

## СЕЙСМИЧНОСТЬ СРЕДНЕГО УРАЛА И СТРОИТЕЛЬСТВО В РЕГИОНЕ

УДК: 550:721.011.27.  
ББК: 26.3:85.11

**Гуляев Александр Николаевич**

старший научный сотрудник лаборатории сейсмометрии  
Институт геофизики УрО РАН,  
Екатеринбург, Россия, e-mail: usc\_alex@mail.ru



**Осипова Анастасия Юрьевна**

кандидат геолого-минералогических наук,  
младший научный сотрудник лаборатории сейсмометрии,  
Институт геофизики УрО РАН,  
Екатеринбург, Россия, e-mail: seismolab@mail.ru



### Аннотация

*В статье дана характеристика сейсмичности центральной части Уральского региона и ее воздействия на инженерные сооружения с целью способствования сейсмической безопасности уже построенных и предполагаемых к реконструкции и строительству инженерных сооружений.*

*Проведен сбор и анализ данных о сейсмичности центральной части Уральского региона, построены карты наблюдаемых сотрясений и магнитуд за период 1788-2010 гг., выполнен анализ пространственного расположения эпицентров ощутимых землетрясений (интенсивность 3-4 балла по шкале MSK-64 и более) и распределения магнитуд и интенсивностей землетрясений во времени.*

*С использованием этих данных было выполнено детальное сейсмическое районирование, осуществлена оценка сейсмopotенциала земной коры центральной части Уральского региона, сейсмотектонической обстановки и природы очагов наиболее сильных землетрясений.*

*Установлено, что Средний Урал является наиболее сейсмичным участком Уральского новейшего горного пояса. Здесь сосредоточена большая часть эпицентров ощутимых землетрясений. В целом инженерно-сейсмические условия Среднего Урала оцениваются как благоприятные и безопасные для большей части инженерных объектов. Это обусловлено низкой сейсмической и тектонической активностью земной коры Среднего Урала и благоприятными сейсмогрунтовыми условиями региона. Применение антисейсмических мероприятий в центральной части Уральского региона актуально лишь при проектировании и строительстве особо ответственных объектов в плане сейсmobезопасности – преимущественно высотных зданий в 40 и более этажей, других ответственных объектов.*

### Ключевые слова

*сейсмичность, землетрясения, Средне-Уральский сейсмодомен, сейсмолинаменты, сейсмopotенциал*

Современное Уральское горное сооружение является новейшим эпипалеозойским эпиплатформенным орогеном, сформировавшимся в послепалеозойское время в западной части палеозойской Урало-Сибирской горно-складчатой области [1,2]. Предполагается, что наиболее активно процесс роста современных Уральских гор происходил в течение последних 19 – 30 млн. лет [1, 2, 3, 6]. Геолого-тектонические процессы в недрах Урала продолжают и на современном этапе, свидетельствуя о себе редко происходящими ощутимыми землетрясениями силой до 6,0 – 6,5 баллов по шкале MSK-64 и подвижками по омоложенным участкам некоторых палеозойских разломов [1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11].

За последние 300 лет в центральной части Уральского региона было отмечено 42 ощутимых землетрясения природного характера интенсивностью от 3,0 – 4,0 до 5,0 – 6,5 баллов по шкале MSK-64 [8, 9, 10, 11]. Поэтому по результатам Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 Средний Урал и прилегающие к нему части Северного и Южного Урала были отнесены к регионам, в которых при проектировании и строительстве инженерных сооружений необходимо учитывать сейсмичность – величину расчетной силы сейсмического воздействия. Актуальной стала задача детального сейсмического районирования центральной части Уральского региона и оценка величины расчетной силы сейсмического воздействия на площадках намеченного строительства.

### **Характеристика сейсмичности центральной части Уральского региона**

Эпицентры ощутимых землетрясений центральной части Уральского региона сосредоточены в пограничной зоне Камско-Башкирского мегасвода Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Урало-Тиманского горно-складчатого сооружения, образуя Средне-Уральский сейсмодомен (рис. 1, 2, 3). Контуры сейсмодомена охватывают область наибольших зафиксированных на Среднем Урале сейсмических сотрясений силой в 5,0 – 5,5 баллов по шкале MSK-64 (рис. 1). Магнитуды сейсмических событий в пределах Средне-Уральского сейсмодомена составляют, по оценке специалистов [10], порядка 2,0 – 5,1 (рис. 2). При этом сила сотрясения в эпицентрах землетрясений оценивается от 3,0 до 6,0-6,5 баллов по шкале MSK-64 (рис.1). Очаги Средне-Уральских землетрясений локализованы в земной коре в интервале глубин от первых километров до 25 км [9,10], т. е. преимущественно в породах кристаллического допалеозойского (дорифейского) фундамента.

Цепочки эпицентров ощутимых землетрясений в пределах Средне-Уральского сейсмодомена образуют сейсмолинеаменты (рис. 3). Часть сейсмолинеаментов имеет субмеридиональное и север-северо-западное (по азимуту около 330 градусов) направление, тогда как другая часть сейсмолинеаментов имеет поперечное (ортогональное) к ним северо-восточное и восток-северо-восточное направление по азимутам 45-60 градусов. Северо-западная (тиманская) ориентировка Средне-Уральского сейсмодомена, по-видимому, отражает направление пликативных структур в кристаллическом фундаменте, а северо-восточная ориентировка поперечных (ортогональных) к этому направлению сейсмолинеаментов отражает направление разрывных структур в нем. Такая ориентировка зон деформаций в фундаменте приведена в работе [7]. В целом очаги землетрясений могут быть приурочены к омоложенным и активным в настоящее время или вновь образующимся зонам деформаций кристаллического фундамента. Сейсмолинеаменты могут рассматриваться как зоны возможного возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ).

Осью Средне-Уральского сейсмодомена является Чусовско-Кизеловский сейсмолинеамент, вмещающий эпицентры наиболее сильных землетрясений региона, магнитуда которых составляет порядка 4,5-5,3 (рис. 3). Сейсмолинеамент имеет север-северо-западное (тиманское) направление по азимуту около 330 градусов и на большей своей части пространственно совпадает с осью долины р. Чусовой, являющейся осью Чусовского новейшего понижения [1], разделяющего Северо-Уральский и Южно-Уральский новейшие своды (рис. 4,5). Анализ данных, приведенных в работах [5, 6], свидетельствует, что Чусовское новейшее погружение наследует участок поздневендского предгорного прогиба, сформировавшегося вдоль юго-западной и западной пограничной зоны поздневендского Урало-Тиманского горного сооружения. О длительной активности этой структуры, в том числе как источника глубинных флюидов, могут свидетельствовать отмечающиеся в ее зоне геодинамического влияния проявления глубинных пирокластитов, предположительно мезозойского возраста [12]. В мезозойское время по ней развилась Чусовская эрозионно-структурная депрессия, вмещающая долину Прачусовой [1, 25]. Относительное (относительно фундаментального репера 340, расположенного в юго-западной части сквера Оперного театра в Екатеринбурге) погружение земной коры в этой

структуре со скоростью порядка 0,5 мм в год наблюдается и на современном этапе (рис. 6). Оно может быть обусловлено наличием в нижней части земной коры и верхней мантии под Чусовским понижением современной зоны деформации земной коры, имеющей характер зоны относительного субгоризонтального растяжения. В Чусовском новейшем понижении сосредоточены эпицентры наиболее сильных землетрясений центральной части Уральского региона, магнитудой порядка 5,0. Это землетрясение 23.05.1798 г. [8,10], эпицентр которого мог располагаться в районе пос. Кын на р. Чусовой [28], и Билимбаевское землетрясение 17.08.1914 г., эпицентр которого располагался в районе Билимбаевского завода и дер. Трека, расположенных также на р. Чусовой [8,10].

Средне-Уральский участок осевой зоны и ближней зоны геодинамического влияния долго живущего субмеридионального Главного Уральского глубинного разлома (ГУРа) также может рассматриваться как сейсмолинеament и зона ВОЗ. Данный разлом в работах [5,6] рассматривается как пограничная структура, разделяющая расположенные к западу от нее структуры Восточно-Европейского континента и расположенные к востоку от нее структуры «более молодого и значительно менее жесткого» Казахстанского континента. В работах [5,6] предполагается, что в результате коллизии этих континентов, произошедшей в средне-поздне-палеозойское время, сформировался герцинский Уральский ороген. Возможно, что отмечающиеся ощутимые землетрясения с эпицентрами в осевой зоне и в ближней зоне геодинамического влияния Главного Уральского разлома, в частности землетрясения 30.03.2010 г., ощущавшегося в Качканаре, могут быть отголосками наследуемых на современном этапе тектонических процессов позднепалеозойской коллизии Восточно-Европейского и Казахстанского континентов.

Перечисленные субмеридиональные сейсмолинеamentы пересекаются ортогональными к ним сейсмолинеamentами северо-восточного и восток-северо-восточного направлений: Добрянско-Кизеловским, Серебрянским, Южно-Уральским, Сабарско-Билимбаевским, также предположительно приуроченными к зонам деформации кристаллического фундамента (рис. 3).

### **О сеймотектонике центральной части Уральского региона**

Анализ зафиксированного магнитного поля позволяет предположить, что древний кристаллический фундамент Камско-Башкирского мегасвода ВЕП, не переработанный палеозойскими тектоническими процессами, подвинут под западную часть Уральского горно-складчатого сооружения на расстояние 20 – 50 км, либо Уральский ороген надвинут на ВЕП (с. 7). Эпицентры землетрясений Златоуст-Миасс-Кыштымского сейсмичного узла, эпицентр Билимбаевского землетрясения, эпицентры землетрясений в долине р. Серебрянки приурочены непосредственно к этой границе. Следовательно, землетрясения в пограничной зоне Камско-Башкирского мегасвода ВЕП и Уральского горно-складчатого сооружения могут быть вызваны процессами деформации кристаллического фундамента Камско-Башкирского мегасвода ВЕП при его поддвиге под Уральский ороген.

Северная большая часть пограничной зоны Камско-Башкирского мегасвода ВЕП и Уральского горно-складчатого сооружения соответствует участку пограничной зоны между крупными трансорогенными структурами земной коры, а возможно, и верхней мантии – Архангельско-Балхашской и Тимано-Кокчетавской. В этой части Урала по результатам изучения анизотропии сейсмических волн направление вектора, сжимающего напряжения для земной коры (современного?), оценивается в 45 градусов СВ [13]. Такое направление ортогонально направлению Средне -Уральского участка Урало-Тиманского ведско-кембрийского орогена. Для мантии направление главного сжимающего напряжения оценивается в 72 градуса ВСВ [13]. Оно совпадает с направлением дрейфа (изменения координат) Средне-Уральского участка Евразии по результатам GPS-мониторинга [14].

Севернее, в пограничной зоне Печерской синеклизы (плиты) ВЕП и Уральского горно-складчатого сооружения ощутимые землетрясения отмечаются гораздо реже и сила их меньше,

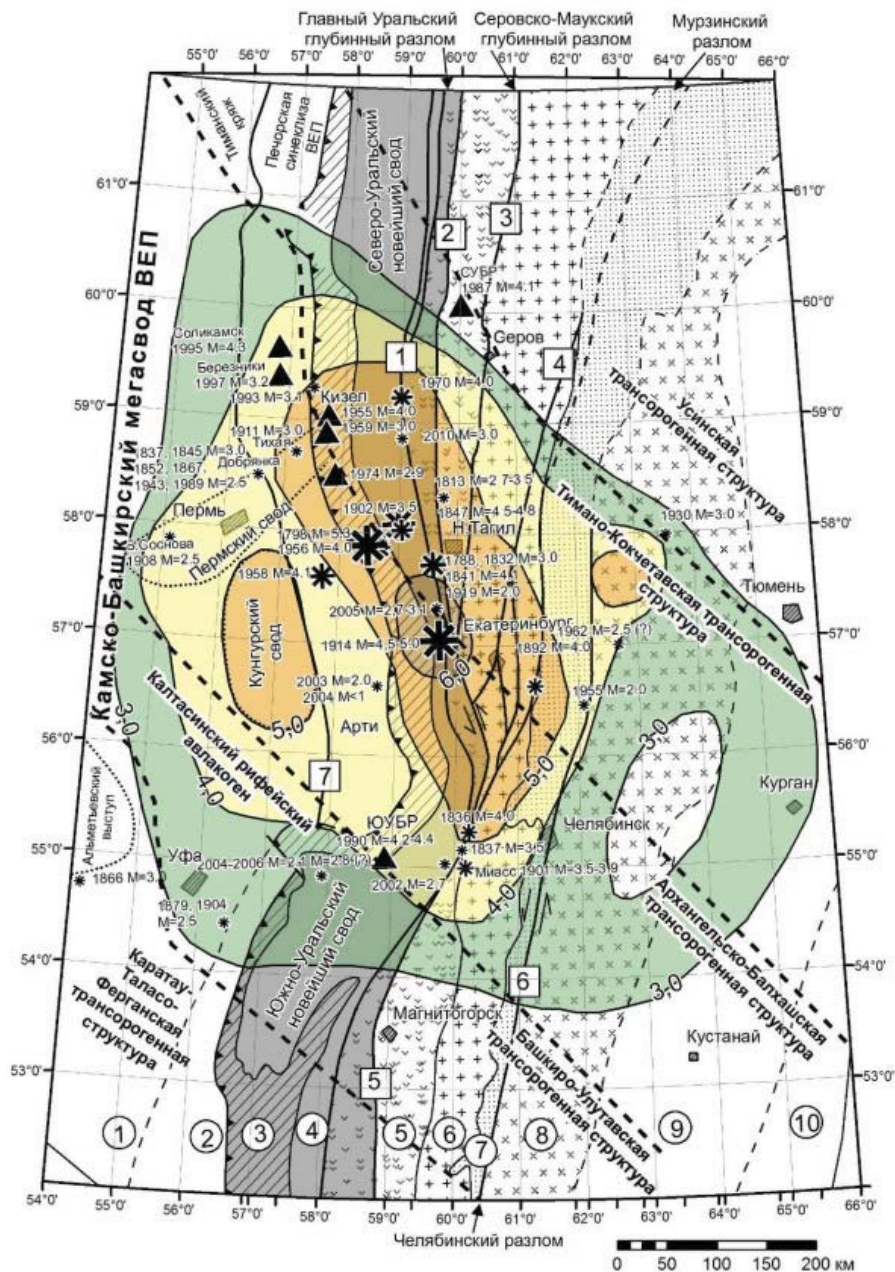


Рис. 1. Схема изолиний (изосейст) наибольших зафиксированных сейсмических сотрясений в баллах шкалы MSK-64 в центральной части Уральского региона за 1788 – 2010 гг., совмещенная с фрагментом тектонической карты Урала (под ред. И.Д. Соболева). Составил А.Н. Гуляев. Институт геофизики Уро РАН 2012. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой

**Условные обозначения к рис. 1,2,3.**

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-Мауковский, 4 – Мурзинский (Зауральский, Свердловский), 5 – Магнитогорский (Мелентьевско-Илимбаевский), 6 – Челябинский,

7 – Красноуфимский. Черными треугольниками показаны эпицентры сильных горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горнорудных предприятиях. Цифрами указана дата и магнитуда события.

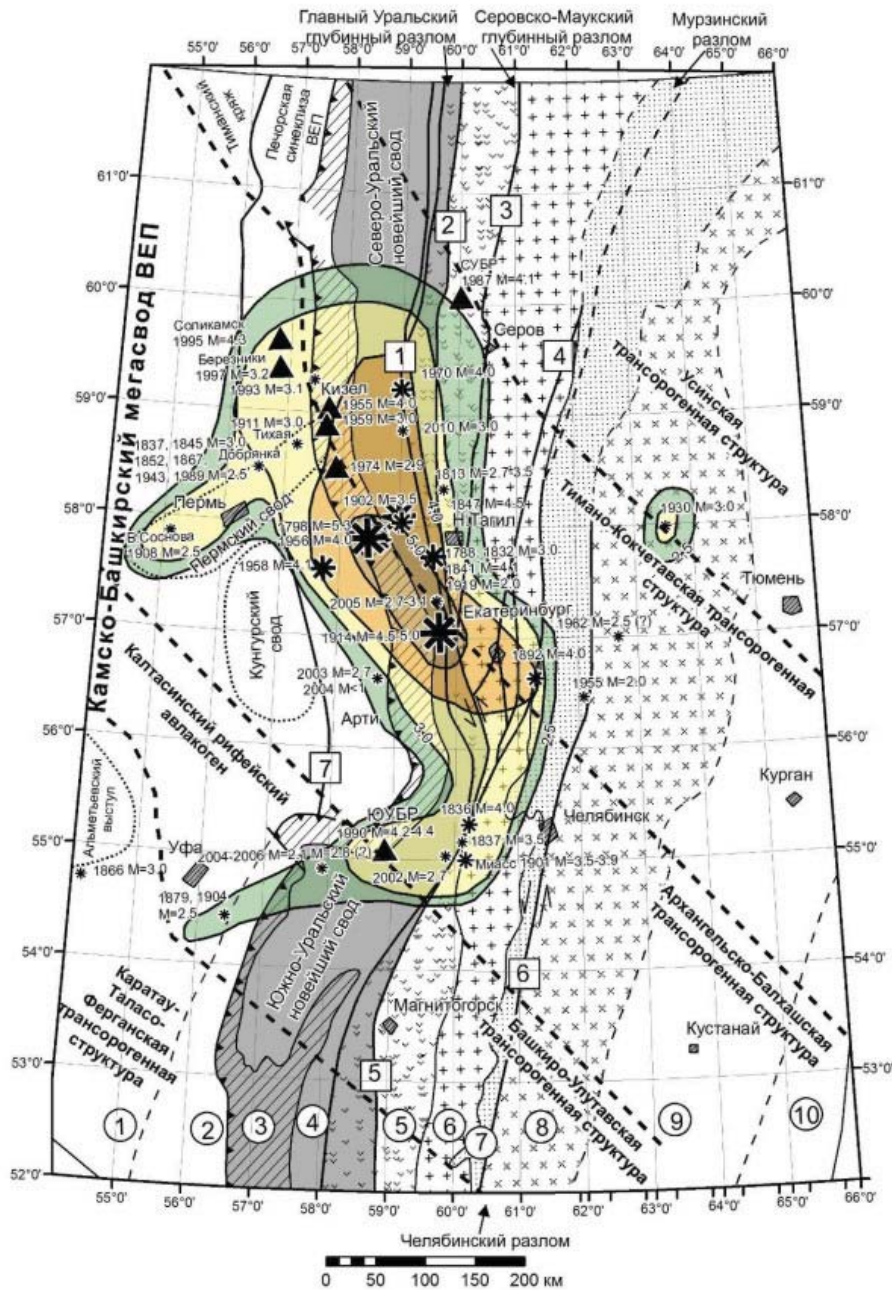


Рис. 2. Схема изолиний наибольших наблюдавшихся магнитуд природных землетрясений в центральной части Уральского региона за 1788 – 2010 гг., совмещенная с фрагментом тектонической карты Урала (под ред. И. Д. Соболева) Составил А.Н. Гуляев. Институт геофизики Уро РАН, 2012. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой

чем в центральной части Уральского региона в области взаимодействия кристаллического фундамента Камско-Башкирского мегасвода ВЕП и Урала. Возможно, это обусловлено тем, что фундамент Печерской плиты более молодой (рифейский) и менее консолидированный (сланцевый) [3,6] по сравнению с древним (архейско-раннепротерозойским) гранитизированным кристаллическим фундаментом Камско-Башкирского ВЕП [4,6].

В поле современных вертикальных движений земной коры Урала, приведенном в работе [15], большая часть эпицентров землетрясений локализована в зонах современного относительного погружения земной поверхности и в их пограничных зонах (рис. 6). Не исключено, что эти зоны соответствуют зонам современного субгоризонтального растяжения в низах земной коры.



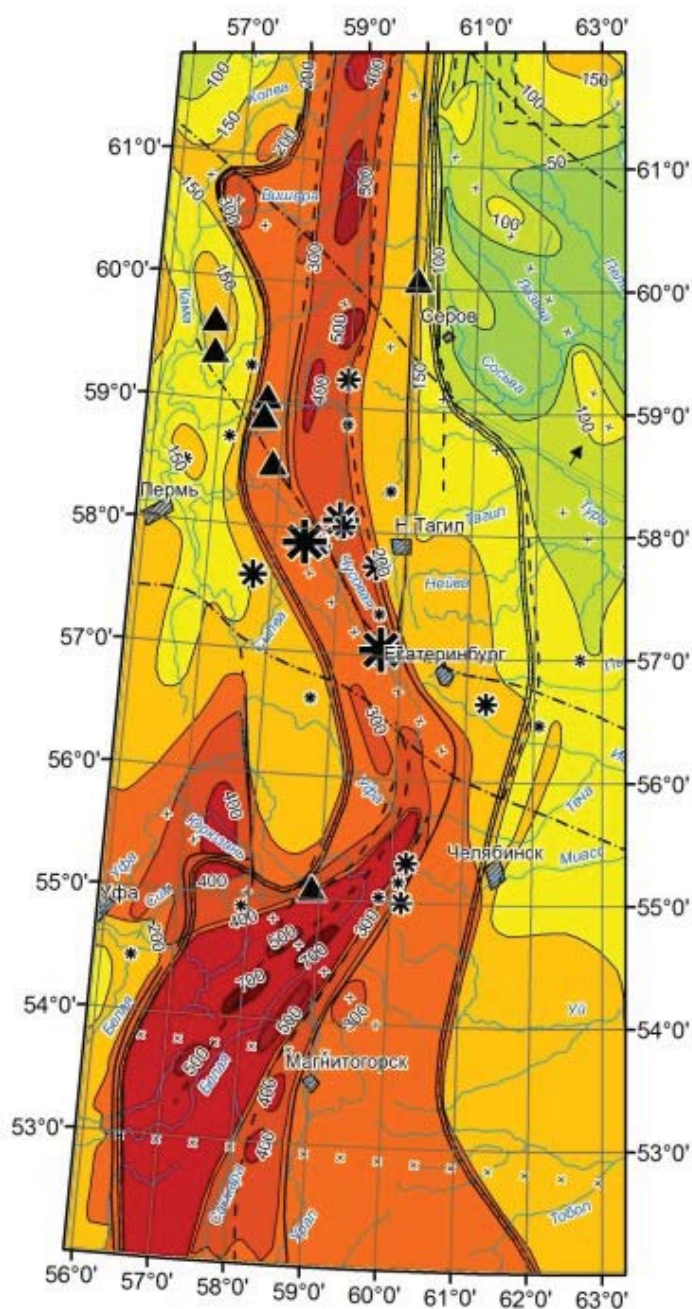


Рис. 4. Схема новейшей тектоники центральной части Уральского региона по В. П. Трифонову (1969), с вынесенными на нее эпицентрами ощутимых природных землетрясений (черные звездочки), горных ударов и природно-техногенных землетрясений (черные треугольники) по [31]. Компьютерная графика А. Ю. Осиповой, 2013. Изолинии и цифры на изолиниях обозначают амплитуду воздымания земной коры в метрах за новейшее время (за последние 30 млн. лет).

Коричневым и темно-красным цветом показаны области воздымания земной коры за новейшее время с амплитудой более 300 м.

Светло-коричневым цветом показаны области с амплитудами воздымания земной коры за новейшее время порядка 150–200 м.

Желтым цветом показаны области с амплитудами воздымания земной коры за новейшее время порядка 100–150 м.

Зеленым и темно-зеленым цветом показаны области с амплитудами воздымания земной коры менее 100 м и 50 м.

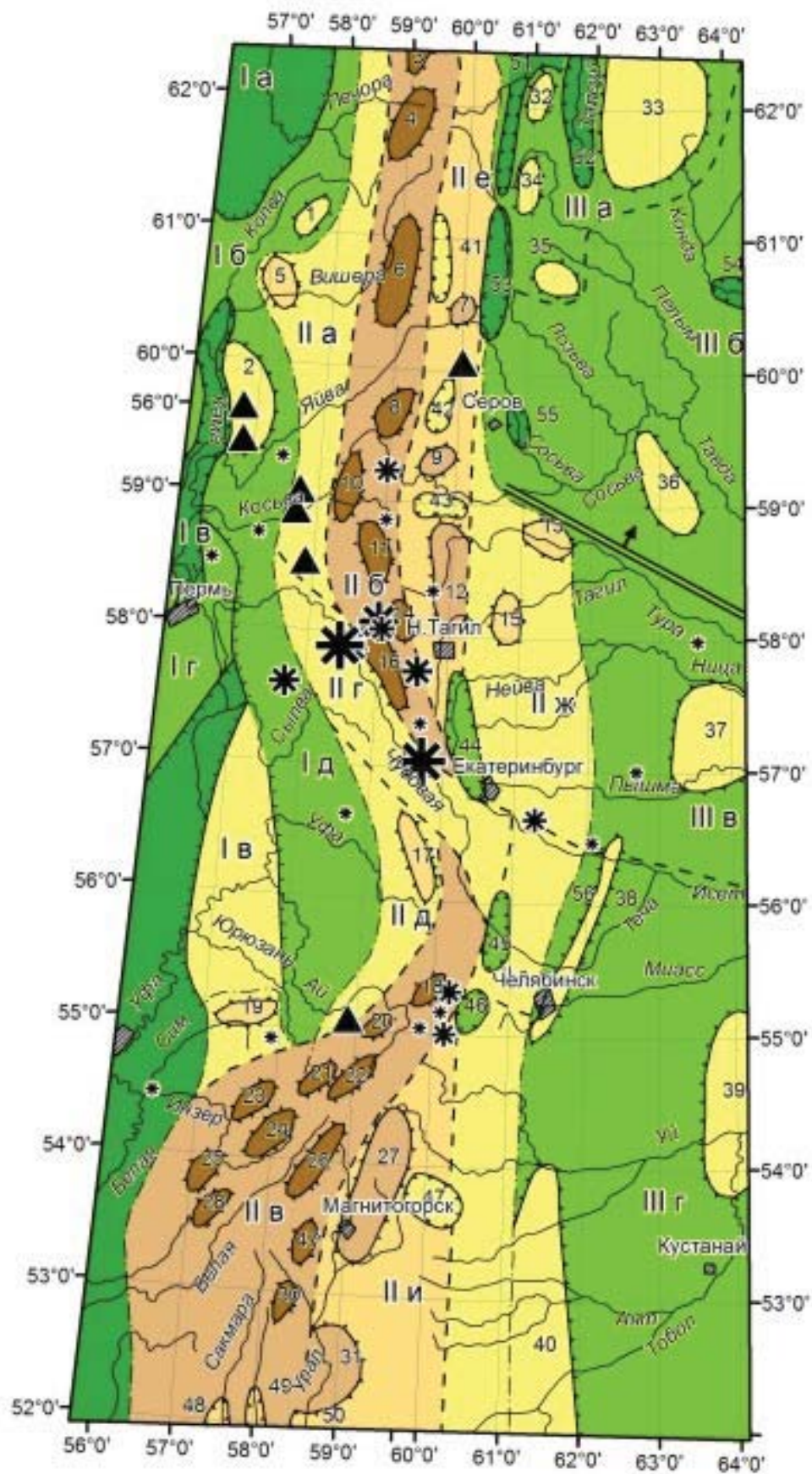


Рис. 5. Схема неотектонического районирования Урала по В. П. Трифонову (1969), с вынесенными на нее эпицентрами ощутимых природных землетрясений (черные звездочки), горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горнорудных предприятиях (черные треугольники) по [31]. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой, 2013



**Условные обозначения к рис. 5.**

Основные неотектонические области: 1 – восточная окраина Русской платформы (Приуралье), 2 – Урал, 3 – западная окраина Западно-Сибирской плиты (Зауралье), 4 – границы неотектонических областей, 5 – границы неотектонических районов, 6 – локальные поднятия, 7 – локальные опускания (прогибы, впадины), 8 – флексуры.

**Новейшие региональные структуры (неотектонические районы):**

I а – Усть-Ылычская впадина, I б – склоны впадины, I в – Верх-Камская впадина, I г – Пермское поднятие, I д – Юрюзано-Вишерское понижение, I е Уфимское поднятие.

II а – Западно-Уральская ступень, II б – Северо-Уральский свод, II в – Южно-Уральский свод, II г – Чусовское понижение, II д – Верхнеуфимская ступень, II е – Восточно-Уральская ступень, II ж – Туринский выступ, II з – Сысертский выступ, II и – Урало-Тобольский выступ.

III а – Северо-Сосьвинское поднятие, III б – Кондинский «массив», III в – Ирбитское поднятие, III г – Кустанайское поднятие.

**Новейшие локальные структуры:**

Поднятия: 1 – Немыльское, 2 – Соликамское, 3 – Кожимское, 4 – Отортенское, 5 – Полюдовское, 6 – Кваркуш-Чувальское, 7 – Кондинское, 8 – Кытлымское, 9 – Лобвинское, 10 – Басегское, 11 – Колпаковское, 12 – Верхнетуринское, 13 – Верхотурское, 14 – Баранчинское, 15 – Медведевское, 16 – Сулемское, 17 – Сабарское, 18 – Таганайское, 19 – Каратаусское, 20 – Уреньгинское, 21 – Зигальгинское, 22 – Иремельское, 23 – Карязы, 24 – Ямантауское, 25 – Зильмердакское, 26 – Уралтауское, 27 – Краснинское, 28 – Баштауское, 29 – Крыкты, 30 – Иреньдыкское, 31 – Ершовое, 32 – Нижнелеплинское, 33 – Лилинсауское, 34 – Верхнепелымское, 35 – Понильское, 36 – Андрюшинское, 37 – Ирбитское, 38 – Колчеданно-Коркинское, 39 – Звериноголовское, 40 – Троицк – Джетыгаринское.

Впадины: 41 – Шегультанская, 42 – Карпинская, 43 – Лялинская, 44 – Нейвинская, 45 – Каслинская, 46 – Чебаркульская, 47 – Балканская, 48 – Сакмарская, 49 – Баймакская, 50 – Орская, 51 – Няйская, 52 – Ляпин-Тапсуйская. 53 – Ивдельская, 54 – Леушинская, 55 – Урайская, 56 – Сугоякская.

**О сейсмопотенциале Среднего Урала**

На сегодняшний день не имеется надежных методик оценки величины наибольшей возможной магнитуды землетрясений, которые могут происходить в будущем. Мы оценивали сейсмопотенциал центральной части Уральского региона, используя эмпирические зависимости наибольших возможных магнитуд землетрясений от ряда параметров и сопоставляя их с аналогичными зависимостями для ряда сейсмичных регионов.

Нами анализировались графики вариаций во времени магнитуды и интенсивности Уральских землетрясений за 1788 – 2012 гг. (рис. 8) в сопоставлении их с подобными графиками сейсмичных регионов. Можно видеть, что среднее многолетнее значение магнитуд ощутимых землетрясений Среднего Урала за последние 300 лет составляет порядка 2,7-3,0 (рис. 8,9). Анализ аналогичных графиков по сейсмичным регионам, приведенным в работе [16] свидетельствует о том, что магнитуды наиболее сильных землетрясений обычно приблизительно в два раза выше средних многолетних значений. Следовательно, магнитуды наиболее сильных возможных землетрясений на Среднем Урале могут оцениваться как 5,4 – 6,0. Сила сотрясения (сейсмического воздействия) в эпицентрах таких событий может составить порядка 7,0–7,5 баллов по шкале MSK-64. Кроме того, можно видеть, что периодам понижения солнечной активности с 1800 по 1830 г. и с 1880 по 1920 г. соответствует повышение сейсмической активности центральной части Уральского региона.

Подобным образом – сопоставлением с сейсмоактивными регионами, нами была выполнена оценка сейсмопотенциала центральной части Уральского региона с использованием графика повторяемости ощутимых землетрясений Среднего Урала (рис. 10) и временных интервалов между землетрясениями (рис. 11). График повторяемости для Среднего Урала имеет меньший угол наклона к оси абсцисс по сравнению с подобными графиками для других сейсмичных эпиплатформенных эпипалеозойских регионов, таких как Тянь-Шань, Алтай, Саяны [17]. Это свидетельствует о более низкой сейсмической активности земной коры Среднего Урала по сравнению с этими регионами.

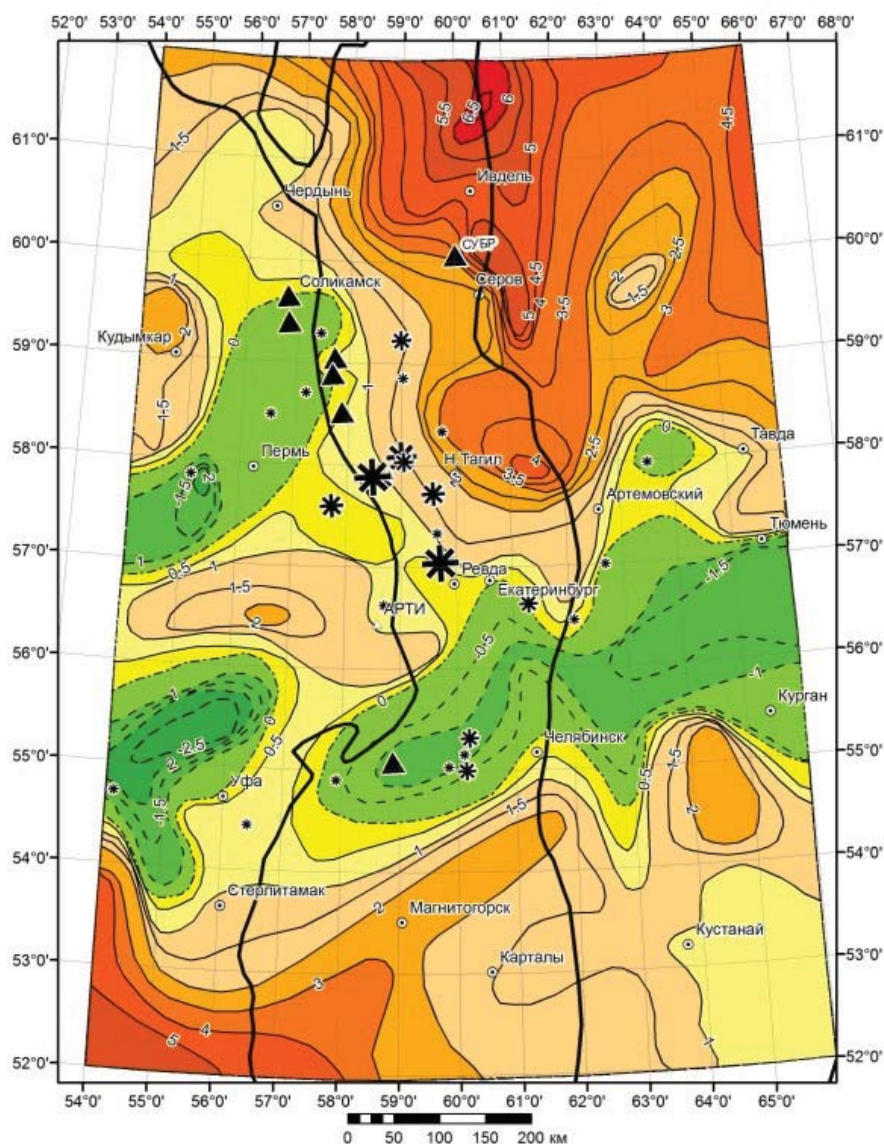


Рис. 6. Скорости современных вертикальных движений земной коры центральной части Уральского региона в мм в год по данным повторных нивелировок за период 1915-1980 гг. по [15] с наложенными эпицентрами землетрясений (черные звездочки), горных ударов и природно-техногенных землетрясений (черные треугольники) по [31]. Скорости вычислены относительно фундаментального репера 340, расположенного в юго-западной части сквера оперного театра в Екатеринбурге.

Коричневым, светло-коричневым цветом показаны относительно воздымающиеся участки. Зеленым, темно-зеленым цветом показаны относительно погружающиеся участки.

Желтым цветом показаны относительно стабильные участки.

Черной линией показаны контуры «обнаженного» Урала.

Черными звездочками показаны эпицентры ощутимых природных землетрясений. Размер звездочки прямо пропорционален магнитуде события. Самые крупные обозначают эпицентры событий с магнитудой порядка 5,0, самые маленькие – эпицентры событий с магнитудой порядка 2,0.

Черными треугольниками показаны эпицентры сильных горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горно-рудных предприятиях.

Анализ графика повторяемости ощутимых уральских землетрясений свидетельствует о том, что события с наибольшей возможной магнитудой ощутимых землетрясений порядка 6,0 могут происходить на Среднем Урале один раз приблизительно в 1000 лет. Можно предположить, что такие события вероятнее всего будут возникать в центральной части Средне-Уральского сейсмодомена, где уже отмечались достаточно сильные землетрясения с магнитудой порядка 4,5–5,0. Причинами возникновения землетрясений такой энергии могут быть глобальные явления, например относительно резкое изменение скорости вращения Земли,

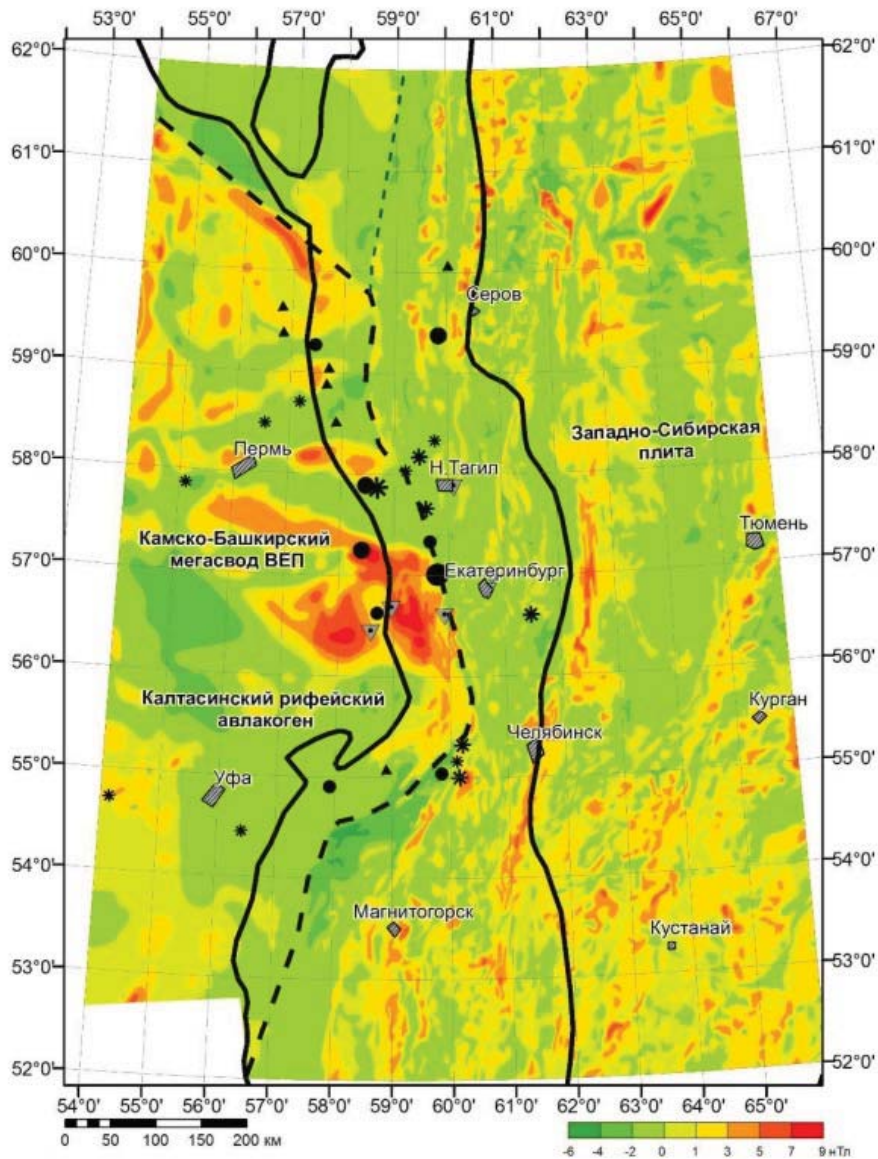


Рис. 7. Аномальное магнитное поле центральной части Уральского региона. (фрагмент карты аномального магнитного поля территории СССР масштаба 1:2500 000, 1982) с вынесенными на нее эпицентрами ощутимых природных землетрясений (черные звездочки и черные кружки), горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горно-рудных предприятиях по [31].

Красным и оранжевым цветом показаны участки с относительно повышенными (положительными) значениями напряженности поля, зелеными тонами показаны участки с относительно пониженными (отрицательными) значениями напряженности поля.

Черные сплошные линии – контуры новейшего Урало-Тиманского орогена «обнаженного» Урала и Тиманского кряжа).

Пунктирная черная линия – предполагаемая восточная граница непереработанного тектоническими процессами кристаллического фундамента Камско-Башкирского мегасвода ВЕП.

Черные звездочки – эпицентры землетрясений доинструментального периода, сведения о которых содержатся в архивных материалах.

Черные кружки – эпицентры инструментально зарегистрированных землетрясений. Размеры звездочек и кружков пропорциональны магнитуде события. Самые крупные обозначают эпицентры событий с магнитудой порядка 5,0, самые маленькие – эпицентры событий с магнитудой порядка 2,0.

Черные треугольники – эпицентры сильных горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горнорудных предприятиях.

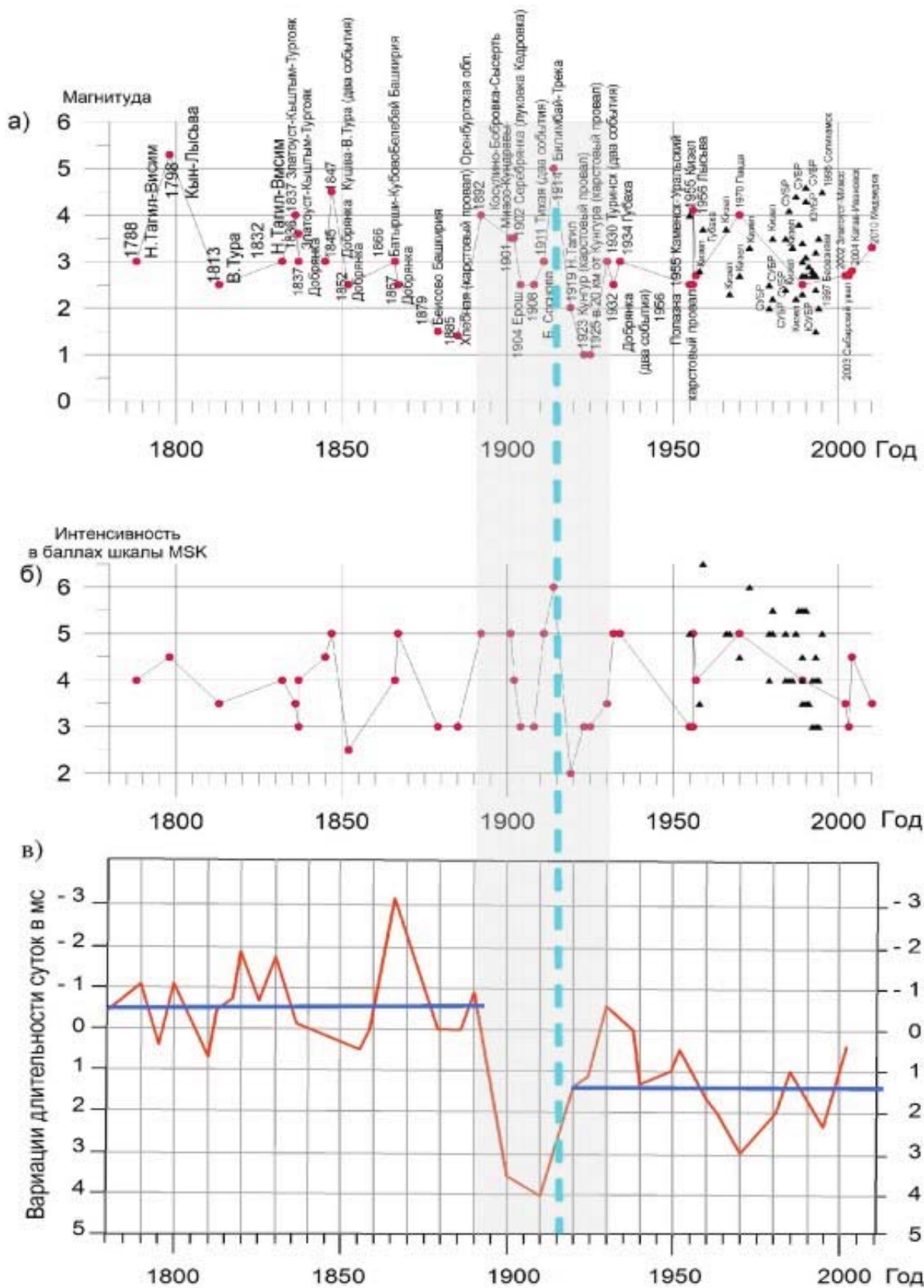


Рис. 8. Графики распределения во времени магнитуд (верхний график (а)) и интенсивностей сотрясений в эпицентрах в баллах шкалы MSK-64 (средний график (б)) в центральной части Уральского региона за период 1788–2010 гг. в сопоставлении с графиком вариаций длительности суток в мс (вариаций скорости вращения Земли) по Сидоренкову Н.С., 2004 г. (нижний график (в)). Составил Гуляев А.Н., Институт геофизики УрО РАН, 2005–2010 гг. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой

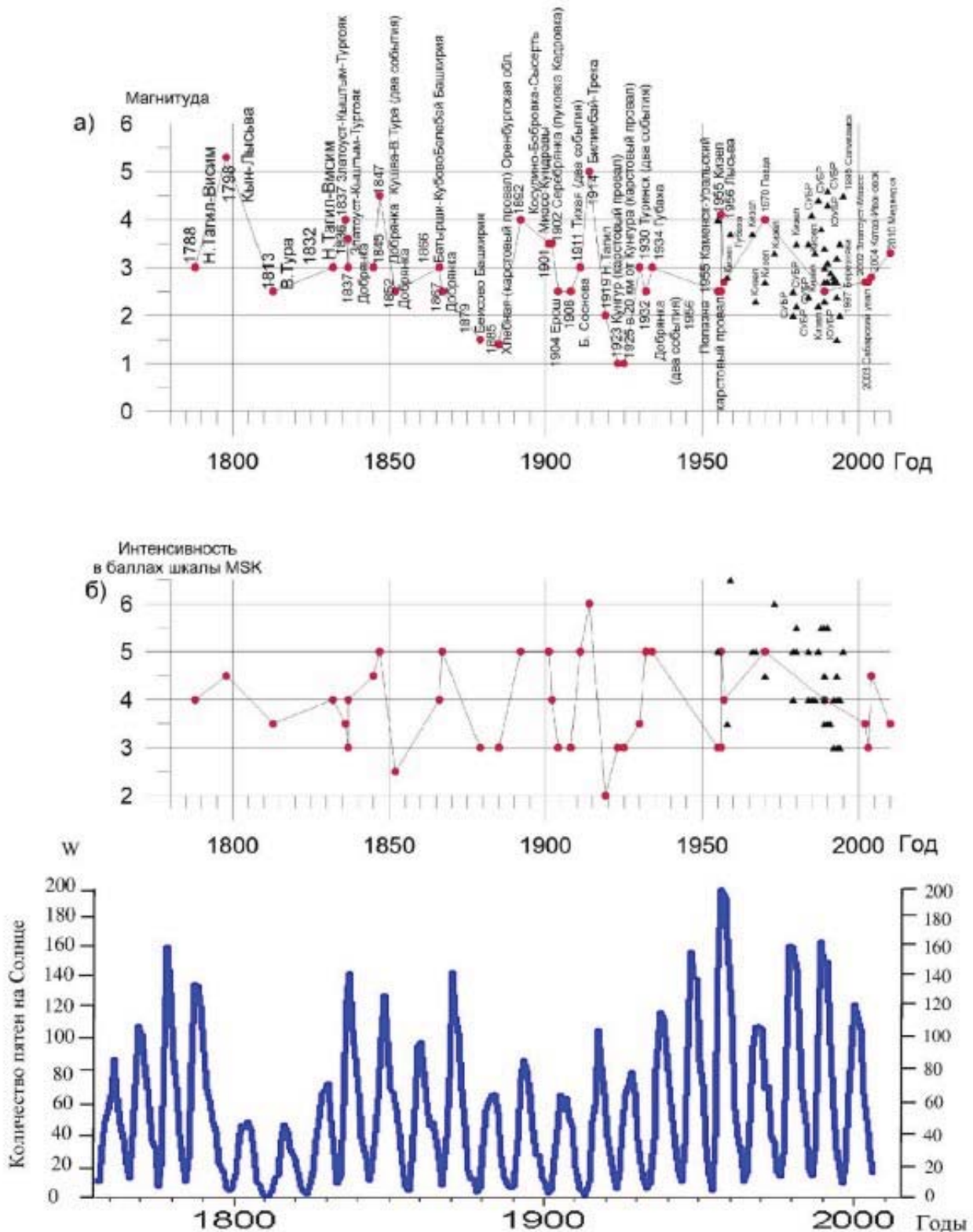


Рис. 9. Графики распределения во времени магнитуд (верхний график (а) и интенсивностей сотрясений в эпицентрах в баллах шкалы MSK-64 (средний график (б) в центральной части Уральского региона за период 1788–2010 гг. в сопоставлении с графиком распределения во времени чисел Вольфа (количества пятен на Солнце, Солнечной активности – нижний график (в)). Составил Гуляев А.Н., Институт геофизики УрО РАН, 2005–2010 гг. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой. Красными кружками показаны данные по землетрясениям, черными треугольниками показаны данные по горным ударам и природно-техногенным землетрясениям.

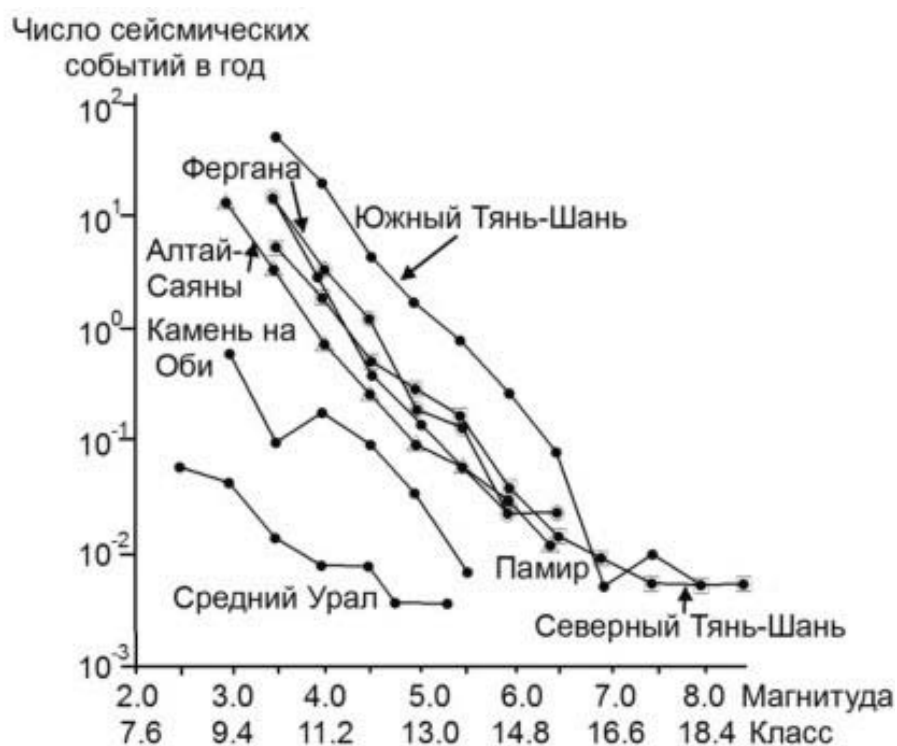


Рис. 10. График повторяемости землетрясений Среднего Урала за 1788–2010 гг. в сопоставлении с графиками повторяемости сейсмичных регионов. Составил А.Н. Гуляев. Институт геофизики УрО РАН, 2005–2010 гг. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой



Рис. 11. Графики повторяемости временных интервалов между сейсмическими явлениями на Среднем Урале за 1788–2010 гг. и в других сейсмичных регионах. Составил А.Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2005–2010 гг. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой

вызванное как внутренними (внутриземными), так и внешними (космическими) причинами (рис. 8). Такой период значительных вариаций скорости вращения Земли (сначала ускорение, а затем довольно значительное замедление), охвативший конец XIX – начало XX в. [29], характеризовался относительным повышением сейсмической активности на Среднем Урале. В этот период произошло самое сильное за инструментальный период сейсмологических наблюдений на Урале Билимбаевское землетрясение 17.08.1914 г. с магнитудой порядка 4,5–5,0 [10]. Интересно, что после этого периода достаточно резких вариаций скорости вращения Земли во временной интервал после 1920 г. произошло общее замедление вращения Земли и длительность суток увеличилась по сравнению с предшествующим периодом (1780–1890) приблизительно на 1 мс (рис. 8).

Не исключено, что на сейсмичность Среднего Урала может влиять и солнечная активность, но так как сейсмичность – явление многофакторное, то однозначную связь между этими явлениями выявить непросто. Так, на рис. 9 можно видеть, что периодам относительно повышенной солнечной активности, отмечавшимся во второй половине XVIII в. и в середине XIX в., соответствуют периоды относительного повышения сейсмической активности на Среднем Урале. Периоду же снижения солнечной активности, охватывающему вторую половину XIX и первую половину XX в., соответствует относительное увеличение сейсмической активности на Среднем Урале, предположительно обусловленное упоминавшимися выше резкими вариациями скорости вращения Земли, обусловленными, по-видимому, в основном внутриземными причинами.

В работе [18] отмечается, что запасенный в земной коре сейсмопотенциал лучше всего характеризуют амплитуды деформаций земной коры, произошедшие в новейшее время (за последние 30 млн. лет). Чтобы использовать это положение для оценки наибольшей возможной магнитуды землетрясений на Среднем Урале, нами были построены графики зависимостей магнитуд и интенсивностей от амплитуд новейших вертикальных деформаций земной коры для сейсмически активных регионов (рис. 12). На Среднем Урале и прилегающих к нему частях Северного и Южного Урала амплитуды новейших вертикальных деформаций земной коры оцениваются в пределах 225–450 м и до 700 м на Южном Урале [1, 2]. Таким амплитудам деформаций земной коры по оценкам для Северного Тянь-Шаня [19, 20] может соответствовать наибольшая возможная магнитуда землетрясений 5,0–5,5, сила сейсмического воздействия в эпицентрах порядка 6,5–7,0 баллов по шкале MSK-64. Эти оценки наибольших возможных магнитуд могут быть применимы и для Среднего Урала, где отмечаются амплитуды новейших деформаций земной коры такого же порядка.

В целом по результатам выполненного нами анализа сейсмопотенциал земной коры центральной части Уральского региона оценивается как невысокий.

Разрядке накопленных в земной коре Среднего Урала тектонических напряжений в виде землетрясений могут способствовать факторы-триггеры: лунно-солнечные приливы, вариации во времени скорости вращения Земли, вариации во времени солнечной активности, вариации основных атмосферных параметров [13, 21, 22, 23].

На рис. 13 видно, что влияние лунно-солнечных приливов на сейсмичность в центральной части Уральского региона проявляется в том, что горные удары и природно-техногенные землетрясения на горно-рудных предприятиях чаще происходят в новолуние, когда амплитуда лунно-солнечных приливов наиболее высока. В периоды между новолунием и полнолунием горных ударов и природно-техногенных землетрясений меньше, чем в новолуние (рис. 13). Природные землетрясения в лунном месяце распределены более равномерно, но при этом наблюдается относительное увеличение числа сильных (с магнитудой более 4,0–4,5) землетрясений в период новолуния и в периоды между новолунием и полнолунием (рис. 13).

На распределение количества и интенсивности сейсмических событий в течение астрономического года могут оказывать влияние процессы предполагаемого сезонного растяжения и сжатия верхней части земной коры (рис. 14). В первую половину года (январь –

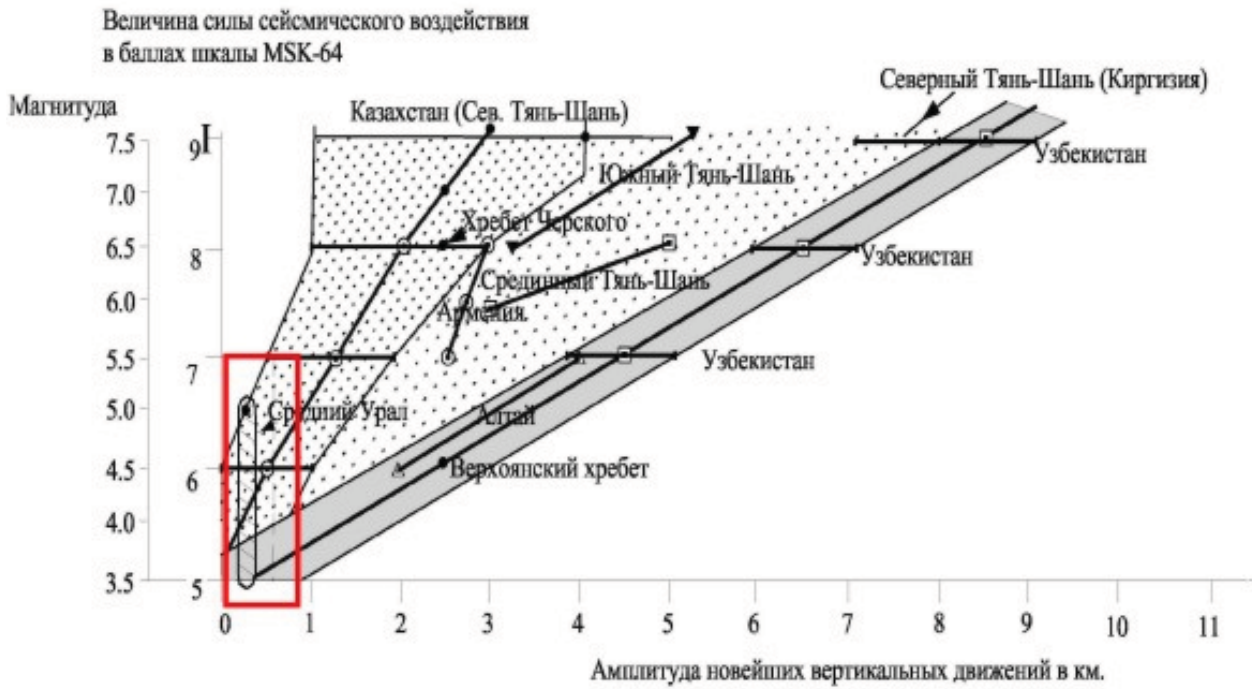


Рис. 12. Графики зависимости магнитуды и силы сотрясения в эпицентрах от амплитуды новейших вертикальных движений (деформаций) земной коры. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2005. Красным прямоугольником показана область амплитуд новейших деформаций земной коры Среднего Урала по оценкам разных авторов (по В. П. Трифонову, 1969, А. П. Сигову и В. А. Сигову, 1971, 1975) и соответствующие им интервалы магнитуд и интенсивности возможных землетрясений.

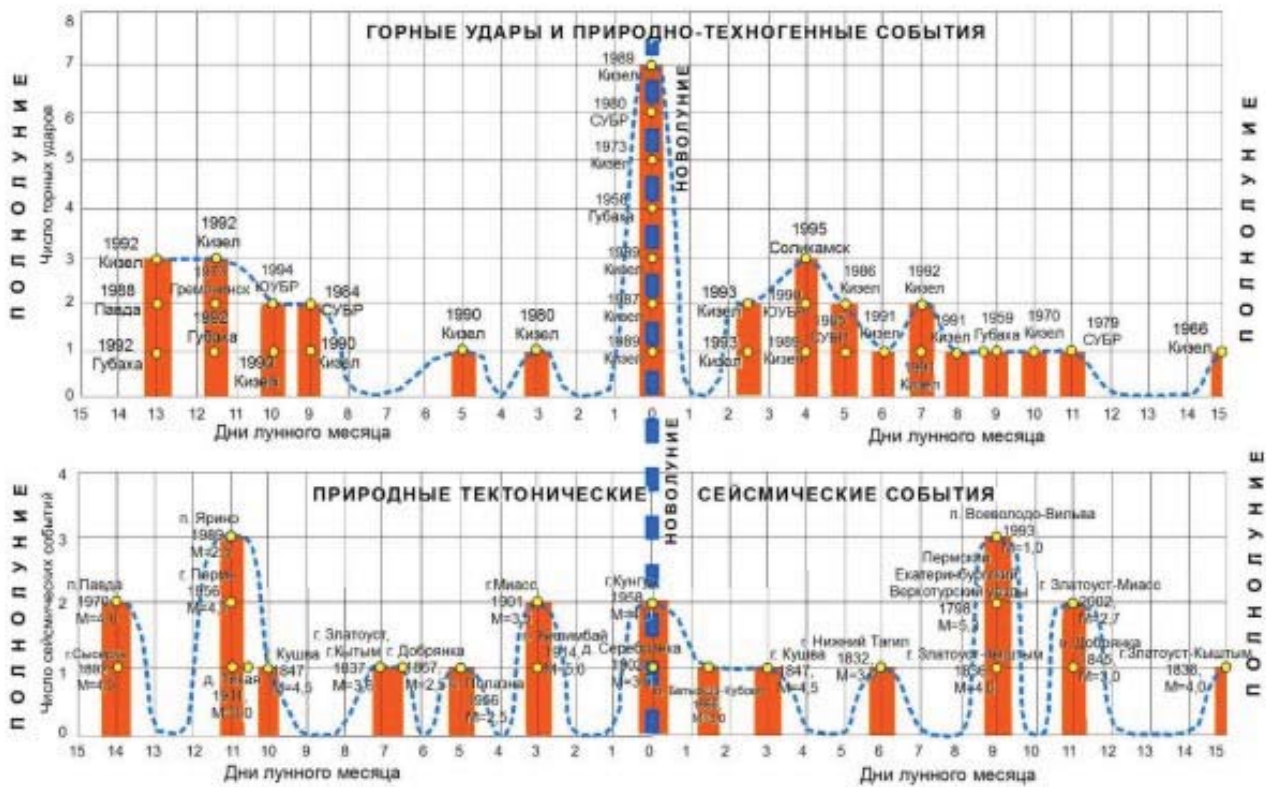


Рис. 13. Распределение в лунном месяце горных ударов, природно-техногенных землетрясений (верхний график) и природных землетрясений (нижний график) в центральной части Уральского региона за 1788 – 2010 гг. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2005-2010. Компьютерная графика А. Ю. Осиповой



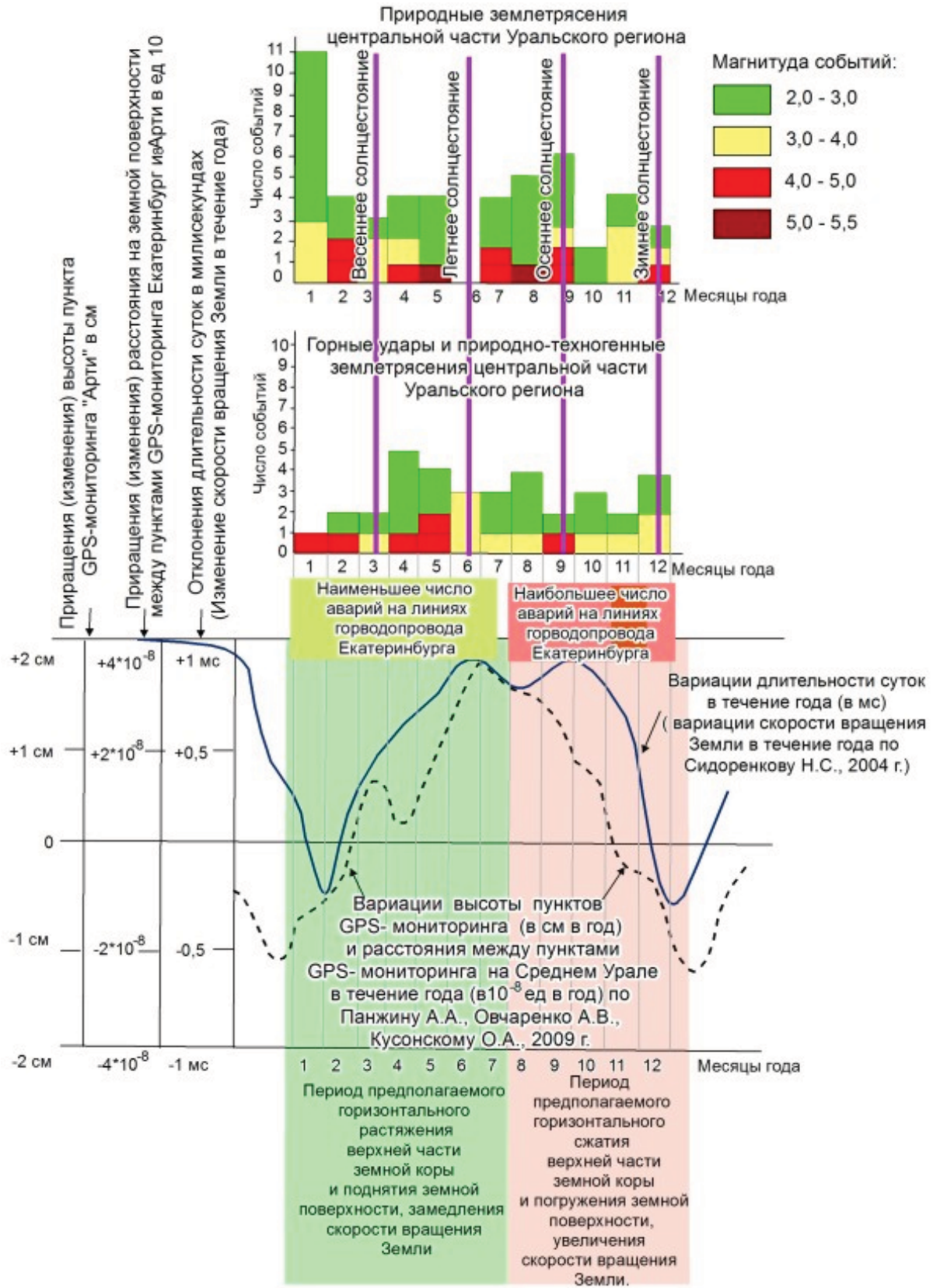


Рис. 14. Графики распределений количества землетрясений, горных ударов и природно-техногенных землетрясений в центральной части Уральского региона по месяцам в течение года за 1788 – 2010 гг., совмещенные с графиками сезонных вариаций скорости вращения Земли по [29], изменения горизонтальных расстояний на поверхности Земли и высоты земной поверхности по данным GPS-мониторинга по [14,30]. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2005 – 2010. Компьютерная графика А.Ю. Осиповой

июль), по результатам GPS-мониторинга, наблюдается увеличение расстояния между пунктами наблюдения и подъем поверхности Земли [14, 30]. Можно предположить, что эти явления – следствие сезонного относительного растяжения земной коры. В этот же период происходит замедление скорости вращения Земли [29]. Во вторую половину года (август – декабрь), по результатам GPS-мониторинга, наблюдается уменьшение расстояния между пунктами наблюдения и погружение поверхности Земли [14, 30]. Можно предположить, что эти явления – следствие сезонного относительного сжатия земной коры. В этот же период происходит ускорение вращения Земли [29]. В середине периода растяжения и в середине периода сжатия верхней части земной коры наблюдается относительное увеличение землетрясений с магнитудой 3,0 и более. Большая часть горных ударов происходит в первую половину года – в период относительного растяжения верхней части земной коры. Самые сильные на Среднем Урале землетрясения в годовом цикле распределились следующим образом: событие 23.05.1798 г. произошло в конце периода предполагаемого относительного растяжения земной коры, а Билимбаевское событие 17.08.1914 г. – в начале периода предполагаемого относительного сжатия земной коры.

### **Об инженерно-сейсмических условиях в центральной части Уральского региона**

Сила сейсмического воздействия на инженерные сооружения, кроме магнитуды и глубины очага землетрясения, определяется и грунтовыми условиями в основании фундаментов инженерных сооружений. Геологическое строение земной коры в центральной части Уральского региона неоднородное, сложное, поэтому и сейсмогрунтовые условия в пределах региона также неоднородные. Наиболее благоприятные сейсмогрунтовые условия отмечаются в пределах области горно-складчатого Урала, где на земной поверхности обнажаются осадочные и вулканогенно-осадочные метаморфизованные палеозойские и допалеозойские породы, вмещающие интрузивные тела гранитоидов, габброидов, перидотитов (область «обнаженного» Урала). Грунты здесь могут быть отнесены преимущественно к первой категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81\* (рис.15) [24]. Грунты этой категории наиболее благоприятны в инженерно-сейсмическом и инженерно-геологическом отношениях. Сила сейсмического воздействия на инженерные сооружения в пределах участков развития данных грунтов наименьшая по сравнению с другими видами грунтов.

В верхней части своего разреза коренные палеозойские и допалеозойские породы в мезозойско-кайнозойское время подверглись выветриванию. Сформировался чехол коры выветривания, обычно представленный рухляками (сильно выветрелыми коренными породами очень низкой и пониженной прочности), переходящими вверх по разрезу в щебнисто-дресвянистые грунты и элювиальные суглинки. Мощность чехла коры выветривания неодинаковая и меняется от 0 до 10 и более метров. По зонам деформации земной коры развились карманы выветривания глубиной до 25 м и более [25]. Физико-механические свойства грунтов чехла коры выветривания позволяют отнести их к грунтам второй категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81\* (рис. 15).

В Зауралье палеозойские породы перекрыты чехлом мезозойско-кайнозойских морских и континентальных песчано-глинистых отложений мощностью от нескольких метров в западной части Зауралья до нескольких сотен метров в восточной его части [1]. Физико-механические свойства этих отложений позволяют отнести их к грунтам второй и третьей категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81\*. Эти грунты являются наименее благоприятными в инженерно-сейсмическом и инженерно-геологическом отношениях. Сила сейсмического воздействия на инженерные сооружения в пределах участков развития этих грунтов наибольшая по сравнению с другими видами грунтов. Но при этом в Зауралье за пределами Средне-Уральского сейсмодомена сейсмическая активность земной коры очень низкая, очаги ощутимых землетрясений возникают очень редко, сила их невелика. Поэтому не исключено, что в случае возникновения очагов слабых землетрясений в палеозойском и

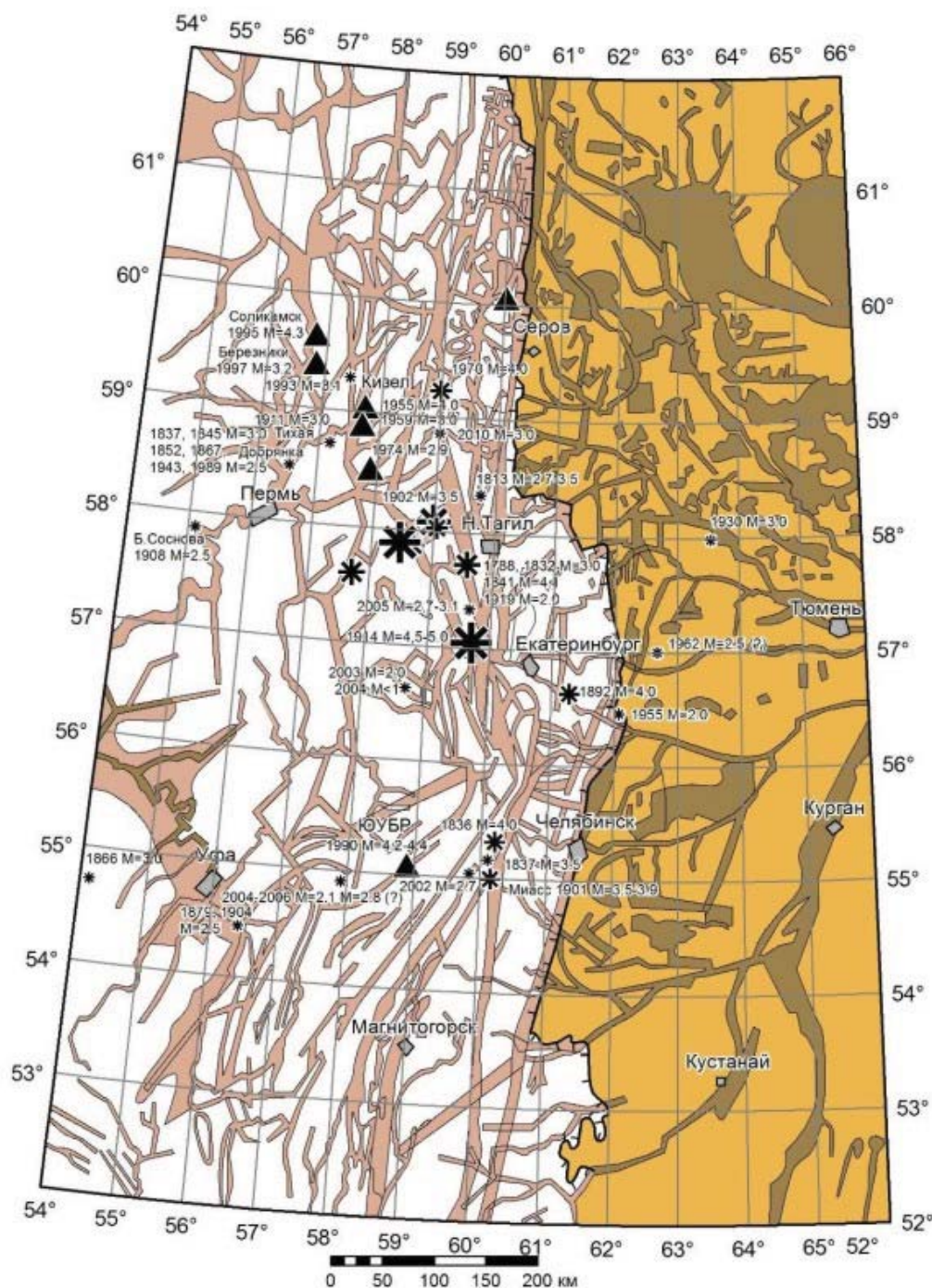


Рис. 15. Схема сейсмогрунтовых условий центральной части Уральского региона. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2010. Компьютерная графика Н. В. Михайловой

Незакрашены участки развития грунтов первой категории по сейсмическим свойствам, по классификации СНиП II-7-81\*.

Коричневой заливкой показаны участки развития грунтов второй категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81\*.

Темно-коричневой заливкой показаны участки развития грунтов третьей категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81\*.

Черными кружками показаны эпицентры землетрясений. Размер кружка прямо пропорционален магнитуде события. Самые маленькие кружки соответствуют эпицентрам событий с магнитудой около 3,0. Самые большие соответствуют эпицентрам событий с магнитудой порядка 4,5-5,0.

Черными треугольниками показаны эпицентры горных ударов и природно-техногенных землетрясений на горно-рудных предприятиях.

допалеозойском фундаменте Зауралья толща терригенных мезозойско-кайнозойских отложений может демпфировать слабые сейсмические воздействия, ослабляя и гася их.

В Предуралье в верхней части разреза земной коры развиты терригенные и терригенно-карбонатные отложения верхней части чехла Восточно-Европейской платформы, имеющие преимущественно поздне-пермский возраст. С поверхности эти породы подверглись выветриванию и перекрыты чехлом четвертичных отложений. Физико-механические свойства грунтов Предуралья позволяют отнести их к грунтам первой категории и к промежуточным между первой и второй категориями по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81\*. В поймах рек развиты грунты второй категории, а на заболоченных участках – грунты третьей категории.

По результатам Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 [26] Средний Урал был отнесен к регионам, в которых при проектировании и строительстве инженерных сооружений необходимо учитывать сейсмичность. В пределах Среднего Урала величина расчетной силы сейсмического воздействия для условий грунтов второй категории на объекты основного (массового) строительства и повышенной ответственности принята в 6 баллов по шкале MSK-64, а для особо ответственных объектов – в 6–8 баллов по шкале MSK-64 (рис. 16, 17, 18).

#### Условные обозначения к рис. 16, 17, 18:

Зеленым цветом показаны участки с величиной расчетной силы сейсмического воздействия в 4 балла по шкале MSK-64.

Желтым цветом показаны участки с величиной расчетной силы сейсмического воздействия в 5 баллов по шкале MSK-64.


Светло-коричневым цветом показаны участки с величиной расчетной силы сейсмического воздействия в 6 баллов по шкале MSK-64.

Коричневым цветом показаны участки с величиной расчетной силы сейсмического воздействия в 7 баллов по шкале MSK-64.

Темно-коричневым цветом показаны участки с величиной расчетной силы сейсмического воздействия в 8 баллов по шкале MSK-64.

#### Эпицентры ощутимых землетрясений



 Места горно-тектонических ударов. Цифрами указана дата и магнитуда наиболее сильных событий.

Толстыми красными линиями показаны сейсмолинеаменты – зоны возможного возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) с магнитудой до 4,5 – 5,0.

Толстыми желтыми линиями показаны сейсмолинеаменты – зоны ВОЗ с магнитудой до 4,0-4,5.

Толстыми зелеными линиями показаны сейсмолинеаменты – зоны ВОЗ с магнитудой до 3,5-4,0.

Черными толстыми линиями с цифрами показаны контуры потенциально сейсмичных областей на картах «А», «В» и «С» из комплекта ОСР-97. Цифры обозначают фоновую величину расчетной силы сейсмического воздействия в баллах шкалы MSK-64 для условий грунтов второй категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II – 7 -81\*.

Пунктирной линией показан предполагаемый контур потенциально сейсмичной области с величиной расчетной силы сейсмического воздействия от 5 до 6 баллов по шкале MSK-64.

Редким точечным крапом показана область Зауралья, где развиты песчано-глинистые мезозойско-кайнозойские отложения.

Густым точечным крапом показаны пойменные и заболоченные участки сложенные грунтами второй и третьей категорий по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II -7-81\*, находящиеся за пределами потенциально сейсмичных областей ОСР-97.

Красной пунктирной линией показан контур Средне-Уральского сейсмодомена.

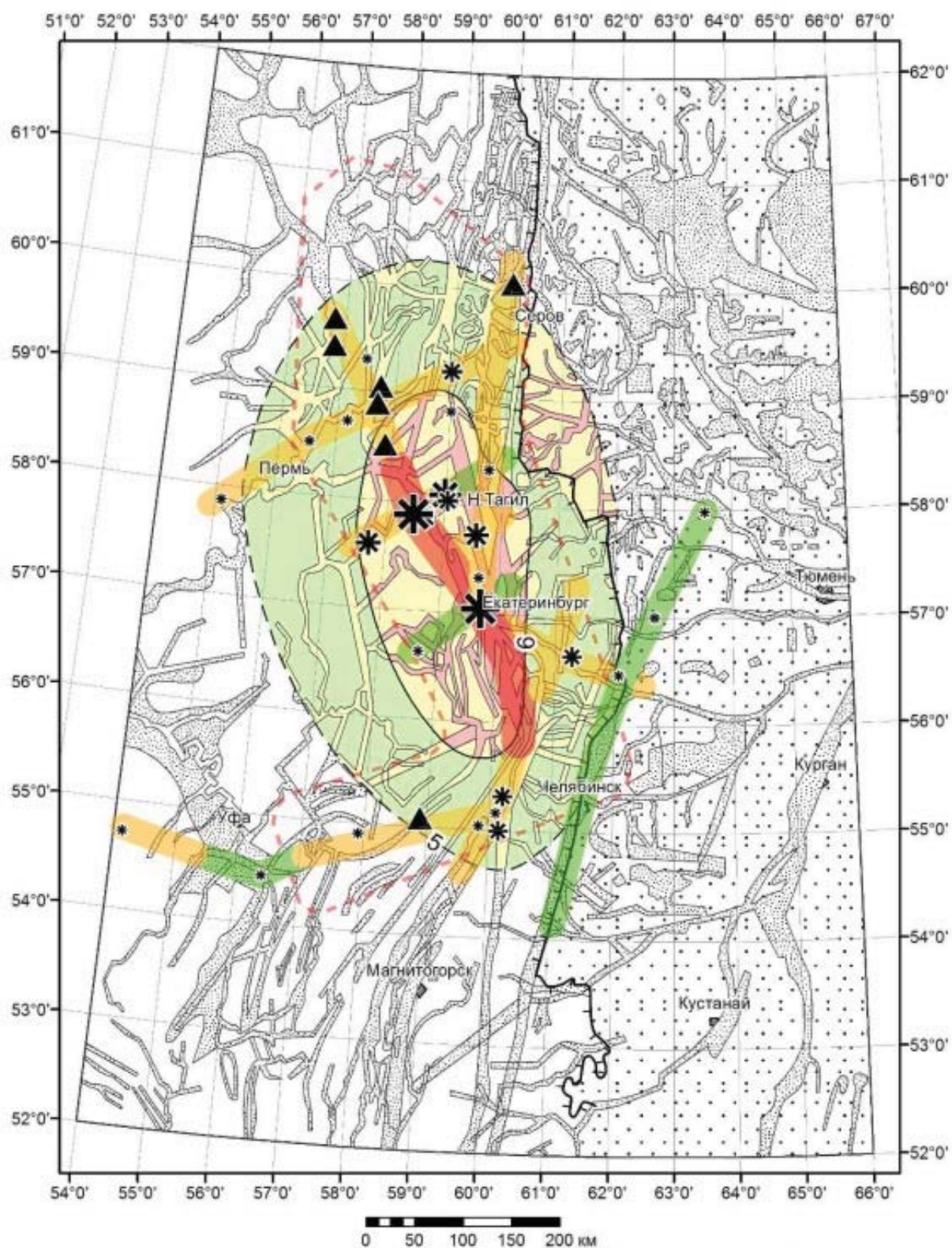


Рис. 16. Схематическая карта «А» детального районирования центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия. Построена в результате детализации фрагмента карты «А» ОСР-97 для центральной части Уральского региона. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2010. Компьютерная графика Н. В. Михайловой и А. Ю. Осиповой

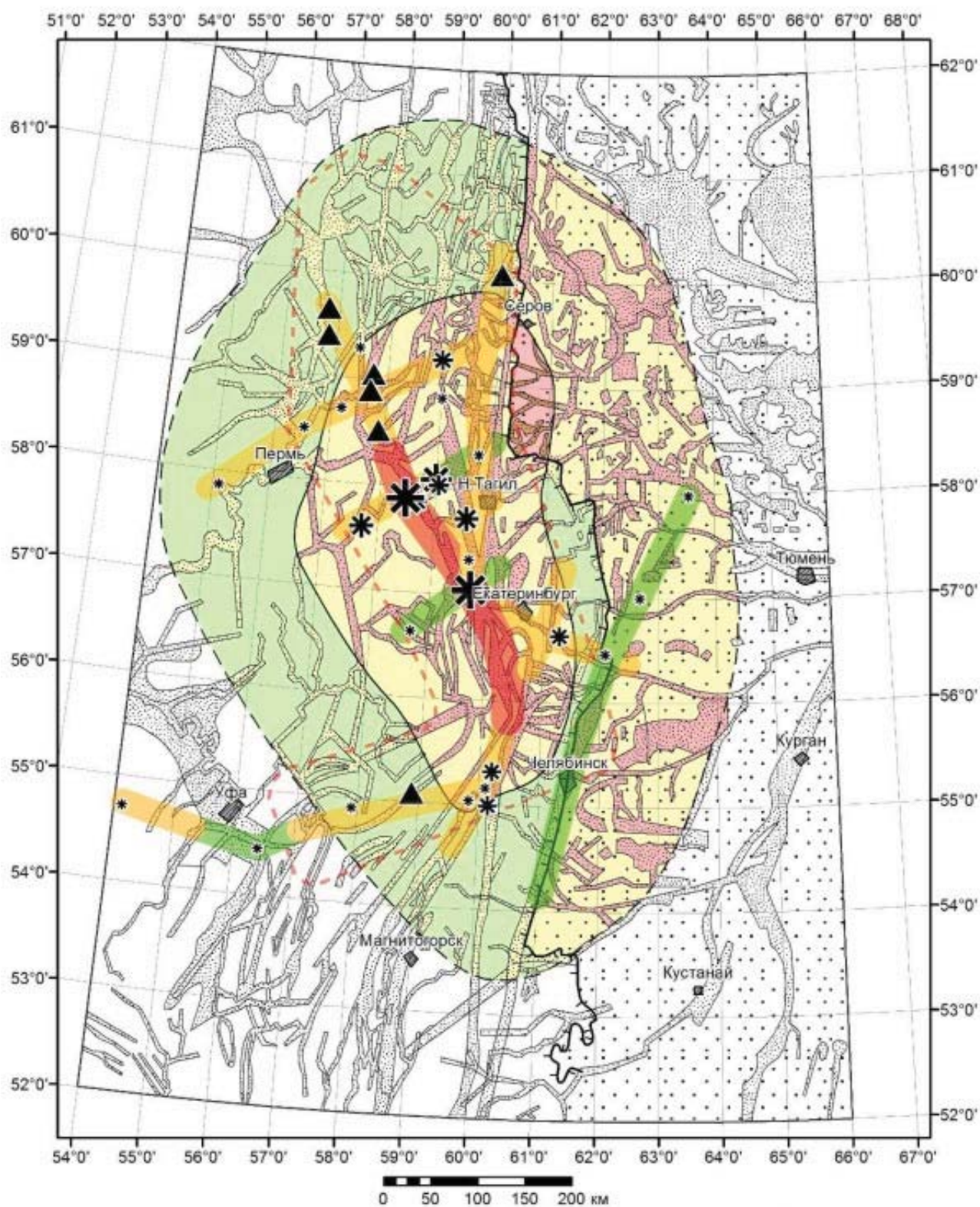


Рис. 17. Схематическая карта «В» детального районирования центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия. Построена в результате детализации фрагмента карты «В» ОСР-97 для центральной части Уральского региона. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2010. Компьютерная графика Н. В. Михайловой и А. Ю. Осиповой

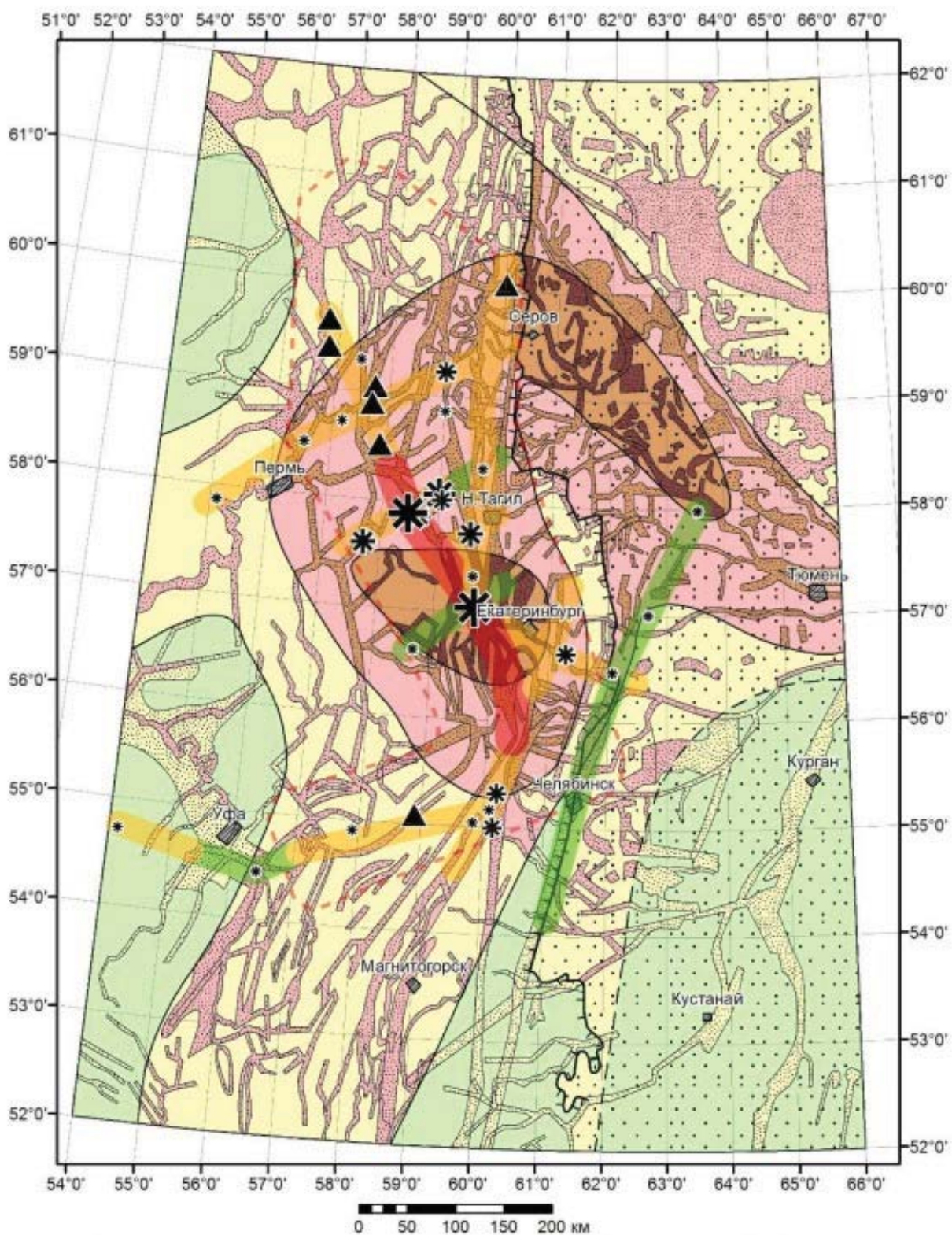


Рис. 18. Схематическая карта «С» детального районирования центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия. Построена в результате детализации фрагмента карты «С» ОСР-97 для центральной части Уральского региона. Составил А. Н. Гуляев, Институт геофизики УрО РАН, 2010. Компьютерная графика Н. В. Михайловой и А. Ю. Осиповой

Эта величина является фоновой (исходной). При детальном сейсмическом районировании в пределах контуров потенциально сейсмичных зон и областей на участках развития грунтов первой категории (скальных грунтов) величина силы сейсмического воздействия относительно фоновой уменьшается на один балл, на участках развития грунтов второй категории она принимается равной фоновой, а на участках развития грунтов наиболее неблагоприятной третьей категории – на один балл увеличивается. С использованием этого принципа и данных о сейсмогрунтовых условиях нами выполнено схематическое районирование центральной части Уральского региона по этой величине.

В области «обнаженного» Урала в пределах контуров потенциально сейсмичных зон потенциально сейсмичной области, соответствующей Средне-Уральскому сейсмодомену, на участках преимущественного развития скальных коренных пород первой категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II -7-81\* величина расчетной силы сейсмического воздействия на инженерные сооружения основного (массового) строительства и повышенной ответственности оценивается в 5 баллов по шкале MSK-64, а на особо ответственные объекты в 5–7 баллов по шкале MSK-64 (рис. 16, 17, 18). На участках развития грунтов второй категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II -7-81\* (в основном это мезозойские эрозионно-структурные депрессии, развившиеся в мезозойско-кайнозойское время по осевым зонам и ближним зонам геодинамического влияния глубинных долго живущих разломов) величины расчетной силы сейсмического воздействия оценены как соответствующие фоновым значениям по результатам ОСР-97, т. е. в 6 баллов для объектов основного (массового) строительства и повышенной ответственности и в 6-8 баллов для особо ответственных объектов (рис. 16, 17, 18).

Опыт выполнения инструментального микросейсмораионирования в пределах центральной части Уральского региона свидетельствует, что приращение величины силы сейсмического воздействия в пределах участков развития грунтов чехла коры выветривания относительно участков развития скальных грунтов первой категории составляют преимущественно от +0,2 до +0,4 балла. Так как приращения силы сейсмического воздействия составляют менее +0,5 балла, то в пределах участков развития грунтов чехла коры выветривания ее можно принимать равной силе воздействия на участках развития грунтов первой категории. Поэтому в целом в пределах «обнаженного» Урала сила сейсмического воздействия может быть оценена как для области преимущественного развития грунтов первой категории, т. е. ниже фоновой на один балл.

В Зауралье, где развиты грунты второй и третьей категории, сила сейсмического воздействия может быть оценена как равная фоновой, а в поймах рек, в заболоченных участках – на один балл больше фоновой.

В Предуралье, где развиты грунты первой категории и промежуточные между первой и второй категориями, сила сейсмического воздействия на большей части территории региона может быть принята равная фоновой, а в поймах рек, в заболоченных участках – на один балл больше фоновой.

В целом инженерно-сейсмические условия в центральной части Уральского региона оцениваются как благоприятные и безопасные для большей части инженерных сооружений, за исключением аварийных и ветхих объектов и объектов, построенных с нарушением требований СНиП II -7-81\* «Строительство в сейсмичных районах».

Благоприятность и безопасность центральной части Уральского региона в инженерно-сейсмическом отношении обусловлена:

а) низкой сейсмической активностью земной коры региона, проявляющейся в том, что ощутимые землетрясения здесь происходят редко и сила их невелика, не превышает в эпицентре 6,0-6,5 баллов по шкале MSK-64;

б) благоприятными сейсмогрунтовыми условиями.

Согласно СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмичных районах» [27] антисейсмические



мероприятия необходимо применять при проектировании зданий и сооружений, возводимых на площадках сейсмичностью (величиной расчетной силы сейсмического воздействия) в 7 баллов по шкале MSK-64 и более. Следовательно, применение на Среднем Урале антисейсмических мероприятий, актуально лишь при проектировании и строительстве особо ответственных объектов – высотных зданий в 40 и более этажей (сила сейсмического воздействия увеличивается приблизительно на один балл на каждые 20 этажей), опасных и прецизионных производственных объектов, важных объектов жизнеобеспечения и других серьезных и уникальных объектов.

При проектировании и строительстве объектов основного (массового) строительства (жилые дома и офисные здания высотой до 16 этажей, магазины, предприятия общественного питания и др.) и повышенной ответственности (детские сады, школы, больницы, вокзалы, аэропорты, объекты жизнеобеспечения) в условиях Среднего Урала применение антисейсмических мероприятий НЕ ТРЕБУЕТСЯ.

### Библиография

1. Геология СССР. Т. XII. Ч. 1. Кн. 2. – М. : Недра, 1969. – 304 с.
2. Новейшая тектоника Урала / Под ред. А. П. Сигова, В. А. Сигова.– Саратов: изд-во Саратовского ун-та, 1975. – 104 с.
3. Тектоническая карта Урала: масштаб 1:1000 000 / С. В. Автонеен, И. А. Автонеен [и др.]. – Свердловск: ПГО Уралгеология, 1983.
4. Белоконь, Т. В. Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы / Т. В. Белоконь, В. И. Горбачев, М. М. Балашова. – Пермь, 2001. – 106 с.
5. Пучков, В. Н. Структура и геодинамика Уральского орогена / В. Н. Пучков // Глубинное строение и развитие Урала: мат-лы науч.-производ. конф., посвященной 50-летию Баженовской геофизической экспедиции. – Екатеринбург, 1996. – С. 15–39.
6. Пучков, В. Н. Геология Урала и Приуралья: актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении / В. Н. Пучков. – Уфа, 2010. – 279 с.
7. Буданов, Н.Д. Гидрогеология Урала / Н. Д. Буданов. – М. : Наука, 1964. – 302 с.
8. Вейс-Ксенофонтова З. Г., Попов В. В. К вопросу о сейсмической характеристике Урала / З. Г. Вейс-Ксенофонтова, В. В. Попов. – М. : Изд-во АН СССР, 1940. – 12 с. (Тр. сейсмолог. ин-та АН СССР, № 104).
9. Кашубин, С. Н. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона / С.Н. Кашубин, В.С. Дружинин, А.Н. Гуляев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 124 с.
10. Степанов, В. В. Землетрясения Урала и сильнейшие землетрясения прилегающих территорий Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы / В.В. Степанов, А.А. Годзиковская, В.С. Ломакин [и др.]. – М. : ЦСГНЭО, 2002. – 135 с.
11. Гуляев, А. Н. Сейсмические и геодинамические условия на территории Среднего Урала / А.Н. Гуляев, Л.Н. Сенин, А.В. Овчаренко, Д.В. Баландин // Стройкомплекс Среднего Урала. – 2009. № 5 (128). – С. 30 – 34.
12. Чайковский, И. И. Процессы формирования и становления алмазоносных пирокластитов Западного Урала / И.И. Чайковский // Литосфера. – 2002.– № 3.– С. 69–86.
13. Кашубин, С. Н. Сейсмическая анизотропия и эксперименты по ее изучению на Урале и Восточно-Европейской платформе / С.Н. Кашубин. – Екатеринбург, 2001.– 181 с.
14. Овчаренко, А. В., Баландин, Д.В. Первые результаты площадного высокоточного GPS-мониторинга на Среднем Урале /А.В. Овчаренко, Д.В. Баландин // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей: мат-лы V науч. чтений памяти Ю. П. Булашевича. – Екатеринбург, 2009. – С. 375–378.
15. Кононенко, И. И. Современная геодинамика Урала / И.И. Кононенко, Н.И. Халевин, М.А. Блюмин, В.Р. Яценко. – Свердловск, 1990. – 91 с.

16. Арефьев, С. С. Эпицентральные сейсмологические исследования / С.С. Арефьев. – М.: Академкнига, 2003. – 374 с.
17. Гуляев, А.Н. Оценка сейсмopotенциала центральной части Уральского региона / А.Н. Гуляев // Глубинное строение. Геодинамика. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей: мат-лы IV науч. чтений памяти Ю. П. Булашевича. – Екатеринбург, 2007. – С. 38–41.
18. Друмя, А. В., Шебалин, Н. В. Землетрясение: где, когда, почему? / А.В. Друмя, Н.В. Шебалин. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 193 с.
19. Сейсмическое районирование территории СССР / под ред. В. И. Бунэ, Г. П. Горшкова. – М. : Наука, 1980. 306 с.
20. Тимуш, А.В. Сеймотектоника литосферы Казахстана /А.В.Тимуш.– Алматы, 2011. – 590 с.
21. Кусонский, О. А., Гуляев, А. Н. Возможные триггерные эффекты некоторых землетрясений Урала / О.А. Кусонский, А.Н. Гуляев // Уральский геофизический вестник. – 2004. № 6. – С. 74–80.
22. Боков, В. Н. Изменчивость атмосферных циркуляций – инициатор сильных землетрясений // Уральский геофизический вестник. – 2004. № 6. – С. 5–11.
23. Малышев, Ю. Н., Сагалович, О. И., Лисуенко, А. В. Техногенная геодинамика. Кн. 1.– М., Недра, 1996. – 429 с.
24. Гуляев, А. Н. Районирование центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия / А.Н. Гуляев // Горный журнал: изв. вузов. – 2010. – № 3. – С. 98–105.
25. Гузовский, Л. А. Распространение древних кор выветривания на Урале // Материалы по геоморфологии Урала. Вып. 2 / под ред. И. П. Герасимова. – М.: Недра, 1971.– С. 100–112.
26. Уломов В. И., Шумилина, Л. С. Комплект карт Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. – М., 1999.– 56 с.
27. СНиП II -7 – 81\*: Строительство в сейсмичных районах. – М. : Госстрой России, 2000.
28. Гуляев, А. Н., Дружинин, В. С. К вопросу о детализации карт ОСР-97 центральной части Уральского региона / А.Н. Гуляев, В.С. Дружинин // Уральский геофизический вестник.– 2006.– № 9. – С. 9–15
29. Сидоренков, Н. С. Природа нестабильностей вращения Земли / Н.С. Сидоренков // Природа. – 2004. – № 5. – С. 6–18.
30. Нусипов, Е., Овчаренко, А. В. Апроксимационные динамические модели современного деформирования и сейсмичности земной коры Казахстана / Е. Нусипов, А.В. Овчаренко. – Алматы : Гылым, 2007. – 217 с.
31. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1. Землетрясения / под ред. Н. В. Шатрова, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукина. – Петрозаводск, 2007. – 380 с.

**Статья поступила в редакцию 16.04.2013**

© Гуляев А.Н., Осипова А.Ю., 2013

## SEISMICITY IN THE MIDDLE URALS AND BUILDING IN THE REGION

**Gulyaev Alexander N.**Senior Researcher, Laboratory of Seismometry,  
Institute of Geophysics, Ural Division of the Russian Academy of Science,  
Ekaterinburg, Russia**Osipova Anastasia Yu.**PhD (Geology and Mineralogy), Assistant Researcher,  
Seismometric Laboratory Institute of Geophysics,  
Ural Division of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia**Abstract**

*The article provides a characteristic of seismicity in the central part of the Ural region and its impact on engineering structures for the purpose of contribution to the seismic safety of engineering structure, both built and planned for building or reconstruction.*

*Data gathering and processing have been carried out concerning the seismicity of the central part of the Ural region, maps of observed tremor magnitudes during 1788-2010 have been compiled, and analysis of spatial location of the epicentres of notable earthquakes (a score of 3-4 by the MSK-4 scale and over), as well as distributions of earthquake magnitudes and intensities in time have been estimated. These data have been used to estimate the seismic potential of the earth crust in the central part of the Ural region, the seismotectonic conditions and the nature of the centres of the strongest earthquakes. Detailed seismic zoning of the central part of the Ural region has been carried out.*

*It has been established that the Middle Urals is the most seismic area of the latest Ural mountain belt. It has the greatest part of epicentres of notable earthquakes.*

*Generally, the seismic engineering conditions of the Middle Urals are estimated as favourable and safe for the majority of engineering projects. This is due to the low seismic and tectonic activity of the earth crust in the Middle Urals and favourable seismic conditions for the grounds of the region. Anti-seismic action in the central part of the Ural region is important only for designing and building particularly critical projects in respect of seismic safety – mainly high-rise buildings of 40 and more storeys, and other critical projects.*

**Key words:**

*seismicity, earthquakes, the Middle Ural seismic domain, seismic lineament, seismic potential*

**References**

1. Geology of the USAAA. Vol. XII. Part 1. Book 2. Moscow: Nedra, 1969.
2. Sigov, A.P., Sigov, V.A. (eds.) (1975) Latest tectonics of the Urals. Saratov: Publishing House of Saratov University.
3. Avtonyev, S.V. et al. (1983) Tectonic map of the Urals: 1:1000 000 scale. Sverdlovsk: PGO Uralgeologia.
4. Belokon', T.V. et al. (2001) Structure and oil and gas potential of the Riphean-Vendian deposits in the east of the Russian platform. Perm.
5. Puchkov, V. N. (1996) Structure and geodynamics of the Ural orogen. In: In-depth structure and development of the Urals: Proceedings of the research conference devoted to the 50th anniversary of the Bazhenov Geophysical Expedition. Ekaterinburg, pp. 15–39.
6. Puchkov, V.N. (2010) Geology of the Urals and Suburals: current issues in stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny. Ufa.
7. Budanov, N.D. (1964) Hydrogeology of the Urals. Moscow: Nauka.
8. Veis-Ksenofontova, Z. G. and Popov, V.V. (1940) On the issue of the seismic characteristic of the Urals. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences (Proceedings of the Seismological Institute of the USSR Academy of Sciences, No. 104).
9. Kashubin, S.N. Druzhinin, V.S. and Gulyaev, A.N. (2001) Seismicity and seismic zoning of the Ural region. Ekaterinburg: UrO RAN.

10. Stepanov, V.V. et al. (2002) Earthquakes of the Urals and the strongest earthquakes of the adjoining territories of Western Siberia and the Eastern European platform. Moscow: ZSGNEO.
11. Gulyaev, A.N. et al. (2009) Seismic and geodynamic conditions in the territory of the Middle Urals. *Stroykomplex Srednego Urala*, No. 5 (128), pp. 30–34.
12. Tchaikovskiy, I. I. (2002) Processes of emergence and formation of diamondiferous pyroklastit in the Western Urals. *Litosfera*, No. 3, pp. 69–86.
13. Kashubin, S. N. (2001) Seismic anisotropy and experiments to study it in the Urals and the Eastern European platform. Ekaterinburg.
14. Ovcharenko, A. V. and Balandin, D.V. (2009) The first findings of the vulgar high-precision GPS-monitoring in the Middle Urals. In: *Geodynamics. Deep structure. Thermal field of the Earth. Interpretation of geophysical fields: Proceedings of the 5th Readings in memory of Yu. P. Bulashevich*. Ekaterinburg, pp. 375–378.
15. Kononenko, I. I. et al. (1990) Modern geodynamics of the Urals. Sverdlovsk.
16. Arefyev, S.S. (2003) Epicentral seismological surveys. Moscow: Akademkniga.
17. Gulyaev, A.N. (2007) Estimation of the seismic potential of the central part of the Ural region. In: *Deep structure. Geodynamics. Thermal field of the Earth. Interpretation of geophysical fields: Proceedings of the 4th readings in memory of Yu. P. Bulashevich*. Ekaterinburg, pp. 38–41.
18. Drumya, A. V, Shebalin, N. V. (1985) Earthquake: where, when, why? Kishinev: Shtinita.
19. Bune, V.I. and Gorshkov, G.P. (eds.) (1980) Seismic zoning of the territory of the USSR. Moscow: Nauka.
20. Timush, A.V. (2011) Seismotectonics of the lithosphere of Kazakhstan. Almaty.
21. Kusonsky, I. A. and Gulyaev, A. N. (2004) Possible triggering effects of some of the earthquakes in the Urals. *Uralsky Geofizichesky Vestnik*, No. 6. pp. 74–80.
22. Bokov, V.N. (2004) Variability of atmospheric circulations – the initiator of strong earthquakes. *Ural Geofizichesky Vestnik*, No. 6, pp. 5–11.
23. Malyshev, Yu. N, Sagalovich, O. I, and Lisurenko, A. V (1996) Technogenic geodynamics. Book 1. Moscow: Nedra.
24. Gulyaev, A.N. (2010) Zoning of the central part of the Ural region in terms of magnitude of estimated force of seismic impact. *Gorny Zhurnals*, No. 3, pp. 98–105.
25. Guzovsky, L.A. (1971) Distribution of the ancient weathering crust in the Urals. *Proceedings on geomorphology of the Urals*. Issue. Gerasimov, I.P. (ed.). Moscow: Nedra, 100–112.
26. Ulomov V. I. and Shumilina, L.S. (1999) A set of maps of General seismic zoning of the territory of the Russian Federation OSR-97. Moscow.
27. Building norms and rules. Building in seismic areas. SNiP II -7 – 81\*. Moscow: Gosstroy Rossii, 2000.
28. Gulyaev, A. N. and Druzhinin, V. S. (2006) On the detailing of maps OSR-97 for the central part of the Ural region. *Uralsky Geofizichesky Vestnik*, No. 9, pp. 9–15.
29. Sidorenkov, N. S. (2004) The nature of the instability of Earth's rotation. *Priroda*, No. 5, pp. 6–18.
30. Nusipov, E. and Ovcharenko, A. V. (2007) Approximation dynamic models of contemporary deformation and seismicity of Earth crust in Kazakhstan. Almaty: Gylym, 2007. 217 with.
31. Shatrova, N.V., Malovichko, A.A. and Schukin Yu. K. (eds.) (2007) Earthquakes and microseismicity in the problems of modern geodynamics of the Eastern European platform. Book 1. Earthquakes. Petrozavodsk.