



УДК 550.34

Методика формирования исходного сейсмического сигнала с целью районирования сейсмической опасности городских агломераций (на примере г. Иркутска)

В. И. Джурик (dzhurik@crust.irk.ru)
С. П. Серебренников (serebr@crust.irk.ru)
Е. В. Брыжак (bryzhak@crust.irk.ru)
А. Ф. Дреннов (dzhurik@crust.irk.ru)
А. Ю. Ескин (eskin@crust.irk.ru)

Аннотация. Рассмотрена сейсмическая опасность г. Иркутска из различных зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ). Получены средние амплитудные спектры ускорений для каждой зоны. Проведена коррекция спектров по эпицентральному расстоянию и возможной магнитуде. По амплитудным и фазовым спектрам рассчитаны ожидаемые акселерограммы из каждой зоны ВОЗ для грунтов 1-й категории. Проведены теоретические расчеты сейсмических воздействий для типовых грунтовых условий и дана их оценка по максимальным ускорениям для прогнозируемых сильных землетрясений.

Ключевые слова: Иркутск, агломерация, сейсмическая опасность, акселерограммы, сейсмические модели, максимальные ускорения, резонансные частоты, исходный сигнал.

Введение

В 2007 г. была разработана концепция агломерации, позволяющая объединить города Иркутск, Ангарск и Шелехов в один город-миллионник. Были также предложения включить в агломерацию города Усолье-Сибирское и Черемхово. Концепция явилась результатом начавшегося в 50–60-е гг. прошлого века формирования тесных связей между Иркутском и вышеназванными городами-спутниками. В настоящее время вопрос об иркутской агломерации рассматривает Центральный научно-исследовательский и проектный институт по градостроительству Российской академии архитектуры и строительных наук.

Естественно, что на территории созданной агломерации будут увеличены объемы строительства промышленных и гражданских объектов, новых скоростных железных и автомобильных дорог. Планируется также строительство аэропорта и других объектов инфраструктуры. Однако для проведения обоснованного планирования строительства необходимо изу-

чить сейсмичность этой территории и провести районирование ее сейсмической опасности с различной степенью детальности, согласно требованиям существующих нормативных документов. Они свидетельствуют о том, что сейсмическую опасность необходимо оценивать по максимальным ускорениям колебаний, преобладающим периодам сильных землетрясений, резонансным частотам рыхлой толщи и другим параметрам сейсмических воздействий. Таким образом, результатом исследований для территории городской агломерации являются количественные оценки движения грунта и в первую очередь задание сейсмических сигналов, отвечающих по своим параметрам исходной сейсмичности исследуемой территории.

Сейсмичность и сеймотектоника района исследований

Анализ данных по сейсмичности и сеймотектонике района г. Иркутска уже был проведен ранее [2]. Поэтому здесь даются лишь краткие сведения. Карты общего сейсмического районирования ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С [3] позволяют оценивать степень сейсмической опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности на трех уровнях вероятности – 90%, 95% и 99% не превышения (или 10%, 5% и 1% возможного превышения) в течение 50 лет расчетной сейсмической интенсивности сотрясений в баллах, указанных на каждой из этих карт для средних грунтовых условий регионов. При этом карта ОСР-97-А соответствует 500-летнему, карта ОСР-97-В – 1000-летнему, а карта ОСР-97-С – 5000-летнему периоду повторяемости таких сотрясений. Согласно картам ОСР-97 (А, В и С) [3], сейсмическая опасность территории оценивается в 8, 9 и 10 баллов (рис. 1), что говорит о необходимости более детального изучения этого района. Подтверждает это положение карта эпицентров землетрясений, показывающая, что основные землетрясения приурочены к Главному Саянскому, Ангарскому и Приморскому разломам [2].

На рис. 2 приведена схема зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) в районе Иркутска [7]. В этих зонах могут происходить землетрясения с максимальной магнитудой M_{\max} от 5,5 до 8. Отметим, что последнее, наиболее полное обобщение по зонам ВОЗ, дано в работе группы авторов [6].

Методика и результаты формирования исходного сейсмического сигнала и теоретические расчеты для типовых сейсмогрунтовых моделей

В работе использованы записи акселерограмм землетрясений [8] с 1999 по 2011 г., ощутимых на территории г. Иркутска с интенсивностью сотрясений 2–6 баллов по шкале MSK-64 и $M \geq 4$ в очаге. Очаги землетрясений располагались на глубине от 10 до 20 км [5]. Акселерограммы регистрировались сейсмической станцией «Иркутск» цифровыми каналами, имеющими столбообразные частотные характеристики на уровне 0,7 от максимального значения усиления U_{\max} в диапазоне частот 0,05–10 Гц.

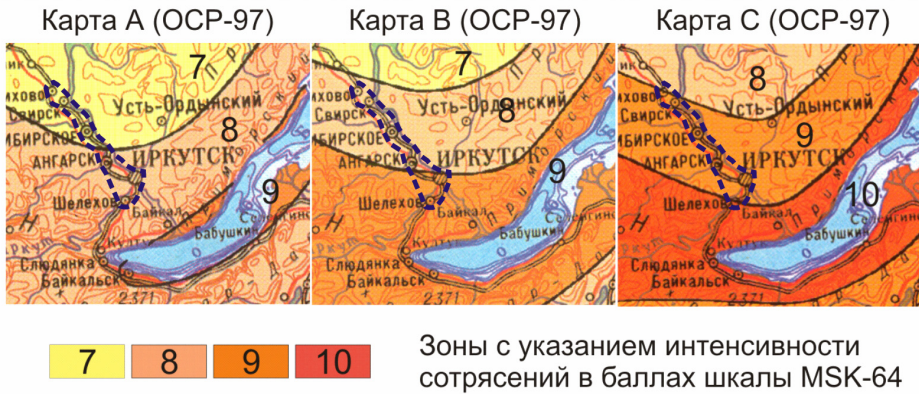


Рис 1. Фрагмент карты общего сейсмического районирования ОСР-97 с условными границами иркутской агломерации

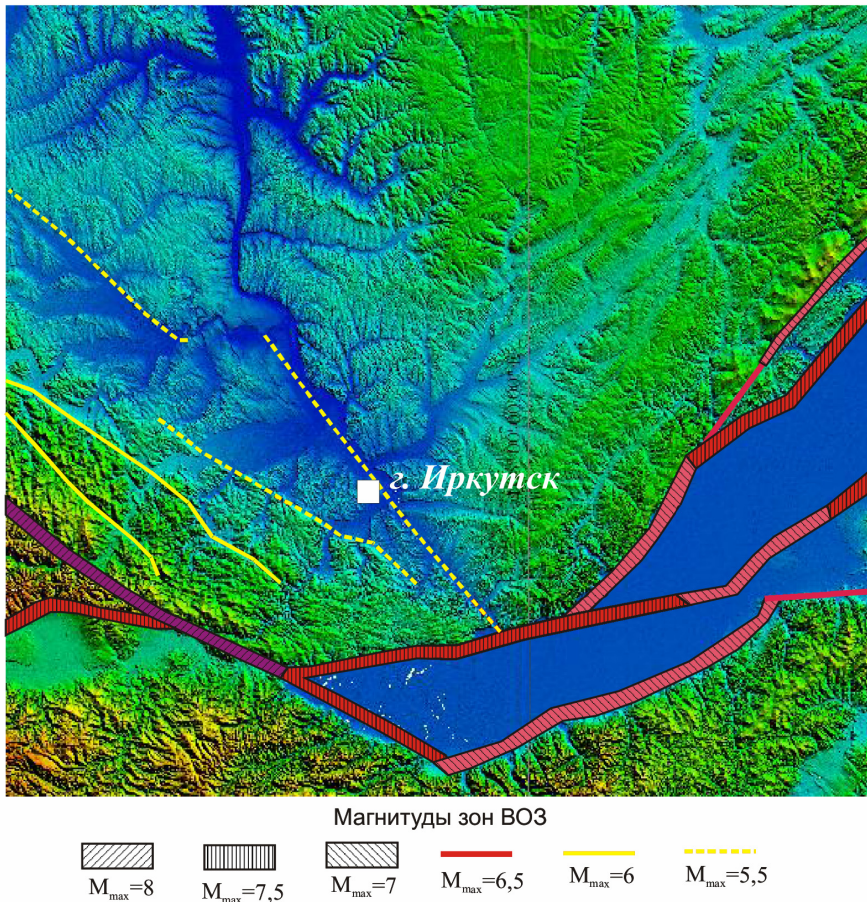


Рис 2. Зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) в районе г. Иркутска [7]

Частота дискретизации составляла $t = 0,01$ с, что обеспечивало получение спектров без искажений в указанном диапазоне частот. Спектры рассчитывались по горизонтальной компоненте для участка длительностью 20 с от вступления S-волн методом быстрого преобразования Фурье (БПФ). Затем спектры ускорений землетрясений, зарегистрированных сейсмостанцией «Иркутск», приводились к грунтам первой категории путем деления на частотную характеристику верхней зоны разреза под сейсмостанцией [1]. Частотная характеристика для сейсмостанции «Иркутск», приведенная на рис. 3, показывает, что наибольшее усиление U сейсмического сигнала можно ожидать на частотах от 5 и до 7 Гц.

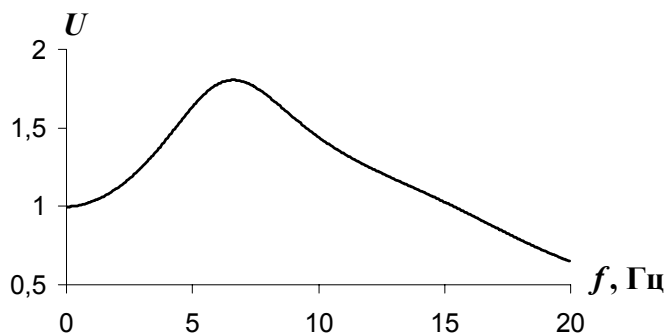


Рис. 3. Частотная характеристика верхней зоны разреза под сейсмической станцией «Иркутск»

Всего было обработано 29 акселерограмм. Записи афтершоков для расчета спектров не использовались из-за их обеднения низкими частотами по сравнению с основным землетрясением и форшоками.

В табл. 1 приведены параметры зон ВОЗ и расчетные характеристики акселерограмм для каждой зоны ВОЗ. Это спрогнозированные данные для тех магнитуд, которые ожидаются в каждой зоне ВОЗ. Сам прогноз будет обоснован ниже.

Поскольку землетрясения, относящиеся к одной зоне ВОЗ, имели разные эпицентральные расстояния и магнитуды, нами были получены зависимости, учитывающие изменения спектров с эпицентральным расстоянием и магнитудой для рассматриваемого региона.

Наиболее простым способом определения функции затухания является представление ее в виде зависимости $r^{-n_{эф}(f)}$, где r – эпицентральное расстояние, а показатель степени $n_{эф}(f)$ – зависит от частоты. Отметим, что формы этих зависимостей были получены ранее [2]. Для приведения спектра к нужной магнитуде M определена скорость изменения уровня спектра с магнитудой $\beta_M(f) = \Delta \lg S(f) / \Delta M$ ($S(f)$ – значение спектра на i -частоте):

$$n_{эф}(f) = (0,94 \pm 0,09) f^{0,39}, \text{ при } 0,5 < f < 20 \text{ Гц}$$

При $M < 6,5$:

$$\begin{cases} \beta_M(f) = 0,94, \text{ при } f \leq 1 \text{ Гц} \\ \beta_M(f) = -0,37 \lg(f) + 0,94 \pm 0,03, \text{ при } f > 1 \text{ Гц} \end{cases}$$

При $M \geq 6,5$:

$$\beta_M(f) = 0,94, \text{ при } 0,5 < f < 20 \text{ Гц}$$

Таблица 1

Максимальные значения ускорений расчетных акселерограмм сильных землетрясений из ближайших зон ВОЗ для г. Иркутска

№	Зоны возможных очагов землетрясений (ВОЗ)	M	Δ , км	a_{\max} , см/с ²	Сейсмическая интенсивность, I , балл (MSK-64)
1	Восточно-Саянская (Главный Саянский разлом, взбросо-сдвиг)	8,0	74	215	8
2	Тункинская (восточная) (Тункинский разлом, сбросо-сдвиг)	7,5	120	55	6
3	Тункинская (западная) (Тункинский разлом, взбросо-сдвиг)	7,0	196	23	5
4	Приморская (субширотная) (Приморский разлом, сброс)	7,5	63	179	8
5	Приморская (южная) (Приморский разлом, сдвиго-сброс)	7,0	80	89	7
6	Южно-Байкальская (Ангари-Байкальский разломный узел, сброс)	7,5	77	167	8
7	Селенгинская (Дельтовый разлом, сброс)	7,5	165	81	7
8	Ольхонская (Ольхонский разлом, сброс)	7,5	190	61	7

Примечание. M – магнитуда потенциального землетрясения зоны ВОЗ, Δ – эпицентрального расстояние до зоны ВОЗ, a_{\max} – максимальные значения ускорений рассчитанных акселерограмм, I – балльность, соответствующая a_{\max} .

После приведения спектров акселерограмм к эпицентральному расстоянию и магнитуде, характерным для данной зоны ВОЗ, находились средние спектры ускорений. Эти средние спектры и принимались нами за основу при получении искомым акселерограмм, характеризующих данную зону ВОЗ.

Нахождение акселерограмм сводилось к обратному преобразованию Фурье [2] средних амплитудных спектров и фазовой характеристики записи наиболее сильного землетрясения из выбранной зоны ВОЗ.

В конечном итоге были сформированы акселерограммы для каждой отмеченной зоны ВОЗ, землетрясения из которых могут быть опасными для сооружений, расположенных на территории г. Иркутска. На рис. 4 представляются полученные акселерограммы и их амплитудные спектры. Они могут быть использованы для дальнейших расчетов сейсмических воздействий при проведении районирования сейсмической опасности территории города, с учетом особенностей спектрального состава колебаний из каждой выбранной зоны ВОЗ.

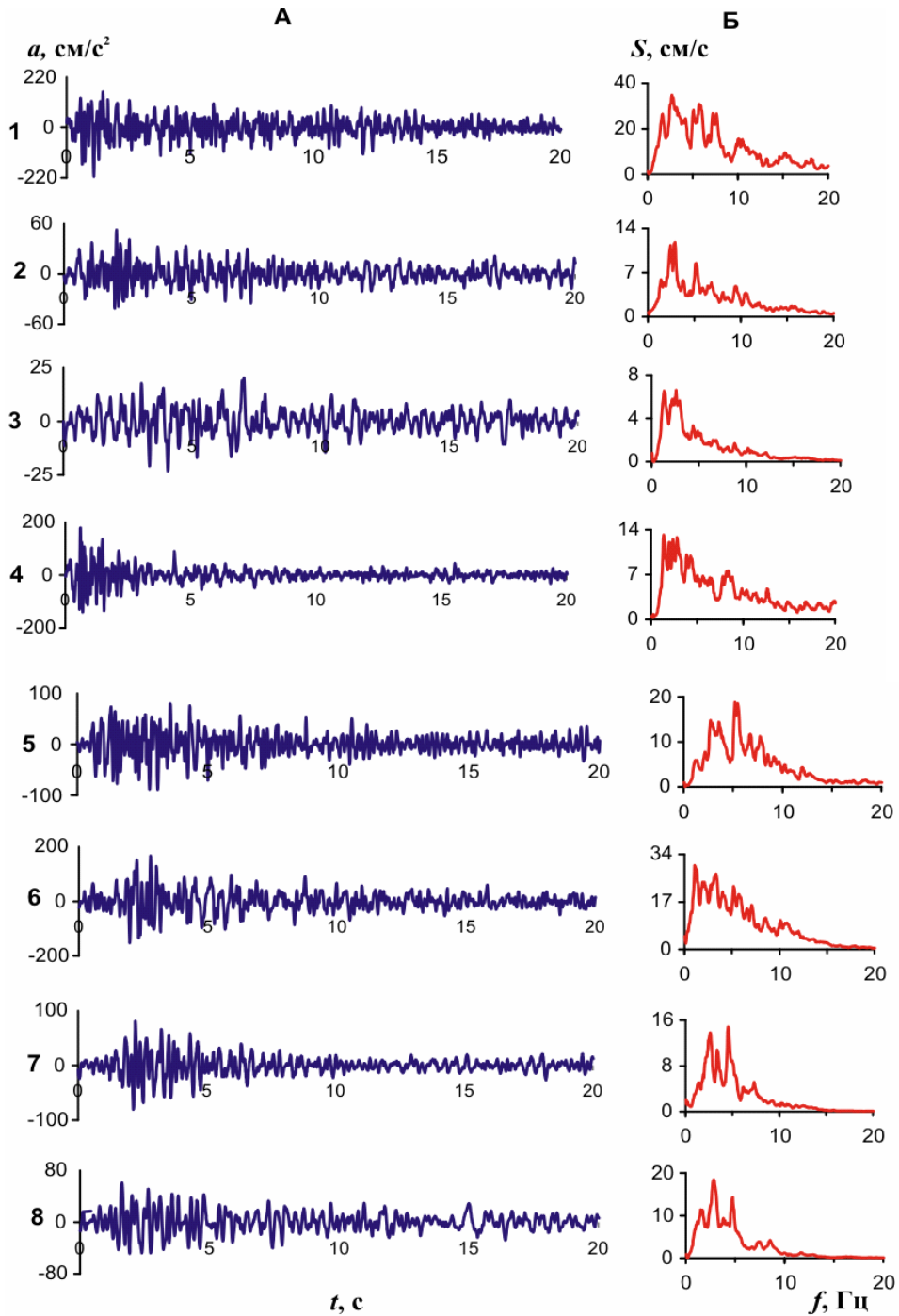


Рис 4. Прогнозные акселерограммы (А) и соответствующие им амплитудные спектры (Б) для рассматриваемых зон ВОЗ

В табл. 2 приведены спектральные характеристики акселерограмм для рассматриваемых зон ВОЗ. Ширина спектров ускорений для всех зон ВОЗ лежит в интервале 1–8 Гц на уровне 0,5 от значения максимума спектральной плотности акселерограммы S_{\max} . При этом, как правило, для более близких и имеющих большую потенциальную магнитуду зон ВОЗ, спектры ускорений несколько шире, чем для более удаленных. Причем это расширение происходит за счет высоких частот.

Таблица 2

Спектральные характеристики расчетных акселерограмм

Зоны возможных очагов землетрясений (ВОЗ)	M	Δ , км	S_{\max} , см/с	$f_{S_{\max}}$, Гц	$(f_1 - f_2)_{0,7S_{\max}}$, Гц	$\delta f_{0,7S_{\max}}$, Гц	$(f_1 - f_2)_{0,5S_{\max}}$, Гц	$\delta f_{0,5S_{\max}}$, Гц
1. Восточно-Саянская	8,0	74	35,0	2,8	1,7–7,7	6,0	1,2–7,8	6,6
2. Тункинская (восточная)	7,5	152	8,4	2,9	2,5–3,0	0,5	1,4–5,4	4,0
3. Тункинская (западная)	7,0	196	6,6	1,4 2,6	1,1–3,1	2,0	1,0–3,3	2,3
4. Приморская (субширотн.)	7,5	63	13,0	1,4	1,3–4,4	3,1	1,2–4,6	3,4
5. Приморская (южная)	7,0	100	12,0	5,5	3,0–5,7	2,7	2,6–8,0	5,4
6. Южно-Байкальская	7,5	77	30,0	1,3	1,0–5,3	4,3	0,8–7,2	6,4
7. Селенгинская	7,5	165	15,0	2,6 4,6	2,3–4,7	2,4	2,0–5,2	3,2
8. Ольхонская	7,5	190	18,0	2,8	2,6–4,8	2,2	1,4–5,0	3,6

Примечание. S_{\max} , см/с – значение максимума спектральной плотности акселерограммы, $f_{S_{\max}}$, Гц – соответствующая ему частота, $(f_1 - f_2)_{0,7S_{\max}}$, $(f_1 - f_2)_{0,5S_{\max}}$, Гц – интервалы частот спектров на уровнях 0,7 и 0,5 S_{\max} соответственно, $\delta f_{0,7S_{\max}}$, $\delta f_{0,5S_{\max}}$, Гц – ширина спектра на уровнях 0,7 и 0,5 S_{\max} соответственно.

Дополнительно было получено распределение частот, соответствующих максимуму спектра ($f_{S_{\max}}$), с балльностью, показывающее, какие частоты ответственны за макросейсмический эффект (табл. 3). Рассматривались землетрясения с эпицентрными расстояниями до 100 км. Распределение показывает, что с ростом балльности значения частот $f_{S_{\max}}$ уменьшаются до 3,4 Гц для вертикальной и 1,6 Гц для горизонтальной составляющих, в интервале макросейсмических проявлений от 2 до 8 баллов.

Таблица 3

Средние значения частот максимумов спектров при различных макросейсмических проявлениях землетрясений для грунтовых условий сейсмостанции «Иркутск» (в скобках даны прогнозные значения)

Баллы	2	3	4	5	6	7	8
f_{Smax} для вертикальной компоненты, Гц	8,4±0,9	8,2±1,3	4,9±1,6	4,9±0,9	4,4	(3,6)	(3,4)
f_{Smax} для горизонтальной компоненты, Гц	5,7±1,6	4,7±0,9	4,0±0,9	3,5±0,9	1,8±0,4	(1,6)	(1,6)

Примечание. В скобках указаны прогнозные значения.

Для территории г. Иркутска и для всей агломерации необходимо создание одного исходного сигнала, но с тем условием, чтобы он учитывал особенности спектрального состава колебаний из каждой выбранной зоны ВОЗ. Для этого спектры колебаний были нормированы, затем они усреднялись, рассчитывалась фазовая характеристика одной из записей землетрясений и, обратным преобразованием Фурье проводился расчет нормированной акселерограммы (рис. 5, А). Амплитудный спектр (см. рис. 5, Б) этого сигнала, в свою очередь, отражает все частотные особенности акселерограмм, которые спрогнозированы для отдельных зон ВОЗ. Его уровень, превышающий значение 0,7 от максимального ($0,7S_{max}$), лежит в интервале частот 0,97–5,22 Гц. Основной максимум приходится на частоту 2,88 Гц, спектральная плотность достигает значения 0,165 см/с.

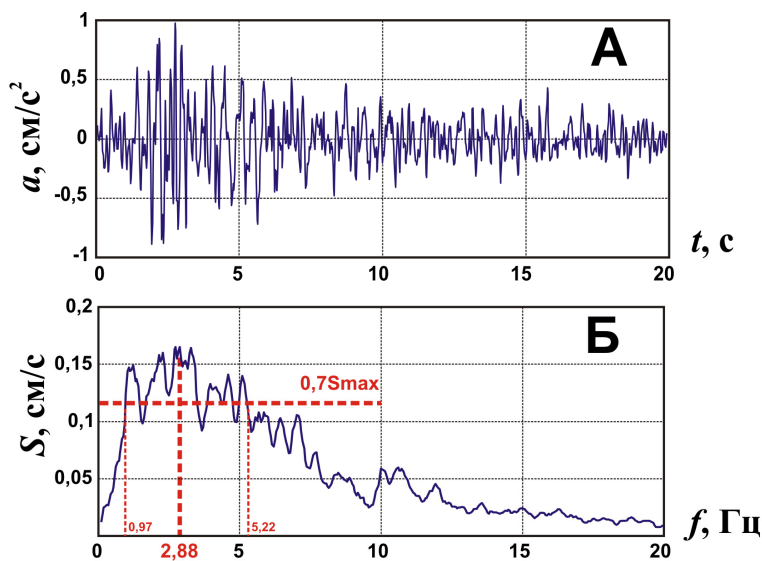


Рис 5. Исходная нормированная акселерограмма (А) и ее амплитудный спектр (Б)

Для того чтобы использовать исходный сейсмический сигнал в дальнейших теоретических расчетах для различных грунтовых условий, необходимо привести его к эталонному грунту. На рис. 6 приводятся гистограммы распределения скоростей продольных волн и объемной массы в скальных и полускальных породах для территории г. Иркутска. Это распределение дает наиболее вероятные параметры, которые используются при составлении сейсмогрунтовых моделей для типовых грунтовых условий. В табл. 4 представлены параметры таких моделей: модель коренных пород, а также модели для неводонасыщенных и водонасыщенных грунтов. Отметим, что составленные модели опираются и на другие инженерно-геологические и геофизические данные [2].

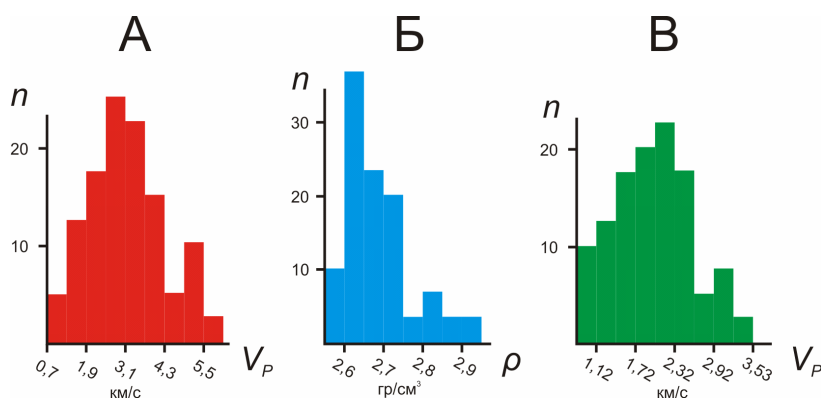


Рис. 6. Гистограммы распределения: А – скоростей продольных волн в скальных породах, Б – объемной массы в скальных породах, В – скоростей ультразвука в образцах полускальных пород

При дальнейших теоретических расчетах был использован набор известных методов и программ [2; 4].

Модель эталона М-1 (см. табл. 4, рис. 7) характеризует коренные породы для 8-балльной зоны. Расчетные ускорения соответствуют сейсмической опасности на один балл меньшей, чем для средних грунтов. Максимальное ускорение составляет 110 см/с^2 и 50 см/с^2 для горизонтальной и вертикальной компоненты соответственно. Спектр ускорений имеет максимум на уровне 0,7 в интервале частот 0,97–5,22 Гц как для горизонтальной, так и для вертикальной компоненты.

Для модели эталона М-2 (см. табл. 4, рис. 7), представленной неводонасыщенными средними грунтами, максимальное ускорение может достигать для горизонтальной компоненты 213 см/с^2 , а для вертикальной – 76 см/с^2 . Это соответствует исходной сейсмической опасности, равной 8 баллов. Резонансная частота равна 8,79 Гц, а основной максимум спектра приходится на частоту 2,88 Гц. Спектральная плотность составляет 18,5 и 8,5 Гц. Интервалы частот, на которых спектр ускорений превышает уровень 0,7 от максимального значения, для горизонтальной и вертикальной компонент различаются незначительно: 1,03–7,23 Гц и 0,97–7,08 Гц.

Таблица 4

Параметры расчетных сейсмических моделей для обобщенных типовых разрезов и результаты расчетов

№ модели	h (м)	Vp (м/с)	Vs (м/с)	ρ (т/м³)	Модели для неводонасыщенного состояния грунтов				Модели для водонасыщенного состояния грунтов			
					h (м)	Vp (м/с)	Vs (м/с)	ρ (т/м³)	h (м)	Vp (м/с)	Vs (м/с)	ρ (т/м³)
М-1	10	2300	1260	2,5	10	600	300	1,9	10	1600	400	1,9
	∞	2800	1540	2,6	10	2200	1200	2,5	10	2200	1200	2,5
					10	2600	1450	2,6	10	2600	1450	2,6
					∞	3000	1760	2,7	∞	3000	1760	2,7
М-2	3	600	240	1,8	20	600	300	2,0	20	1600	400	1,9
	7	700	350	1,9	10	2200	1200	2,5	10	2200	1200	2,5
	12	2300	1260	2,5	10	2600	1450	2,6	10	2600	1450	2,6
		2800	1540	2,6	∞	3000	1760	2,7	∞	3000	1760	2,7
М-3	10	1600	420	2,0	40	600	300	2,0	40	1600	400	1,9
	12	2300	1260	2,5	10	2200	1200	2,5	10	2200	1200	2,5
	∞	2800	1540	2,6	10	2600	1450	2,6	10	2600	1450	2,6
					∞	3000	1760	2,7	∞	3000	1760	2,7
М-4					80	600	300	2,0	80	1600	400	1,9
					10	2200	1200	2,5	10	2200	1200	2,5
					10	2600	1450	2,6	10	2600	1450	2,6
					∞	3000	1760	2,7	∞	3000	1760	2,7

Примечание. h – мощность слоя; Vp – скорости продольных волн; Vs – скорости поперечных волн; ρ – плотность.

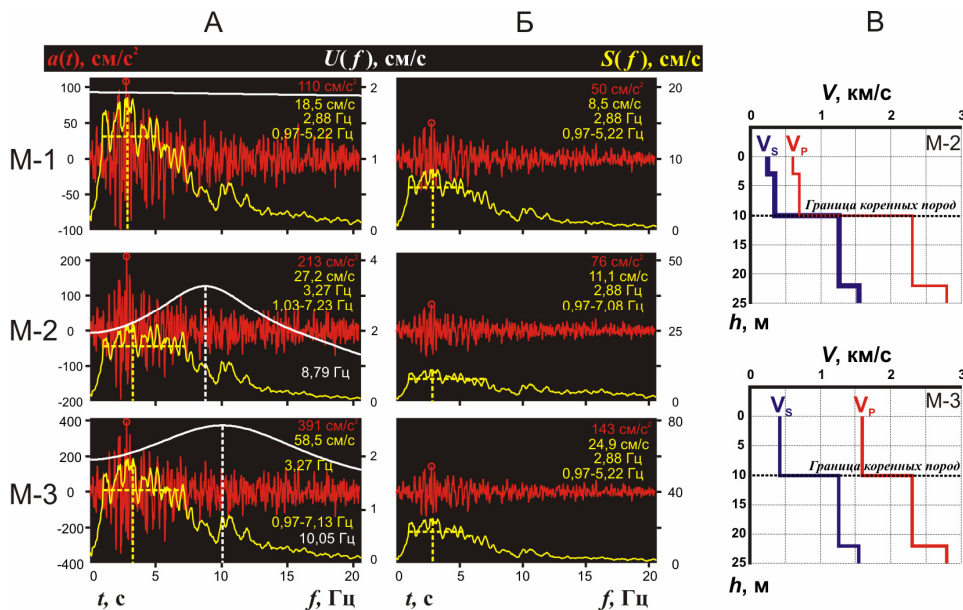


Рис. 7. Результаты теоретических расчетов для моделей эталона.

Акселерограммы, спектры и частотные характеристики: А – для горизонтальной, Б – для вертикальной компоненты. На графиках сверху вниз обозначены максимальное ускорение, максимальное значение спектра, частота основного максимума спектра, диапазон частот на уровне 0,7Smax, резонансная частота рыхлой толщи. В – параметры моделей М-2 и М-3

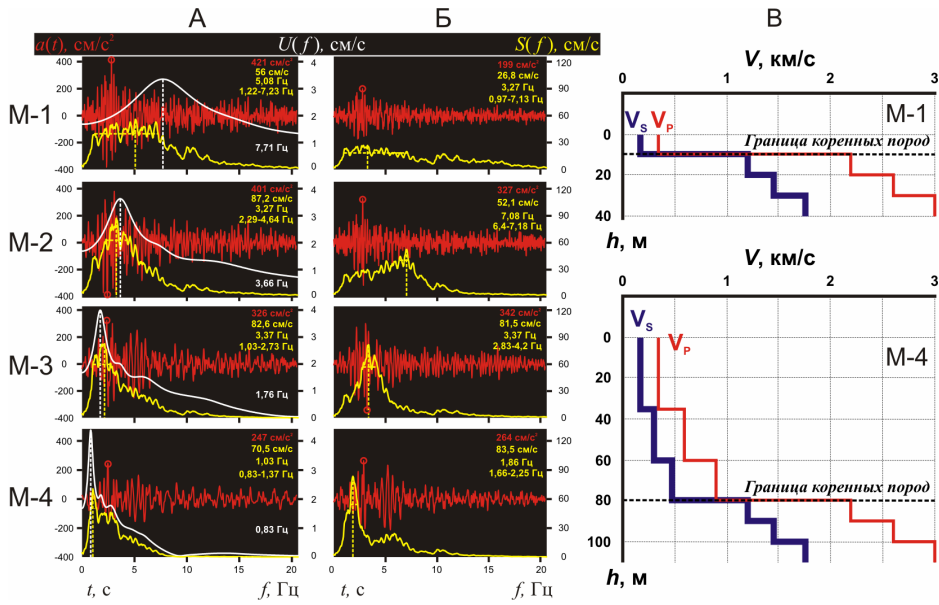


Рис. 8. Результаты теоретических расчетов для неводонасыщенного состояния грунтов. Обозначения те же, что и на рис. 7

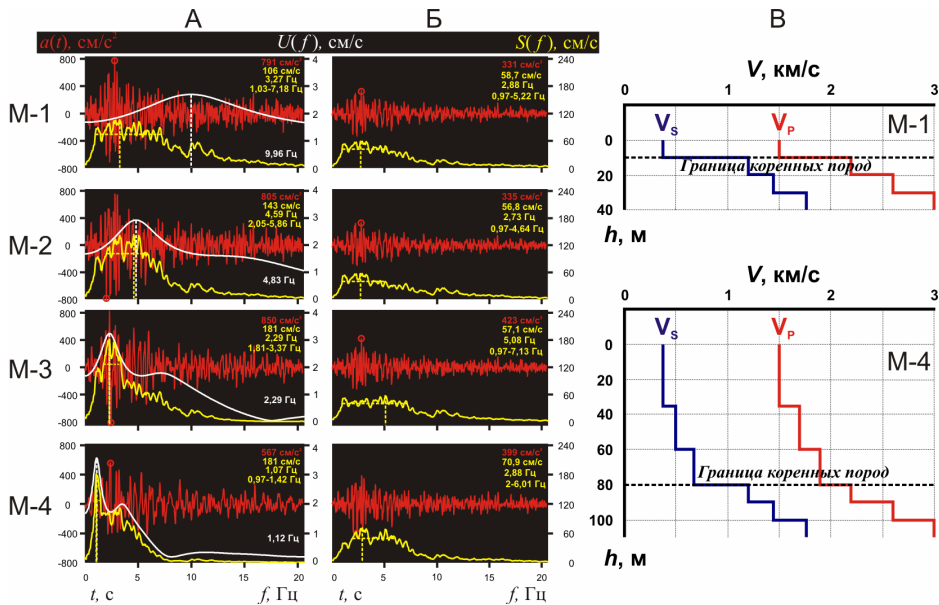


Рис. 9. Теоретические расчеты для водонасыщенного состояния грунтов. Обозначения те же, что и на рис. 7

Модель эталона М-3 (см. табл. 4, рис. 7), представленная средними водонасыщенными грунтами, характеризуется максимальными ускорениями 391 см/с^2 – для горизонтальной и 143 см/с^2 – для вертикальной компоненты. Полученные ускорения указывают на сейсмическую опасность 9 баллов, на один балл большую, чем исходная для средних неводонасыщенных грунтов. Для данной модели резонансная частота составляет $10,05 \text{ Гц}$. Спектральная плотность достигает своего максимума на частотах $3,27$ и $2,88 \text{ Гц}$ и равна для горизонтальной компоненты $58,5 \text{ см/с}$, а для вертикальной – $24,9 \text{ см/с}$. Частоты, на которых спектр ускорений имеет максимум на уровне $0,7$, лежат в интервалах $0,97$ – $7,13 \text{ Гц}$ и $0,97$ – $5,22 \text{ Гц}$ для горизонтальной и вертикальной компоненты соответственно.

Модели эталона М-2 и М-3 соответствуют 8-балльной интенсивности. Но, используя их, мы можем оценить сейсмические воздействия и для 9-балльной зоны. Для этого ускорения масштабируются в соответствии с эталонными моделями М-2 и М-3 для водонасыщенных и неводонасыщенных грунтов (см. табл. 4, рис. 7) и с учетом их частотных характеристик [2].

Далее были построены модели (см. табл. 4, рис. 8 и 9), соответствующие различной мощности неводонасыщенных и водонасыщенных грунтов, которая увеличивается с 10 до 80 м . Подстилаются они породами с «эталонными» значениями скоростей.

Резонансная частота для моделей, представляющих неводонасыщенные грунты (см. табл. 4, рис. 8), закономерно снижается с увеличением мощности рыхлой толщи с $7,71$ до $0,83 \text{ Гц}$. Для водонасыщенных грунтов (см. табл. 4, рис. 9) уменьшение резонансной частоты не столь значительно (с $9,96$ до $1,12 \text{ Гц}$), что связано с большей скоростью сейсмических волн по сравнению с неводонасыщенными.

Максимальные ускорения для неводонасыщенного состояния грунтов (см. табл. 4, рис. 8) снижаются с 421 до 247 см/с^2 , а для водонасыщенного (см. табл. 4, рис. 9) вначале увеличиваются с 791 до 850 см/с^2 за счет резонансных явлений, а затем уменьшаются до 567 см/с^2 , в этом случае в связи с большой мощностью рыхлой грунтовой толщи на первый план выходит поглощение.

Максимальное ускорение для модели М-1 (неводонасыщенные грунты, см. табл. 4, рис. 8) соответствует 9-балльному сейсмическому воздействию, а соответственно и 9-балльной исходной сейсмичности. Модели М-2, М-3, М-4 характеризуют сейсмические воздействия в этой зоне в зависимости от мощности неводонасыщенных грунтовых слоев. Максимальное ускорение для модели М-1 (водонасыщенное состояние, см. табл. 4, рис. 9) характеризует 10-балльное сейсмическое воздействие, что соответствует 9-балльной исходной сейсмичности. Таким образом, модели М-2, М-3 и М-4 позволяют в первом приближении оценить сейсмические воздействия в 9-балльной зоне для водонасыщенных грунтов и их изменения в связи с вариациями мощности грунтовой толщи.

Все параметры сейсмических воздействий отражены на рис. 8 и 9 (см. обозначения на рис. 7). Они могут использоваться при планировании строительства различных объектов на территории иркутской агломерации.

Заключение

В приведенной методике были использованы основные параметры сильных движений грунта в Байкальской рифтовой зоне за последние десять лет. Сформированный исходный сейсмический сигнал учитывает основные параметры зон ВОЗ и полученные ранее эмпирические зависимости основных динамических характеристик ускорений грунта от магнитуды и расстояния, которые позволяют прогнозировать записи акселерограмм для различных эпицентральных расстояний и магнитуд. Таким образом, он является наиболее обоснованным для территории г. Иркутска и иркутской агломерации.

Показана возможность использования полученного исходного сигнала и проведены теоретические расчеты для сейсмогрунтовых моделей, характеризующих вероятностные модели эталона для коренных пород (грунтов 1-й категории), средних грунтов (2-й категории) и водонасыщенных грунтов. Получены оценки сейсмических воздействий для зоны с исходной сейсмичностью 8 баллов, и, используя модели эталона, для 9-балльной зоны с различной по мощности грунтовой толщей водонасыщенных и неводонасыщенных грунтов. Безусловно, что полученные результаты могут уточняться в дальнейшем, но уже сейчас их можно использовать при планировании возможного строительства на территории иркутской агломерации.

Список литературы

1. Влияние верхней зоны разреза на амплитудно-частотный состав сейсмического сигнала на примере сейсмических станций Прибайкалья и Забайкалья / А. Ф. Дреннов [и др.] // Сейсм. приборы. – 2010. – Т. 46, № 2. – С. 48–58.
2. К районированию сейсмической опасности территории г. Иркутска / В. И. Джурик [и др.] // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 61–82.
3. Карта общего сейсмического районирования территории Российской Федерации. Масштаб 1:8 000000. – М.: М-во науки и технологий РФ, ОИФЗ им. О. Ю. Шмидта, 1999. – 57 с.
4. Методика районирования сейсмической опасности приграничных территорий Монголо-Сибирского региона (на примере района г. Эрдэнэт) / В. И. Джурик [и др.] // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2012. – Т. 5, № 1. – С. 118–142.
5. Радзиминович Н. А. Глубины очагов землетрясений Байкальского региона: обзор / Н. А. Радзиминович // Физика Земли. – 2010. – № 3. – С. 37–51.
6. Современная геодинамика: сеймотектоника, прогноз землетрясений, сейсмический риск (фундаментальные и прикладные аспекты) / К. Г. Леви [и др.] // Литосфера Центральной Азии. – Новосибирск: Наука, 1996. – С. 150–182.

7. Чипизубов А. В. Палеосейсмодислокации и связанные с ними палеоземлетрясения по зоне Главного Саянского разлома / А. В. Чипизубов, О. П. Смекалин // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40, № 6. – С. 936–937.

8. URL: <http://www.seis-bykl.ru>.

Methods for calculation of initial signal to conduct seismic hazard zoning of urban agglomerations (on an example of Irkutsk)

V. I. Dzhurik, S. P. Serebrennikov, E. V. Bryzhak, A. F. Drennov, A. Y. Eskin

Annotation. The paper deals with seismic hazard of Irkutsk associated with different source zones. The average amplitude spectra of accelerations have been obtained for each zone. The spectra have been corrected for epicentral distances and probable magnitude. These amplitude and phase spectra have been used to calculate the expected accelerograms in each source zone for the 1st-category grounds. Theoretical calculation of seismic actions for typical ground conditions were conducted and using maximum accelerations evaluation of predictable large earthquakes seismic actions is given.

Key words: Irkutsk, agglomeration, seismic hazard, accelerograms, seismic models, maximal accelerations, resonance frequency, initial signal.

Джурик Василий Ионович
доктор геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
главный научный сотрудник
тел.: (3952) 42–75–10

Dzhurik Vasily Ionovich
Doctor of Geology and Mineralogy
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
chief research scientist
tel.: (3952) 42–75–10

Серебренников Сергей Петрович
кандидат геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
старший научный сотрудник
тел.: (3952) 42–58–60

Serebrennikov Sergei Petrovich
Ph. D in Geology and Mineralogy
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
senior research scientist
tel.: (3952) 42–58–60

Брыжак Евгений Вадимович
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
аспирант
тел.: (3952) 42–58–60

Bryzhak Evgenii Vadimovich
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
postgraduate student
tel.: (3952) 42–58–60

Дреннов Александр Федорович
кандидат геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
старший научный сотрудник
тел.: (3952) 42–58–60

Drennov Alexander Fedorovich
Ph. D in Geology and Mineralogy
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
senior research scientist
tel.: (3952) 42–58–60

Ескин Александр Юрьевич
кандидат геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
главный специалист
тел.: (3952) 42-58-60

Eskin Alexander Yuryevich
Ph. D in Geology and Mineralogy
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
research scientist
tel : (3952) 42-58-60