Методика исследования включает сбор и обобщение данных о наблюдаемой сейсмичности региона и о современной тектонической активности его недр, детальное сейсмическое районирование рассматриваемой территории. В результате сделано заключение о том, что рассматриваемый регион является безопасным в инженерно-сейсмическом отношении. Основанием для этого является низкая сейсмическая активность недр региона, обусловленная низкой тектонической активностью земной коры Урала и смежных с ним районов ВЕП и Западно-Сибирской плиты в новейшее время и на современном этапе. Кроме того, современный Уральский горный пояс располагается в центре Евразии далеко за пределами современных сейсмичных регионов, где локализованы очаги разрушительных землетрясений. Результаты этой работы использованы при детальном сейсмическом районировании Урала и прилегающих территорий ВЕП и Западно-Сибирской плиты. В заключение делается вывод об инженерно-сейсмической безопасности рассматриваемой территории и о том, что применение при проектировании и строительстве на Урале и прилегающих к нему участков ВЕП и Западно-Сибирской плиты инженерных сооружений антисейсмических мероприятий не требуется.

Ключевые слова

новейший Уральский эпиплатформенный ороген (горный пояс), землетрясения, инженерно-сейсмическая безопасность

Произошедшее в ночь с 18 на 19 октября 2015 г. (19.10.2015 г. в 02 ч. 44 мин. по местному времени) на Среднем Урале ощутимое землетрясение, магнитуда которого оценивается от 3,5 (Геофизическая обсерватория «Арти» Института геофизики УрО РАН) до 4,7 (Горный институт УрО РАН, Пермь) и силой сотрясения в эпицентре до 4–5 баллов по шкале MSK – 64 [1] (рис. 1), вызвало возобновление интереса к теме сейсмической безопасности Урала. Эпицентр упомянутого ощутимого землетрясения 19.10. 2015 г. располагался в районе пос. Староуткинск Свердловской области на р. Чусовая приблизительно в 40 км к запад-северо-западу от эпицентра самого сильного на Урале Билимбаевского землетрясения 17.08.1914 г., магнитуда которого оценивается в 4,5–5,1 по [2], а сила сотрясения в эпицентре в 6 баллов по шкале MSK – 64.

Не исключено, что очаги упомянутых землетрясений приурочены к единой геолого-тектонической структуре земной коры и вызваны общим для Уральского региона геолого-тектоническим процессом, наследуемым с эпохи позднего палеозоя – субширотным сжатием земной коры Урала и, возможно, поддвигом кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы (ВЕП) с запада на восток под Урал. Согласно схеме детального сейсмического районирования центральной части Уральского региона [3] (рис.2) эпицентр землетрясения 19.10.2015 г. располагался в зоне, где возникновение очагов ощутимых землетрясений силой в эпицентрах до 5–6 баллов по шкале MSK – 64 уже отмечалось в прошлом и предполагается их возникновение в будущем. Глубина очага события 19.10.2015 г. оценивается как порядка 10–12 км по [1], что соответствует глубинам развития пород дорифейского кристаллического фундамента, резкая разрушительная деформация которых

вызвала данное землетрясение.

Временные интервалы между наиболее сильными уральскими землетрясениями с магнитудой 4,5–5,0 составляет порядка 100–120 лет [4]. Такого же порядка временной интервал между упомянутыми самым сильным на Урале Билимбаевским землетрясением 17.08.1914 г. и Среднеуральским землетрясением 19.10.2015 г. – 101 год. Вероятно, такой отрезок времени необходим для накопления в геолого-тектонических структурах земной коры Урала в результате субширотного сжатия земной коры тектонических напряжений, разряжающихся в виде наиболее сильных для рассматриваемого региона землетрясений с магнитудой порядка 4,5–5,0. Сила сотрясения в эпицентральных зонах таких землетрясений составляет порядка 5,5–6,5 баллов по шкале MSK – 64. В результате землетрясений такой силы, согласно [5], в некоторых зданиях и помещениях могут опрокинуться неустойчивые и незакрепленные предметы, могут произойти обрушения отдельных кусков штукатурки, возникнуть трещины в несущих стенах, может возникнуть беспокойство среди людей. Однако в результате землетрясений такой силы серьезных повреждений и разрушений инженерных сооружений не происходит.

Среднеуральское землетрясение 19.10.2015 г. является одним из редко происходящих ощутимых землетрясений Уральского региона силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK – 64, сопровождающих процесс становления новейшего Уральского горного пояса на современном этапе. За период 1877–2017 гг. в пределах Урала и прилегающих районах Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Западной Сибири отмечено порядка 50 таких событий [6].

Очаги ощутимых землетрясений рассматриваемого региона локализованы в породах дорифейского фундамента на глубинах от первых километров до 20–25 км [2]. Большая часть эпицентров уральских ощутимых землетрясений сосредоточена в пределах Среднего Урала и прилегающих к нему частях Южного и Северного Урала (рис.1). Эту область, названную в работе [4], Среднеуральским сейсмодоменом, можно рассматривать как область возможного редкого возникновения очагов ощутимых уральских землетрясений в будущем [7]. Кроме этой области, редкое возникновение очагов ощутимых землетрясений в рассматриваемом регионе в будущем возможно в пределах территорий, где в прошлом уже отмечалось это явление: а) в Кировско-Кажимском авлакогене, б) в окрестностях города Ишим Тюменской области, в) в пределах и в районе горного узла Народ-Из на участке сочленения горных хребтов Приполярного и Полярного Урала, г) в пределах и в окрестностях горного узла сочленения Полярного Урала и хребта Пай-Хой (рис.1).

Низкая сейсмическая активность недр Урала и прилегающих к нему частей ВЕП и Западно-Сибирской плиты, по-видимому, обусловлена:

а) низкой тектонической активностью недр рассматриваемого региона в новейшее время и на современном этапе;

б) большой удаленностью Урала от сейсмически активных зон и областей Трансзиатского пояса новейшего горообразования, в которых отмечается возникновение очагов разрушительных землетрясений.

Низкая тектоническая активность рассматриваемого региона в новейшее время проявляется в небольших амплитудах деформации земной коры региона за последние приблизительно 30 млн. лет. Амплитуды вертикальных деформаций земной коры Урала и прилегающих к нему частей ВЕП и Западно-Сибирской плиты за новейшее время оцениваются как порядка 225–450 м по [8] и от 250–300 м до 500–700 м по [9], что намного ниже (на порядок и более) амплитуд новейших деформаций земной коры эпиплатформенных орогенов сейсмически активного Трансзиатского пояса новейшего горообразования (орогенеза) – Тянь-Шаня, Алтая и Саян, составляющих километры [10].

В перечисленных регионах ощутимые землетрясения происходят чаще, чем на Урале и сила их намного больше силы (интенсивности) уральских природных сейсмических событий. Кроме того, о низкой тектонической активности недр Урала в новейшее время и на современном этапе свидетельствуют редкость возникновения очагов ощутимых землетрясений и отсутствие

в пределах него разломов, которые могли бы характеризоваться как активные на современном этапе структуры.

По характеру сейсмичности и амплитудам деформаций земной коры за новейшее время Урал схож с Центральным Казахстаном (Казахским эпипалеозойским щитом), где в области нагорья Казахского мелкосопочника, характеризующегося подобными Уралу амплитудами новейших деформаций земной коры и формами рельефа, отмечаются редко происходящие ощутимые землетрясения силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK – 64 [11].

Большая удаленность Урала и прилегающих к нему территорий ВЕП и Западно-Сибирской плиты от современных сейсмичных регионов – а) Трансазиатского пояса новейшего горообразования, проходящего приблизительно в 2000 км к югу – юго-востоку от Урала, и б) спредингового хребта Гаккеля в Ледовитом океане, проходящего в 1500–2000 км к северу от Урала. Сейсмические колебания от очагов землетрясений, возникающих в упомянутых областях, на Урале практически не ощутимы.

До 1997 г. Урал относился к регионам, в которых при проектировании и строительстве инженерных сооружений не надо было учитывать сейсмичность [12]. Но по результатам Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР – 97 после Спитакского (1988) и Нефтегорского (1995) разрушительных землетрясений Средний Урал и прилегающие к нему части Южного и Северного Урала были отнесены к потенциально сейсмичным районам [13]. Возникла необходимость детального сейсмического районирования региона и оценки величины расчетной силы сейсмического воздействия на проектируемые и планируемые к строительству объекты. Выполненный в рамках этой работы анализ наблюдаемой в рассматриваемом регионе сейсмичности за 1788–2017 гг. свидетельствует о низкой сейсмической активности и небольшом сейсмopotенциале недр региона, что подтверждает справедливость отнесения Урала и прилегающих к нему районов ВЕП и Западно-Сибирской плиты к тектонически стабильным и неопасным в инженерно-сейсмическом отношении регионам.

На основании изложенного можно заключить, что применение при проектировании и строительстве на Урале и прилегающих к нему районах ВЕП и Западно-Сибирской плиты инженерных сооружений антисейсмических мероприятий не требуется.

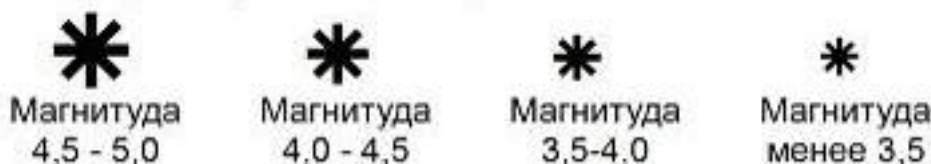
Условные обозначения к рис.1 и 2:

Цифрами в кружках обозначены: 1 – Восточно-Европейская платформа (ВЕП), 2 – Предуральский прогиб, 3 – Западно-Уральская внешняя зона складчатости и надвигов, 4 – Центрально-Уральское поднятие, 5 – Тагило-Магнитогорский прогиб, 6 – Восточно-Уральское поднятие, 7 – Восточно-Уральский прогиб, 8 – Зауральское поднятие, 9 – Тюменско-Кустанайский прогиб, 10 – Тобольско-Кушмурнское поднятие.

Цифрами в прямоугольниках обозначены наиболее крупные разломы: 1 – Главный Уральский, 2 – Турьинский, 3 – Серовско-Маукский, 4 – Мурзинский (Зауральский, Свердловский), 5 – Магнитогорский (Мелентьевско- Илимбаевский), 6 – Челябинский, 7 – Красноуфимский.

Черной сплошной линией показаны контуры «обнаженного» Урала.

Черными звездочками показаны предполагаемые места эпицентров ощутимых природных землетрясений. Размер звездочки пропорционален магнитуде события. Цифрами показаны даты и магнитуды событий.



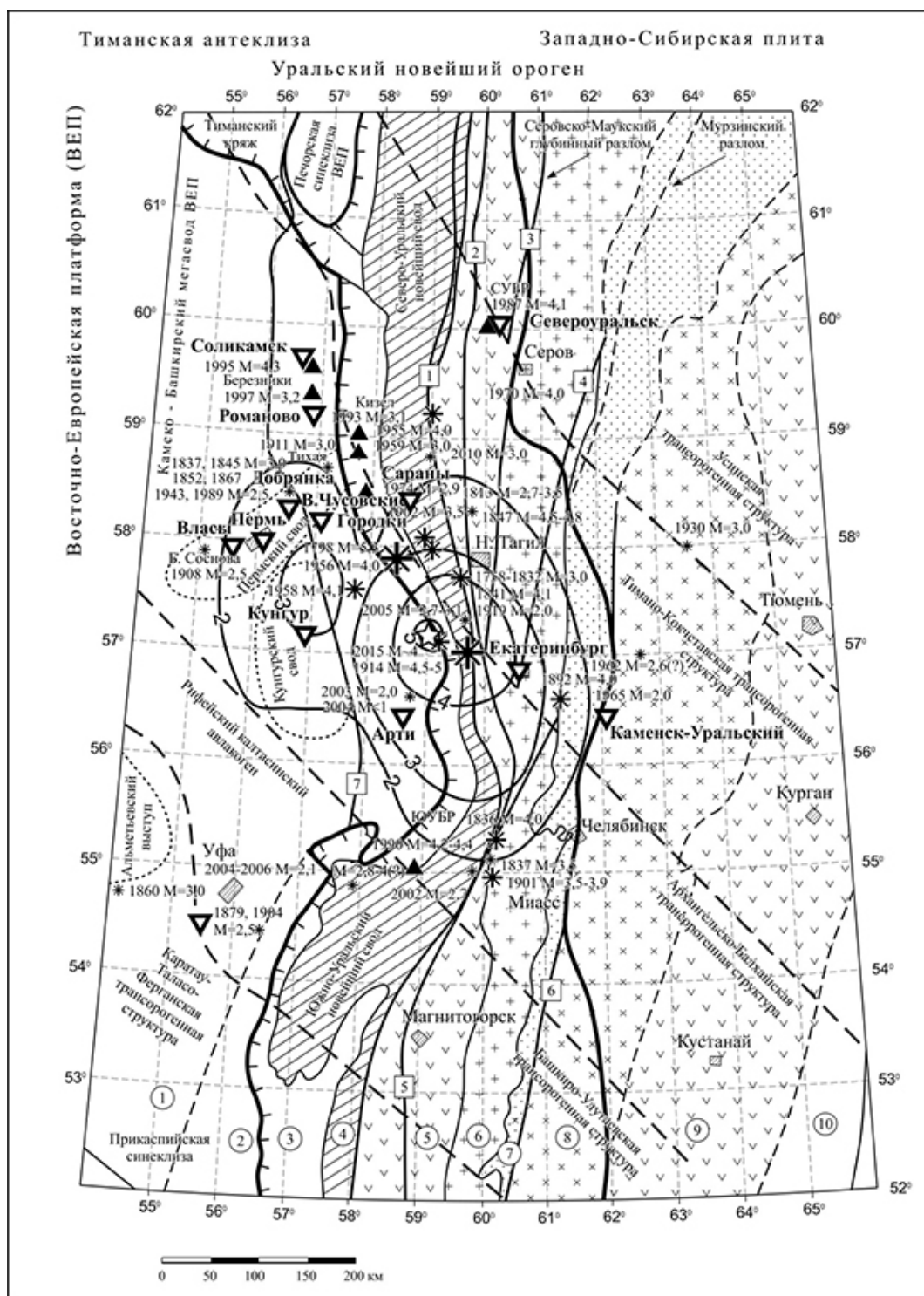


Рис. 1. Схема изосейст ощутимого землетрясения, произошедшего в ночь с 18 на 19.10.2015 г. (19.10.2015 г. в 02 ч.44 мин по местному времени) на Среднем Урале в сопоставлении с сейсмо-тектонической схемой центральной части Уральского региона. Сост. А.Н. Гуляев, компьютерная графика Н.В. Арзамасцевой (Михайловой). Схема изосейст приведена по: Н.С. Гусева. Анализ макросейсмических эффектов землетрясения 18 октября 2015 г. на Среднем Урале // Мат-лы XVII Урал. молодежной науч. школы по геофизике. – Екатеринбург, 2016, С. 74-77.

Цифрами на изосейстах обозначены сила сотрясения в баллах шкалы MSK-64. Пятиконечной звездочкой показан эпицентр землетрясения. Схема наложена на фрагмент тектонической карты Урала, составленной в НПО «Уралгеология» под редакцией И.Д. Соболева в 1983 г.

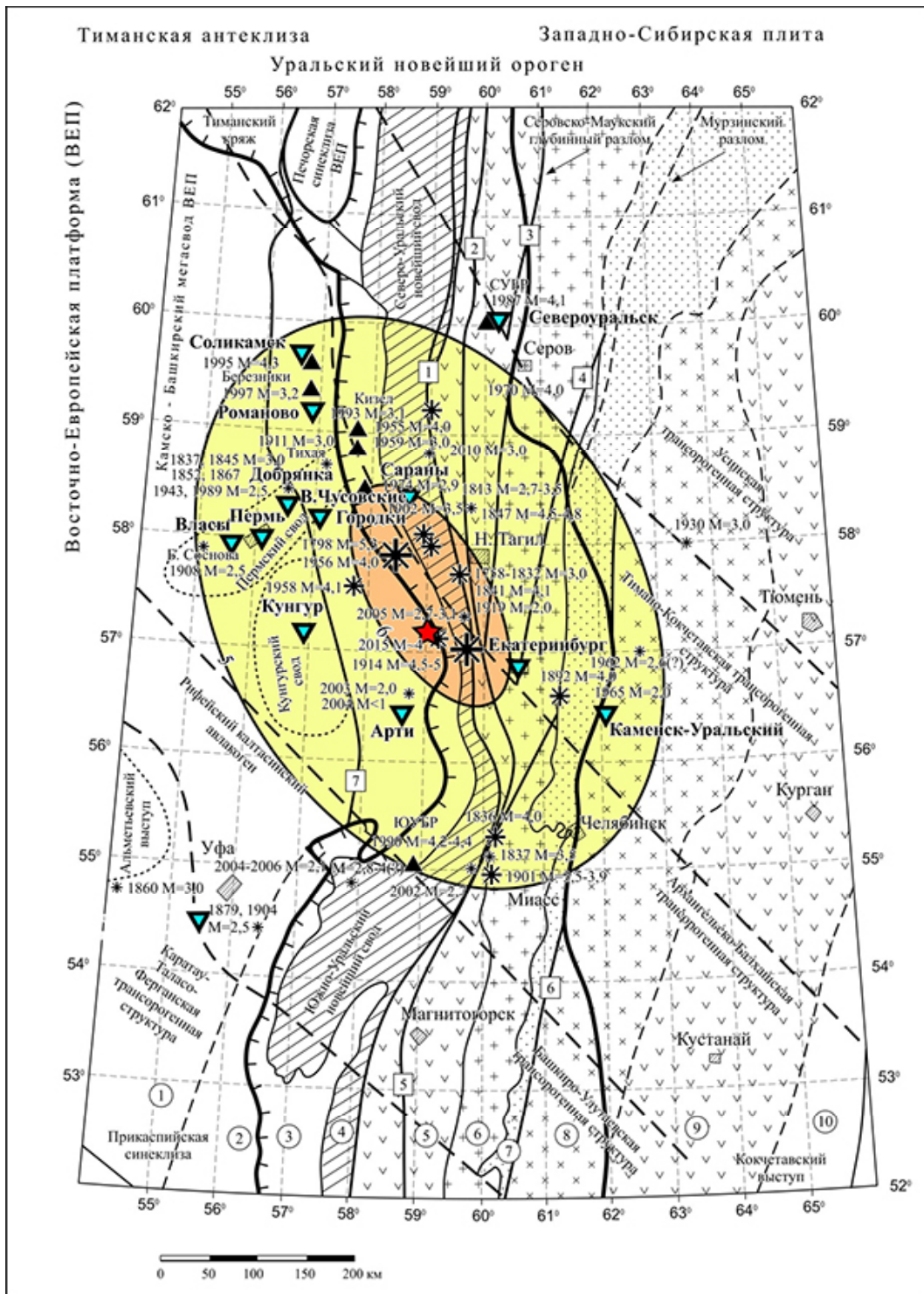


Рис. 2. Расположение эпицентра ощутимого землетрясения, произошедшего на Среднем Урале в ночь с 18 на 19.10.2015 г.(красная пятиконечная звездочка) на схеме детального сейсмического районирования центральной части Уральского региона. Сост. А.Н. Гуляев, 2014. Компьютерная графика Н.В. Арзамасцевой (Михайловой)

Пятиугольной красной звездочкой показан эпицентр землетрясения 19.10.2015 г.

Черными треугольниками вершиной вверх показаны места сильных горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горнорудных предприятиях.

Голубыми треугольниками вершиной вниз показаны станции сейсмического мониторинга.

Коричневым цветом показана область, в пределах которой величина расчетной силы сейсмического воздействия оценивается на объекты основного (массового) строительства

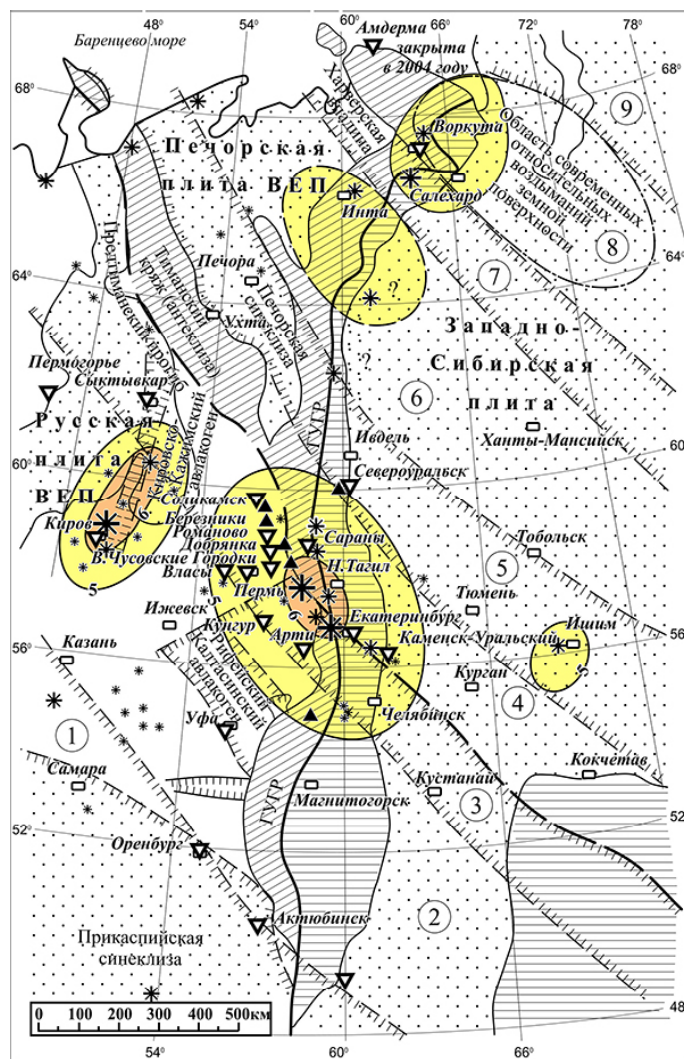


Рис. 3. Схема детального сейсмического районирования Урала и прилегающих территорий. Сост. А.Н. Гуляев, 2016. Компьютерная графика Н.В. Арзамасцевой (Михайловой)

Условные обозначения к рис.3:

- 1 – области развития покровов мезозойско-кайнозойских отложений.
- 2 – участки Русской плиты ВЕП, не перекрытые чехлом мезозойских отложений.
- 3 – область выходов на дневную поверхность дислоцированных пород палеозойского и допалеозойского возраста Восточно-Европейской платформы (ВЕП).
- 4 – область выходов на дневную поверхность дислоцированных пород палеозойского и допалеозойского возраста Западно-Сибирской плиты.
- 5 – рифейские авлакогены в пределах Восточно-Европейской платформы (ВЕП).
- 6 – предполагаемая по геофизическим данным граница фундамента Русской плиты ВЕП.
- 7 – Главный Уральский глубинный разлом (ГУГР).
- 8 – контуры трансорогенных структур в дорифейском фундаменте ВЕП и Западно-Сибирской плиты по геолого-геофизическим данным. Зубцы направлены в сторону предположительно погруженных участков.
- 9 – предполагаемое положение эпицентров ощутимых природных землетрясений. Самые крупные звездочки соответствуют эпицентрам землетрясений с магнитудой порядка 4,5–5,0, а самые маленькие – эпицентрам с магнитудой порядка 2,0–3,0.
- 10 – места (эпицентры) сильных горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горнорудных предприятиях, ведущих эксплуатацию месторождений посредством подземных горных выработок.
- 11 – контуры потенциально сейсмичных участков, в пределах которых отмечалось возникновение природных землетрясений силой до 5 до 6 баллов по шкале MSK-64. Цифрой «5» обозначены контуры, где предполагается возможность возникновения сейсмических сотрясений силой до 5 баллов по шкале MSK-64. Цифрой «6» обозначены контуры, где предполагается возможность возникновения сейсмических сотрясений силой до 6 баллов по шкале MSK-64.
- 12 – станции сейсмического мониторинга

и повышенной ответственности в плане сейсмобезопасности в 6 баллов по шкале MSK-64. Пиковые ускорения движения грунта при этом оцениваются в 50 см/с² по шкале MSK-64 и в 60 см/с² по шкале SHA -97;

Желтым цветом показана область, в пределах которой величина расчетной силы сейсмического воздействия оценивается на объекты основного (массового) строительства и повышенной ответственности в плане сейсмобезопасности в 5 баллов по шкале MSK-64. Пиковые ускорения движения грунта при этом оцениваются в 25 см/с² по шкале MSK-64 и в 28 см/с² по шкале SHA -97.

Библиография

1. Гусева, Н.С. Анализ макросейсмических эффектов землетрясения 18 октября 2015 г. на Среднем Урале / Н.С. Гусева // Мат-лы XVII Урал. молодежной науч. школы по геофизике. – Екатеринбург, 2016. – С. 74–77.
2. Степанов, В.В., Годзиковская, А.А., Ломакин, В.С., и др. Землетрясения Урала и сильнейшие землетрясения прилегающих территорий Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы / В.В. Степанов, А.А. Годзиковская, В.С. Ломакин. - М.: ЦСГНЭО, 2002. – 135 с.
3. Гуляев, А.Н. Детальное сейсмическое районирование центральной части Уральского региона / А.Н. Гуляев // Горный журнал: известия вузов. – 2015. – № 6. – С. 116–123.
4. Гуляев, А.Н., Осипова, А.Ю. Сейсмичность Среднего Урала и строительство в регионе / А.Н. Гуляев, А.Ю. Осипова // Архитектон: известия вузов. – 2013. – № 42. – С. 213–240.
5. Гуляев, А.Н., Осипова, А.Ю. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона / А.Н. Гуляев, А.Ю. Осипова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 124 с.
6. Землетрясения и сейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. I. Землетрясения / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. – Петрозаводск, 2007. – 380 с.
7. Гуляев, А.Н. Область возможного возникновения очагов ощутимых землетрясений на Среднем Урале / А.Н. Гуляев // Горный журнал: известия вузов. – 2017. – № 6. – С. 109 – 117.
8. Сигов, А.П., Сигов, В.А. Новейшая тектоника Урала. Т. 5 // А.П. Сигов, В.А. Сигов. – Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1975. – 104 с.
9. Геология СССР. Т. XII. Ч. I. – М.: Недра, 1969. – 302 с.
10. Геология СССР. Т. XXV. Киргизская ССР, геологическое описание. Кн. 2 / Гл. ред. акад. А.В. Сидоренко. – М.: Недра, 1972. – 314 с.
11. Тимуш, А.В. Сейсмоструктура литосферы Казахстана / А.В. Тимуш. – Алматы, 2011. – 590 с.
12. Сейсмическое районирование территории СССР / отв. ред. В.И. Бунэ и Г.П. Горшков. – М.: Наука, 1980. – 306 с.
13. Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации: комплект карт. ОСР-97 масштаб 1:8000 000 / пояснит. зап. и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. Гл. ред.: акад. РАН В.Н. Страхов, чл.-корр. АН Республики Узбекистан В.И. Уломов. – М., 1999. – 56 с.

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция — На тех же условиях») 4.0 Всемирная.



Гуляев Александр Николаевич
старший научный сотрудник,
Институт геофизики УрО РАН,
Екатеринбург, Россия, e-mail: usc_alex@mail.ru

Статья поступила в редакцию 06.11.2017
Электронная версия доступна по адресу: http://archvuz.ru/2017_4/18
© А.Н. Гуляев 2017
© УралГАХУ 2017

SEISMIC ENGINEERING SAFETY OF THE URALS

Gulyaev Alexander N.

Senior Researcher,

Institute of Geophysics, Ural Division of the Russian Academy of Science,

Ekaterinburg, Russia usc_alex@mail.ru

Abstract

The subject-matter of this research is the seismicity of the Urals and adjacent parts of the Eastern European platform (EEP) and Western Siberian slab. The research objective is to estimate the seismic engineering safety of the region under consideration. The research methodology includes gathering and synthesizing data on the seismic observations of the region and current tectonic activity and detailed seismic zoning. The conclusion is made that the region is safe from the seismic engineering point of view. This conclusion is supported by the low seismic activity in the region due to the low tectonic activity of the Ural earth crust and adjacent areas of the EEP and the Western-Siberian platform in the early modern period and at the present time. Moreover, the modern Ural mountain belt is located in the centre of Eurasia far outside of the modern seismic regions containing the destructive earthquakes centers. The results of this research work have been used in the detailed seismic zoning of the Urals and adjoining EEP and the Western-Siberian platform. In the conclusion, the author states that the region under consideration is safe in seismic engineering terms and that the design and construction of civil engineering projects in the Urals and adjoining EEP and Western-Siberian platform does not require any anti-seismic measures to be taken.

Key words

latest Ural epiplatform orogen (mountain belt), earthquakes, seismic engineering safety

References

1. Guseva, N.S. (2016) Analysis of the macroseismic effects from the earthquake of October 18th, 2015 in the Middle Urals. Proceedings of the 17th Ural youth research school on geophysics. Ekaterinburg, p. 74–77. (in Russian)
2. Stepanova, V.V., Godzikovskaya, A.A., Lomakin, V.S. et al. (2002) Earthquakes in the Urals and the strongest earthquakes of the adjoining areas of Western Siberia and Eastern European platform. Moscow: TsSGNEO. (in Russian)
3. Gulyaev, A.N. (2015) Detailed seismic zoning of the central part of the Urals region. Gorny Zhurnal: Proceedings of Higher Education, No. 6, p. 116–123. (in Russian)
4. Gulyaev, A.N., Osipova, A.Yu. (2013) Seismicity in the Middle Urals and building in the region. *Architekton: Proceedings of Higher Education*, No. 42, p. 213–240. (in Russian)
5. Gulyaev, A.N., Osipova, A.Yu. (2001) Seismicity and seismic zoning of the Ural region. Ekaterinburg: Ural Division of the Russian Academy of Sciences. (in Russian)
6. Sharova, N.V., Malovichko, A.A., Schukin, Yu.K. (eds.) (2007) Earthquakes and seismicity in the challenges of the modern geodynamics of the Eastern European platform. Book I. Earthquakes. Petrozavodsk.
7. Gulyaev, A.N. (2017) The area of possible occurrence of centres of perceptible earthquakes in the Middle Urals. *Gorny Zhurnal: Proceedings of Higher Education*, No. 6, p. 109 – 117. (in Russian)
8. Sigov, A.P., Sigov, V.A. (1975) The latest tectonics of the Urals. Vol. 5. Saratov: Saratov University Publishing. (in Russian)
9. Geology of the USSR. Vol. XII. Part I. Moscow: Nedra, 1969. (in Russian)
10. Sidorenko, A.V. (ed.) (1972) Geology of the USSR. Vol. XXV. The Kirghiz SSR, geological description. Book 2. Moscow: Nedra. (in Russian)
11. Timush, A.V. (2011) Seismotectonics of Kazakhstan's lithosphere. Almaty. (in Russian)
12. Bune, V.I., Gorshkov, G.P. (eds.) (1980) Seismic zoning of the territory of the USSR. Moscow: Nauka, 1980. (in Russian)
13. Strakhov, V.N., Ulomov, V.I. (eds.) (1999) General seismic zoning of the territory of the Russian Federation: a set of maps. OSR-97, scale 1:8000 000. Moscow. (in Russian)

Article submitted 06.11.2017

The online version of this article can be found at: http://archvuz.ru/2017_4/18

© A.N. Gulyaev 2017

© USAAU 2017