

# СЕЙСМИЧНОСТЬ УРАЛА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

А. Н. Гуляев

## Seismicity of Ural and adjacent territories

A. N. Gulyaev

Modern Ural mountains are the recent epiplatform orogen that was formed for the last 30 million years in the western part of more ancient Paleozoic mountain fold belt that occurred at the end of Paleozoic on the border of East-European platform (EEP) and Western-Siberian slab and demolished by weathering processes during mesozoic-kainozoic time. The establishing of the newest Ural mountain belt and adjacent territories on the modern stage are supported by rarely occurring sensible earthquakes with a magnitude from 3–4 to 5–6 grades on MSK-64 scale. Majority of epicenters of sensible earthquakes are concentrated within the boundaries of Sredne-Uralsk seismic domain that is confined to the interference region of submeridional Ural and north-eastern outskirts of Russian EEP platform that has north-western direction. In the area to the west from Ural rarely occurring sensible earthquakes are registered in submeridional Kirovsk-Kazhimskiy aulacogen. In the area to the east from Ural sensible earthquakes were registered in the region of town Ishim of Tyumen oblast. Sources of sensible earthquakes of examined region are localized predominantly in crystalline basement at depths from a few kilometers to 25 km. For the last 300 years within the limits of examined region there were around 50 sensible earthquakes with intensity from 3–4 to 5–6 marks on MSK-64 scale. At large engineering-seismic condition at Ural and in adjacent to it regions are considered to be favorable and safe for engineering structures that are built in accordance with the construction norms and regulations.

**Keywords:** newest orogeny; sensible natural earthquakes; seismicity; earthquake sources; earthquake intensity; seismic domain; potentially seismic areas.

Современные Уральские горы являются новейшим эпиплатформенным орогеном, сформировавшимся в последние 30 млн лет в западной части более древнего палеозойского горно-складчатого пояса, возникшего в конце палеозоя на границе Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Западно-Сибирской плиты и разрушенного процессами выветривания в мезозойско-кайнозойское время. Становление новейшего Уральского горного пояса и прилегающих к нему территорий на современном этапе сопровождается редко происходящими ощутимыми землетрясениями силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64. Большая часть эпицентров ощутимых землетрясений сосредоточена в пределах Средне-Уральского сейсмодомена, приуроченного к области интерференции субмеридионального Урала и северо-восточной окраины Русской плиты ВЕП, имеющей северо-западное направление. В области к западу от Урала редко происходящие ощутимые землетрясения отмечаются в субмеридиональном Кировско-Кажимском авлакогене. В области к востоку от Урала ощутимые землетрясения отмечались в районе г. Ишим Тюменской области. Очаги ощутимых землетрясений рассматриваемого региона локализованы преимущественно в кристаллическом фундаменте на глубинах от нескольких километров до 25 км. За последние 300 лет в пределах рассматриваемого региона было отмечено около 50 ощутимых землетрясений интенсивностью от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64. В целом инженерно-сейсмические условия на Урале и в прилегающих к нему регионах оцениваются как благоприятные и безопасные для инженерных сооружений, построенных в соответствии со строительными нормами и правилами.

**Ключевые слова:** новейший ороген; ощутимые природные землетрясения; сейсмичность; очаги землетрясений; интенсивность землетрясений; сейсмодомен; потенциально сейсмичные области.

Современные Уральские горы, согласно [1–3], представляют собой новейший эпиплатформенный эпипалеозойский ороген, возникший в новейшее время (приблизительно в последние 30 млн лет) в западной части палеозойского субмеридионального горно-складчатого пояса, существовавшего на границе эпипротерозойской Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Западно-Сибирской плиты и разрушенного процессами выветривания в мезозойско-кайнозойское время. Согласно [4–7], в пределах новейшего Уральского орогена и прилегающих территорий ВЕП и Западно-Сибирской плиты отмечаются редко происходящие ощутимые землетрясения силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 в эпицентре. Предполагается, что упомянутые землетрясения сопровождают процесс становления Уральского новейшего орогена на современном этапе. До 1997 г. Урал относился к регионам, в которых при проектировании и строительстве инженерных сооружений не надо учитывать сейсмичность [8], но по результатам ОСР-97 Средний Урал и прилегающие к нему части Северного и Южного Урала были отнесены к районам, где при проектировании надо учитывать величину расчетной силы сейсмического воздействия [9]. Актуальной стала задача детального сейсмического районирования Урала и оценки величины расчетной силы сейсмического воздействия на планируемые к строительству объекты. В рамках решения этой задачи авторами было выполнено детальное сейсмическое районирование центральной части Уральского региона [10]. В настоящей работе приведена оценка потенциальной сейсмичности и сейсмического районирование всего Урала и прилегающих территорий ВЕП и Западно-Сибирской плиты.

Общая характеристика сейсмичности Урала и прилегающих районов ВЕП и Западной Сибири

Согласно [4–7, 11], за последние 300 лет в пределах рассматриваемого региона было отмечено порядка 50 ощутимых природных землетрясений интенсивностью от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 (рис. 1, 2). Из них три события – Билимбаевское 17.08.1914 г., Ишимское 29.01.1849 г. и Сысольское 13.01.1939 г. – имели интенсивность в эпицентре около 6 баллов по шкале MSK-64 [7]. Большая часть эпицентров ощутимых природных землетрясений Урала и прилегающих частей ВЕП и Западной Сибири сосредоточена в пределах Средне-Уральского [12] и Кировско-Кажимского сейсмодоменов [13] (рис. 1). Очаги большей части природных ощутимых землетрясений рассматриваемого района локализованы в породах дорифейского кристаллического фундамента на глубинах от первых километров до 15–25 км [5–7]. Природа землетрясений оценивается преимущественно как тектоническая [5–7].

Анализ геолого-тектонической обстановки позволяет предположить, что Средне-Уральский сейсмодомен приурочен к участку интерференции северо-восточной пограничной зоны Русской плиты ВЕП и Средне-Уральской части субмеридионального Уральского новейшего орогена. Кировско-Кажимский сейсмодомен приурочен к одноименному субмеридиональному рифейскому авлакогену в пределах Русской плиты ВЕП (рис. 1).

По результатам анализа геолого-геофизических материалов можно заключить, что осевая зона Средне-Уральского сейсмодомена, к которой приурочены эпицентры наиболее сильных землетрясений Урала, может являться участком северо-восточной границы Русской плиты ВЕП, фундамент которой, согласно [2, 14], представлен кристаллическими породами рифейско-протерозойского возраста.

Ранее упомянутая граница по отношению к Уральскому горному поясу является трансорогенной и проявлена в поле скоростей современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК), рис. 3 [15], и в аномальном магнитном поле, осредненном с радиусом 125 км и 250 км (схемы поля приведены в работе [16]), рис. 4, а, б, в виде градиентной зоны северо-западного направления (азимут ее около 320–330°), разделяющей области с разной величиной параметров. К северо-востоку от упомянутой границы располагается Печорская плита ВЕП, являющаяся, согласно [2], областью развития рифейско-вендских (тиманских) океанических структур, имеющих северо-западное направление и предположительно рифейский сланцевый фундамент.

Анализ аномального магнитного поля, осредненного с радиусом 125 и 250 км (рис. 4, а, б), позволяет предположить, что эта область может продолжаться на юго-восток в пределы Западно-Сибирской плиты. Анализируя поле скоростей СВДЗК (рис. 3), можно видеть, что ранее упомянутая Печорско-Западно-Сибирская область на современном этапе испытывает преимущественно относительно воздымание по отношению расположенной к юго-западу от нее области Русской плиты ВЕП. Эпицентры наиболее сильных землетрясений Средне-Уральского сейсмодомена приурочены к градиентной зоне, разделяющей Русскую плиту ВЕП и Печорско-Западно-Сибирскую область в поле скоростей СВДЗК и в аномальном магнитном поле, осредненном с радиусом 125 и 250 км. Не исключено, что процесс современной деформации земной коры дифференциальными движениями ее блоков, проявляющийся в поле скоростей СВДЗК, в совокупности с процессами, описанными в работах [13, 17], может быть причиной сейсмичности Среднего Урала.

Сейсмогрунтовые условия на Урале и в прилегающих районах ВЕП и Западной Сибири

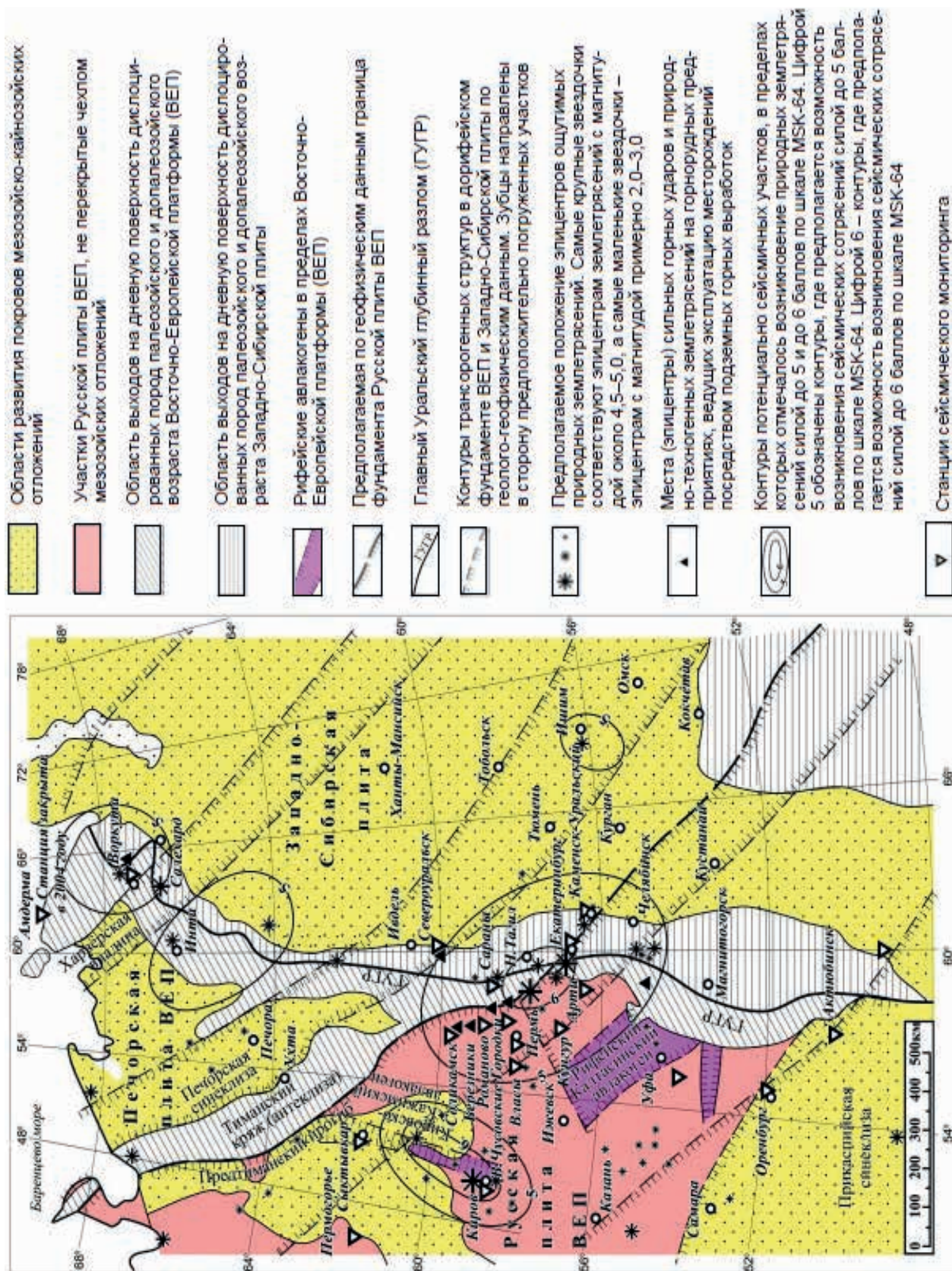


Рисунок 1. Схема сейсмичности Урала и прилегающих частей Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Западно-Сибирской платформы. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2016 г. Компьютерная графика Н. В. Михайловой.

В пределах Уральского новейшего орогена обнажаются наиболее благоприятные в инженерно-сейсмическом отношении коренные породы палеозойского и допалеозойского возраста, которые по своим физико-механическим свойствам (плотность от 2,60 г/см<sup>3</sup> до 3,30 г/см<sup>3</sup>, предел прочности на одноосное сжатие от 15–20 МПа до 60–100 МПа) могут быть отнесены к грунтам **первой категории** по сейсмическим свойствам по классификации СП14.13330.2014. Физико-механические свойства

горных пород и грунтов приводятся по результатам обобщения данных инженерно-геологических изысканий, выполненных различными организациями [10].

В верхней части своего разреза коренные породы процессами выветривания в мезозойско-кайнозойское время были превращены в малопрочные разновидности, переходящие вверх по разрезу в рыхлые (сильно выветрелые трещиноватые породы очень низкой и пониженной

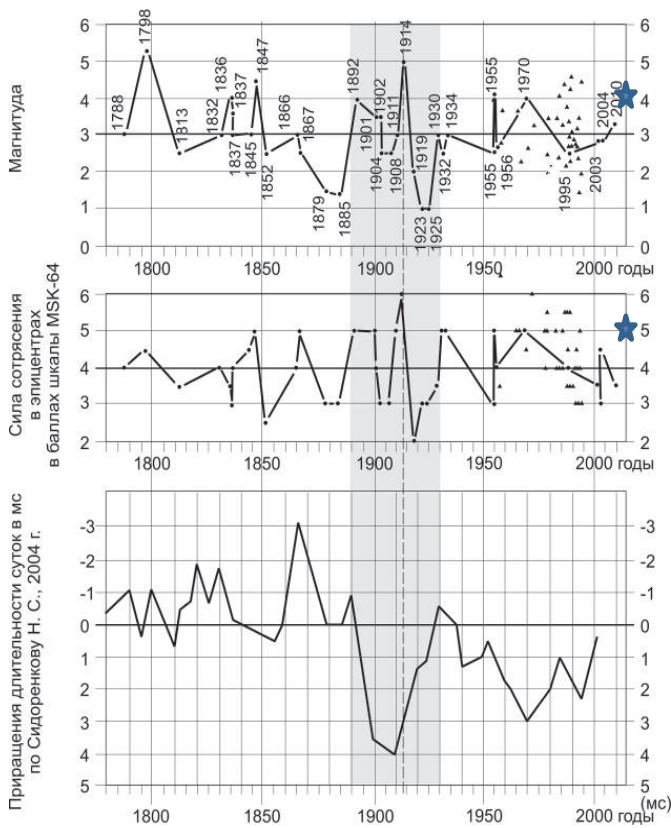


Рисунок 2. Графики вариаций во времени магнитуды (верхний график) и силы (интенсивности) ощутимых землетрясений Урала (средний график) за период 1788–2015 гг. в сопоставлении с графиком приращений длительности суток (приращений скорости вращения Земли) по Н. С. Сидоренкову, 2004 г. (нижний график). Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2005–2015 гг. Компьютерная графика Н. В. Михайловой. Точками показаны параметры для случаев природных землетрясений, черными треугольниками – параметры для сильных горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горнорудных предприятиях. Пятиконечными звездочками – параметры землетрясения 19.10.2015 г. Цифрами над верхним графиком – годы, когда были отмечены природные ощутимые землетрясения.

прочности), щебенисто-дресвянистые грунты и элювиальные суглинки, глины. Грунты и породы чехла коры выветривания по своим физико-механическим свойствам (плотность от 1,86 г/см<sup>3</sup> до 2,45 г/см<sup>3</sup>, предел прочности рухляки на одноосное сжатие около 2–10 МПа, коэффициент пористости элювиальных суглинков и глин около 0,650–1,341 доли ед., число пластичности элювиальных суглинков и глин примерно 0,035–1,35 доли ед., показатель текучести элювиальных суглинков и глин от > 0 до +0,30 доли ед., угол внутреннего трения элювиальных суглинков и глин около 20–35 град., модуль деформации порядка 15–25 МПа) могут быть отнесены преимущественно к грунтам **второй категории** по сейсмическим свойствам по классификация СП14.13330.2014. Мощность чехла коры выветривания неодинаковая и изменяется от нуля до нескольких десятков метров в карманах выветривания, развившихся по реликтовым палеозойским зонам деформации земной коры.

В прилегающей к Уралу с запада Восточно-Европейской платформе (ВЕП) коренные породы палеозойского осадочного чехла представлены терригенными, карбонатными породами и эвапоритами пермского возраста, перекрытыми чехлом грунтов коры выветривания и четвертичными отложениями. Физико-механические свойства этих пород и грунтов (плотность пород пермского возраста малой и средней прочности примерно от 2,50–2,60 г/см<sup>3</sup> до 2,63–2,67 г/см<sup>3</sup>, предел прочности на одноосное сжатие около 13–27 МПа) позволяют отнести их преимущественно к грунтам первой и второй категории.

В прилегающей с запада и северо-запада к Северному, Приполярному и Полярному Уралу Печорской плите ВЕП породы палеозойского чехла перекрыты чехлом мезозойских отложений. Физико-механические свойства этих пород и грунтов (плотность около 2,15–2,25 г/см<sup>3</sup>, модуль деформации примерно 16–18 МПа, угол внутреннего трения примерно 25–28 град.) позволяют отнести их преимущественно к грунтам второй категории.

В прилегающей к Уралу с востока Западно-Сибирской плите породы

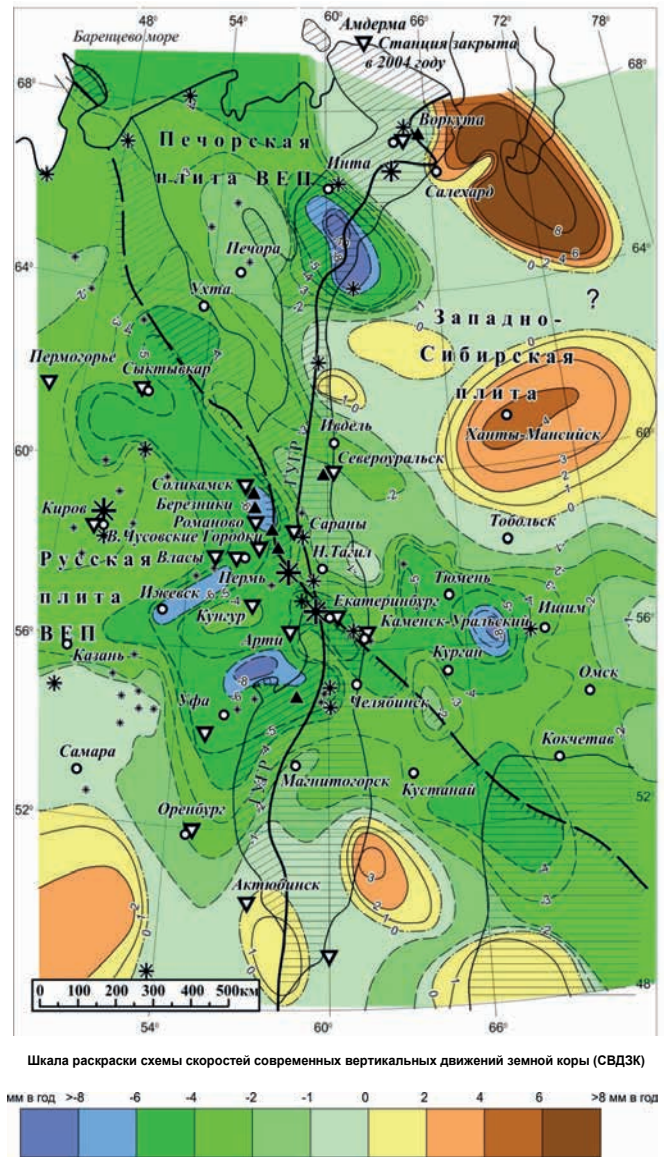


Рисунок 3. Схема скоростей современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) Уральского региона и прилегающих территорий. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2016 г., с использованием данных, отраженных на карте скоростей современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территории СССР (СВДЗК) масштаба 1:5 000 000, составленной ГУГК в 1989 г. под редакцией и непосредственным руководством Л. А. Кашина. Компьютерная графика Н. В. Михайловой.

палеозойского чехла перекрыты чехлом преимущественно терригенных морских и континентальных мезозойско-кайнозойских отложений, представленных песками, суглинками, глинами с прослоями опок. Физико-механические свойства этих пород и грунтов позволяют отнести их преимущественно к грунтам второй и частично третьей категорий (плотность около 1,80–2,10 г/см<sup>3</sup>, коэффициент пористости примерно 0,580–0,850 доли ед., число пластичности примерно 0,035–1,40 доли ед., показатель текучести от > 0 до +0,35 доли ед., угол внутреннего трения суглинков и глин около 21–28 град., модуль деформации примерно 13–24 МПа).

**Детальное сейсмическое районирование Урала и прилегающих территорий.** В качестве потенциально сейсмичных районов рассматриваемой территории, в пределах которых возможно возникновение редких ощутимых природных землетрясений силой до 5–6 баллов по шкале MSK-64, можно выделить, в первую очередь, Средне-Уральский и Кировско-Кажимский сейсмодомены (рис. 1). Природные ощутимые землетрясения силой от 3–4 до 5–6 баллов в пределах упомянутых районов отмечались в прошлом и, вероятно, могут возникать и в будущем. Вероятность возникновения природных землетрясений силой 5 баллов по шкале MSK-64 в пределах упомянутых сейсмодоменов оценивается как один раз в 50–60 лет, а силой в 6 баллов по шкале MSK-64 – как один

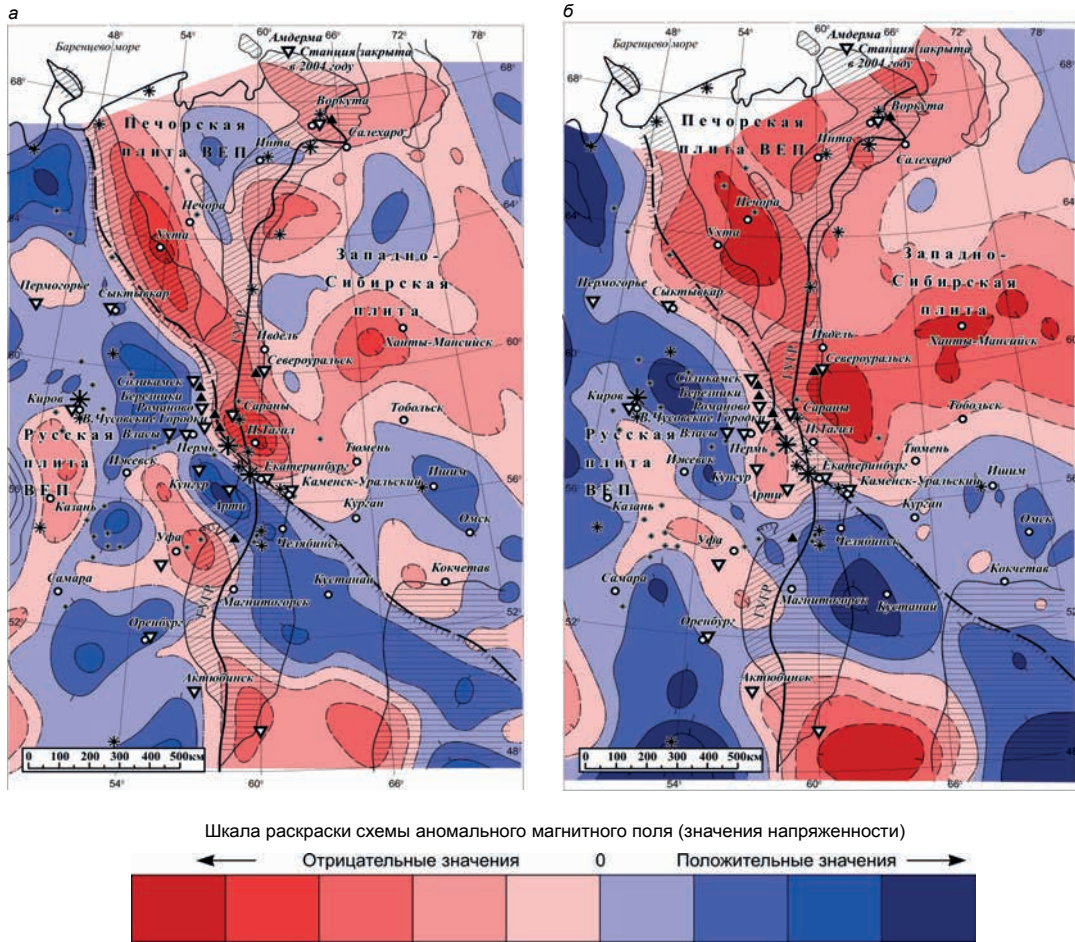


Рисунок 4. Схема аномального магнитного поля Уральского региона, осредненного с радиусом 125 км – а и 250 км – б по Р. Т. Васильеву, 1987 г. (фрагменты карты, приведенной в работе [14]). Подосновой схем является упрощенная тектоническая схема Урала, приведенная в работе [17], с дополнениями автора. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН 2016 г., компьютерная графика Н. В. Михайловой.

раз в 100–130 лет (рис. 5, 6).

Кроме того, в качестве потенциально сейсмичных районов в пределах рассматриваемой территории можно выделить еще: а) район города Ишим Тюменской области, б) горный узел Народ-Из на участке сочленения хребтов Приполярного и Полярного Урала, в) узел сочленения хреб-

та Полярного Урала и хребта Пай-Хой (рис. 1).

В районе г. Ишим Тюменской области, согласно [4, 5], в 1849 и 1904 гг. отмечались природные землетрясения силой 5 и 6 баллов. В пределах двух других потенциально сейсмичных узлов, согласно [13], отмечались

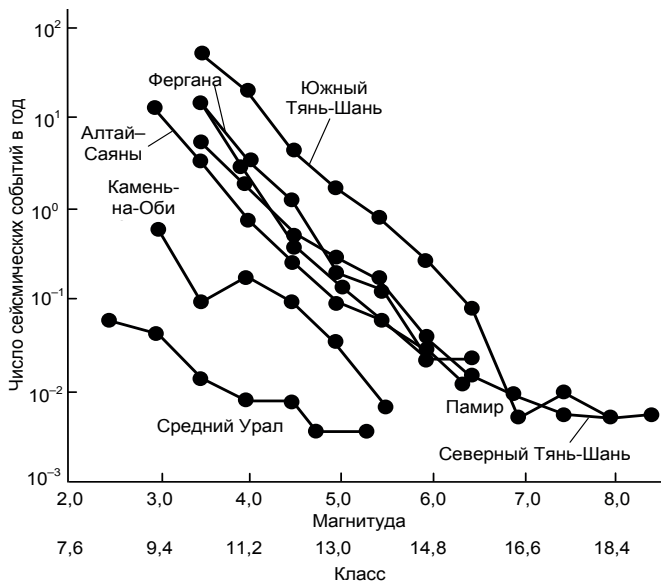


Рисунок 5. График (наблюденный) повторяемости землетрясений Среднего Урала за период 1788–2016 гг. в сопоставлении с подобными графиками других сейсмичных регионов. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2005–2016 гг.

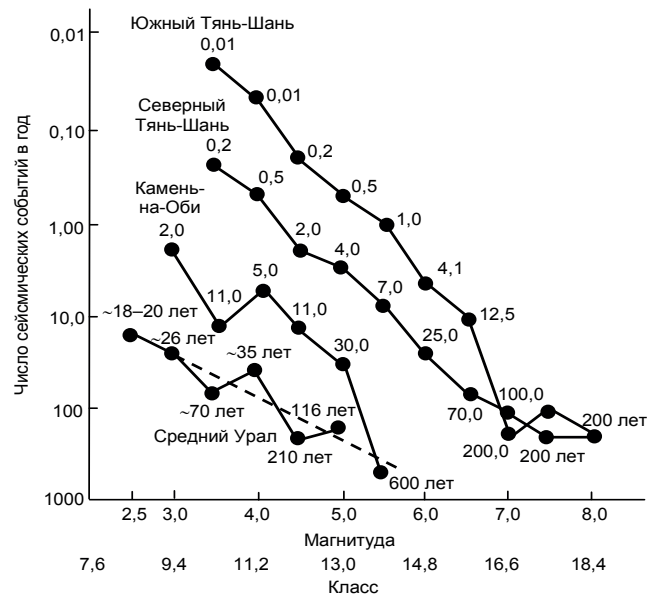


Рисунок 6. График средних временных интервалов в годах между ощутимыми землетрясениями различной магнитуды Среднего Урала за период 1788–2016 гг. в сопоставлении с подобными графиками других сейсмичных регионов. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2005–2016 гг.

редко происходящие землетрясения с магнитудой до 3,5–4,5.

На остальной части территории рассматриваемого региона сейсмическая активность недр низкая, ощутимые природные землетрясения за последние 300 лет силой от 3–4 до 5–6 баллов отмечались редко, либо совсем не отмечались.

На основании изложенного можно заключить, что инженерно-сейсмические условия на Урале и в прилегающих к нему частях Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирской плиты благоприятные и безопасные для большей части инженерных сооружений, построенных в соответствии со строительными правилами. Антисейсмические мероприятия в рассматриваемом районе актуальны при проектировании и строительстве лишь особо ответственных и высотных инженерных сооружений, в том числе зданий высотой в 40 этажей и более. Безопасность и благоприятность инженерно-сейсмических условий региона обусловлена низкой сейсмической активностью недр, проявляющейся в том, что ощутимые природные землетрясения силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 происходят редко и сила их не достигает 7 баллов по шкале MSK-64, а также благоприятными сейсмогеологическими условиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геология СССР / ред. А. В. Сидоренко. М.: Недра, 1969. Т. XII, ч. 1, кн. 2. 304 с.
2. Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа, 2010. 279 с.
3. Новейшая тектоника Урала / под ред. А. П. Сигова, В. А. Сигова. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. Т. V. 104 с.
4. Вейс-Ксенонфонтова З. Г., Попов В. В. К вопросу о сейсмической характеристике Урала // Труды Сейсмологич. ин-та АН СССР. 1940. № 104. 12 с.
5. Степанов В. В., Годзиковская А. А., Ломакин В. С. и др. Землетрясения Урала и сильнейшие землетрясения прилегающих территорий Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы. М.: ЦСГНЭО, 2002. 135 с.
6. Кашубин С. Н., Дружинин В. С., Гуляев А. Н. и др. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 124 с.
7. Годзиковская А. А. Каталог сейсмических событий Уральского региона с древнейших времен до 2002 г. (сопутствующие первичные материалы). М., 2016. 257 с.
8. Сейсмическое районирование территории СССР / отв. ред. В. И. Бунз, Г. П. Горшков. М.: Наука, 1980. 306 с.
9. Комплект карт Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97, масштаб 1:8000 000: объяснит. записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / гл. ред. Комплекта карт ОСР-97 акад. РАН В. Н. Страхов, чл.-корр. АН Республики Узбекистан проф. В. И. Уломов. М., 1999. 56 с.
10. Гуляев А. Н. Детальное сейсмическое районирование центральной части Уральского региона // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 6. С. 103–112.
11. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1. Землетрясения / под ред. Н. В. Шарова, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукина. Петрозаводск, 2007. 380 с.
12. Гуляев А. Н., Осипова А. Ю. Сейсмичность Среднего Урала и строительство в регионе // Изв. вузов. Архитектон. URL: [http://archvuz.ru/2013\\_2/20](http://archvuz.ru/2013_2/20)
13. Осика Д. Г., Черкашин В. И. Энергетика и флюидодинамика сейсмичности. М.: Наука, 2008. 243 с.
14. Соболев И. Д., Автонева С. В., Белковская Р. П., Петрова Т. Ю., Сюткина Р. А. Тектоническая карта Урала масштаба 1:1000 000: объяснит. записка. Свердловск, 1983. 168 с.
15. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территории СССР (СВДЗК). Масштаб 1:5 000 000 / под ред. Л. А. Кашина. М.: ГУГК, 1989.
16. Глубинное строение слабосейсмичных регионов СССР / отв. ред. И. Л. Нерсесов. М.: Наука, 1987. 235 с.
17. Ромашов А. Н. Планета Земля: тектонофизика и эволюция. М.: Издательство УРСС, 2003. 261 с.

**Александр Николаевич Гуляев,**  
usc\_alex@mail.ru  
Институт геофизики УрО РАН  
Россия, Екатеринбург, ул. Амундсена, 100

#### REFERENCES

1. 1969, *Geologiya SSSR* [Geology of USSR], Vol. XII, part 1, book 2. Moscow, 304 p.
2. Puchkov V. N., 2010, *Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* [Geology of the Urals and Ural region (topical matters of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, 279 p.
3. Sigov A. P., Sigov V. A. 1975, *Noveishaya tektonika Urala, tom V* [Newest tectonics of Ural]. Vol. V. Saratov, 104 p.
4. Veis-Ksenonfontova Z. G., Popov V. V., 1940, *K voprosu o seismicheskoi kharakteristike Urala* [On the question of seismic characteristics of Ural]. Moscow, 12 p.
5. Stepanov V. V., Godzikovskaya A. A., Lomakin V. S., Privilova N. E., Mokrushina N. G., Silina I. K., Kusonskiy O. A., Mitenkova N. V. 2002, *Zemletryaseniya Urala i silneishiy zemletryaseniya priliegayushikh territoriy Zapadnoi Sibiri i Vostochno-Evropейskoi platformy* [Earthquakes of Ural and the strongest earthquakes of adjacent territories of Western Siberia and East-European platform]. Center of Geodynamic observations service in electric power industry, Moscow, 135 p.
6. Kashubin S. N., Druzhinin V. S., Gulyaev A. N., Kusonskiy O. A., Lomakin V. S., Malovichko A., Nikitin S. N., Parigin G. N., Ryzhiy B. P., Utkin V. I. 2001, *Seismichnost i seismicheskoye rayonirovaniye Uralskogo regiona* [Seismic activity and seismic zoning of Ural region]. Ekaterinburg, Economy Institute of Ural Department of Russian Academy of Sciences, 124 p.
7. Godzikovskaya A. A. 2016, *Katalog seismicheskikh sobytiy Uralskogo regiona s drevneyshikh vremen do 2002 goda (soputstvuyushiy pervichnyye materialy)* [Catalogue of seismic events of Ural region from ancient times up to 2002 (accompanying source materials)]. Moscow, 257 p.
8. Bune V. I., Gorshkov G. R. 1980, *Seismicheskoye rayonirovaniye territorii SSSR* [Seismic zoning of USSR territory]. Moscow, 306 p.
9. 1999, *Komplekt kart Obshego seismicheskogo rayonirovaniya territorii Rossiyskoy Federatsii OSR-97, masshtab 1:8000 000, obyasnitel'naya zapiska i spisok gorodov i naseleennykh punktov, raspolozhennykh v seismoopasnykh rayonakh* [Set of maps of General Seismic Zoning of the territory of Russian Federation OSR-97, scale: 1:8000 000, explanatory note and list of cities and residential areas, located in seismic active regions]. Moscow, 56 p.
10. Gulyaev A. N., 2015, *Detal'noye seismicheskoye rayonirovaniye tsentralnoi chasti Uralskogo regiona* [Detailed seismic zoning of central part of Ural region]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining journal]. No. 6, pp. 103–112.
11. Sharov I. V., Malovichko A. A., Schukin Y. K. 2007, *Zemletryaseniya i mikroiseimichnost' v zadachakh sovremennoy geodinamiki Vostochno-Evropейskoy platformy. Kniga 1: Zemletryaseniya* [Earthquakes and micro seismicity in present day challenges of geodynamics of East-European platform]. Book 1. Earthquakes. Petrozavodsk, 380 p.
12. Gulyaev A. N., Osipova A. Y. 2013, *Seismichnost' Srednego Urala i stroitel'stvo v regione* [Seismic level of the Middle Urals and construction in the region]. Architecton: news bulletin of higher education universities. URL: [http://archvuz.ru/2013\\_2/20](http://archvuz.ru/2013_2/20)
13. Osika D. G., Cherkashin V. I. 2008, *Energetika i flyuidodinamika seismichnosti* [Energetics and fluid dynamics of seismicity]. Moscow, 243 p.
14. Sobolev I. D., Avtoneev S. V., Belkovskaya R. P., Petrova T. Y., Syutkina R. A., 1983, *Tektonicheskaya karta Urala mashtaba 1:1000 000 (ob'yasnitelnaya zapiska)* [Tectonic map of Ural, scale of 1:1000 000 (explanatory note)]. Sverdlovsk, 1983. 168 p.
15. Kashin L. A. 1989, *Karta sovremennykh vertikalnykh dvizheniy zemnoi kory po geodezicheskim dannym na territoriyu SSSR* [Map of present-day vertical movements of Earth crust based on geodesic data for the USSR territory (Present day vertical movement of earth crust). Scale: 1:5 000 000. Federal Agency of Geodesy and map-making.
16. 1987, *Glubinnoye stroeniye slaboseismichnykh regionov SSSR* [Deep structure of seismically quiet regions of USSR]. Moscow, 235 p.
17. Romashov A. N. 2003, *Planeta Zemlya: tektonofizika i evolyutsiya* [The Earth: Tectonophysics and evolution]. Moscow, 261 p.

**Aleksandr Nikolaevich Gulyaev,**  
usc\_alex@mail.ru  
Institute of Geophysics of the Ural Branch of RAS  
Ekaterinburg, Russia