

Глава 4
Построение базы данных ГИС

Глава 4. Построение базы данных ГИС

4.1 Основные понятия

Создаваемая в рамках данного Исследования ГИС-база данных состоит из базы данных топографических объектов, создаваемой на основе обработки топографических карт, и базы данных различной информации, которую получили Исследовательская группа и которая позволяет повысить эффективность работы по предупреждению и подготовке к землетрясениям (см. рис. 4.1.1).

Целью составления базы данных ГИС является составление карт опасностей и рисков для предупреждения возникновения катастроф, и для проведения мер по противостоянию землетрясениям и готовности к ним. Наряду с этим её предполагается использовать в качестве базовых данных для планирования восстановительных мероприятий на случай, если землетрясение уже произошло.



Рис. 4.1.1 Построение данных для ГИС

Географическая база данных используется для понимания современной ситуации. В рамках данного Исследования для наилучшего понимания ситуации она была создана на базе топографической карты масштабом 1:10000.

Из неё были отобраны необходимые данные для прогнозирования возможных разрушений от землетрясений, а также для плана по управлению рисками на случай сейсмических бедствий. Кроме того она сохранялась в качестве базы данных по управлению рисками на случай сейсмических бедствий при изменении формата на оптимальный для проведения анализа. Пример показан на Рис.4.1.2.

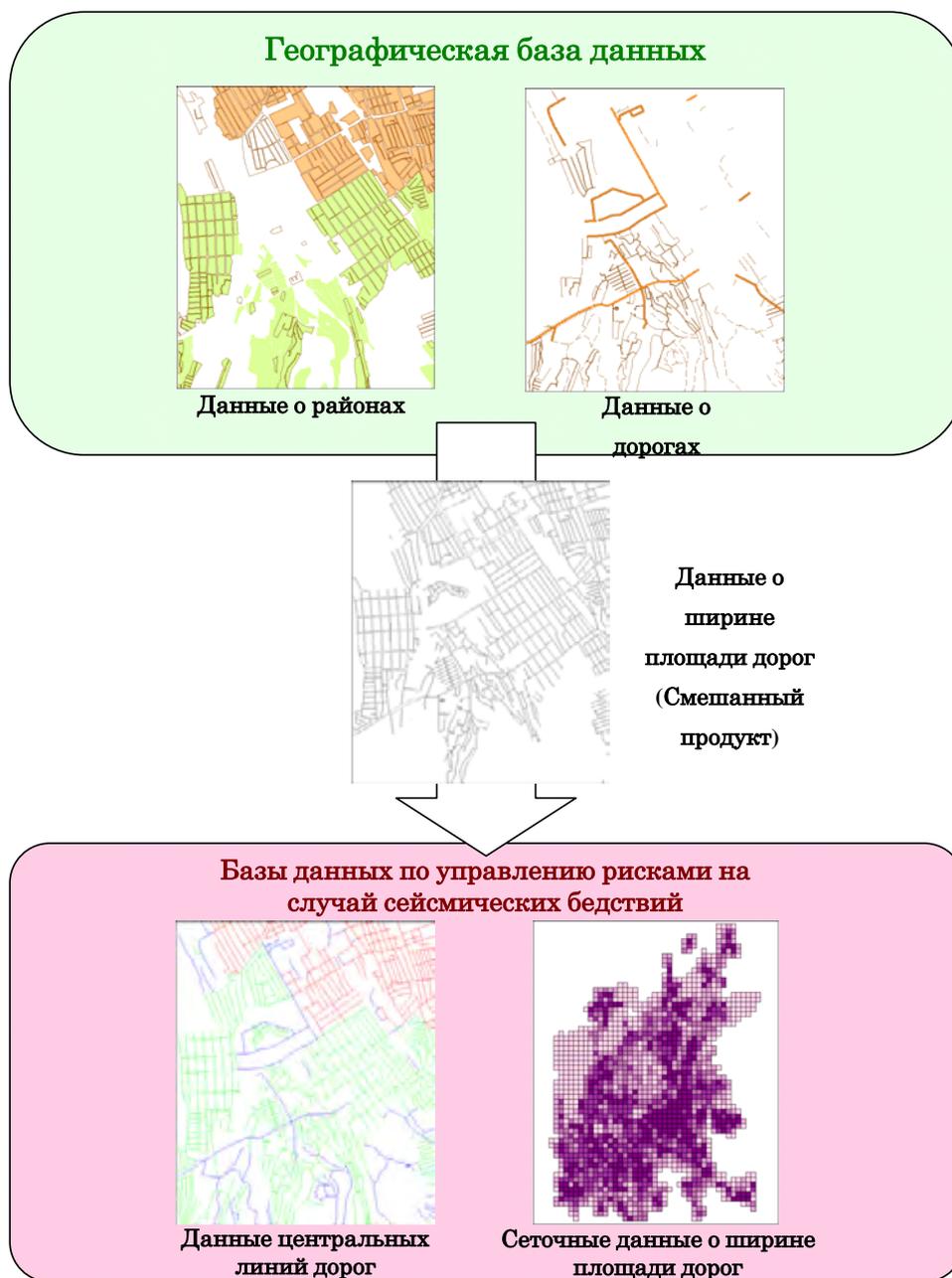


Рис.4.1.2 Пример преобразования географической базы данных в базы данных по управлению рисками на случай сейсмических бедствий

Однако для проведения прогнозирования разрушений от землетрясений и при планировании управления рисками недостаточно использования одной лишь информации, заключённой в топографической карте. Из старых карт и космических снимков невозможно получить

социально-экономическую, политическую, а также любую иную информацию помимо того, что находится на поверхности земли. Эта информация собиралась отдельно, упорядочивалась и добавлялась в базу данных по управлению рисками на случай сейсмических бедствий.

Что касается базы данных ГИС для планов по управлению рисками на случай бедствий, то она представляет собой не только исходную информацию для анализа, но в ней также одним из важных видов информации являются результаты анализов. Следовательно, в ней будут унифицироваться такие данные, накапливающиеся в период проведения Исследований, а не только карты рисков и опасностей.

Эти базы уже переданы УМПГОиЧС. С Управлением было согласовано, что в дальнейшем обновлением данных и использованием баз будет заниматься ЕДДС г. Алматы.

4.2 Географическая база данных

Топографическая карта с масштабом 1:10000, составленная в рамках данного Исследования, содержит в себе не только информацию, унаследованную от прежних карт, но также и различную иную информацию, полученную при помощи космических снимков.

Географическая база данных, составленная в рамках данного Изучения, содержит то же количество информации, что и топографическая карта, поэтому она обладает ценностью равноценной с ценностью топографической карты. Следовательно, её можно использовать для различных целей помимо Плана по управлению рисками, подобно тому, как топографические карты ранее использовались для создания планов по государственным землям или для регионального планирования.

Кроме того, эти данные оцифрованы и структурированы в виде информации ГИС, поэтому для современной эпохи, в которой стало обычной обработка информации в компьютере, их можно гораздо более удобно и эффективно применять.

В настоящее время в Алматы некоторые государственные и частные организации используют региональную информацию в качестве данных ГИС, однако эта информация далеко не самая новая.

В случае ГИС, используемой для регионального управления, часто бывает так, что важность представляет свежесть этой информации, поэтому мы надеемся, что географическая база данных, составленная во время данного Исследования, найдёт своё эффективное применения.

Эти базы уже переданы УМПГОиЧС. С Управлением было согласовано, что в дальнейшем обновлением данных и использованием баз будет заниматься ЕДДС г. Алматы.

4.2.1 Спецификация данных и их тип

В целях дальнейшего широкого использования здесь была применена проекция WGS84 для данных.

Так как исходная топографическая карта была сжата до масштаба 1:10000, следовательно, уровень картографической информации оценивается как 10000.

Спецификация данных указана в Табл. 4.2.1.

Табл.4.2.1 Спецификация данных

1.	Геодезический референц-эллипсоид	WGS84 (Мировая Геодезическая Система 1984) Большая полуось: 6,378,137.0m Малая полуось: 6,356,752.314 245m 1/f (обратное сжатие) : 298.257 223 563
2.	Картографическая проекция	Гаусс Крюгер
3.	Система координат	WGS84
4.	Уровень высоты	Средний уровень Балтийского моря
5.	Уровень картографической информации	10000

В качестве типа данных был избран формат TAB системы MapInfo.

Это было сделано потому, что несмотря на то, что во всём мире широко используется большое количество программ, основанных на ГИС, в городе Алматы многие административные организации и частные компании используют русифицированную версию MapInfo. Целесообразно с практической стороны, создавать данные в формате TAB системы MapInfo, нежели в формате SHP для ArcGIS.

Причина частого использования MapInfo заключается в том, как нам кажется, что MapInfo довольно рано разработали приложения, адаптированные для различных языков. Так как программы ГИС первоначально были разработаны в Европе и США, поэтому адаптация к языкам помимо тех, которые используются в Европе и Америке, была отложена на будущее. В этих условиях MapInfo оперативно сделали свои приложения на русском языке, которые продавались через их официальные представительства в каждом городе. Официальное представительство MapInfo в городе Алматы оказывало не только такие услуги, как обновление версий и техническое обслуживание, но также и проводило соответствующие тренинги.

MapInfo оснащена функцией декодирования данных в другие форматы, такие как SHP и т.д., которые используются в широко распространенных программах ГИС. Другими словами данные в формат TAB, легко можно перекодировать в другой формат и применить в ГИС. Даже если произойдут системные изменения, предполагается что ущерб от использования программы MapInfo почти не возникнет.

Более того, данные в MapInfo, созданные в рамках этого проекта, могут быть активно использованы в других административных, учебных и хозяйственных учреждениях коммунального обслуживания города Алматы. Это тоже будет считаться одним из важнейших достижением проекта.

4.2.2 Структура данных

Структура данных упрощенно систематизирована на рис. 4.2.1 Загрузка данных в обобщенном виде делает возможным осуществление обработки и вторичного использования данных без выполнения при этом сложных настроек данных.



Рис. 4.2.1 Структура данных (упрощенная схема)

4.3 База данных для деятельности по предотвращению и ликвидации последствий землетрясений

Для сейсмического анализа недостаточно одной только информации из географической базы данных. Также необходима социально-политическая информация, которую нельзя выразить на топографической карте.

С другой стороны в географической базе данных содержится много информации, которая не нужна для проведения анализа. В рамках данного Проекта мы в качестве базы данных для проведения анализа собрали только те данные в формате ГИС, которые нужны для сейсмоанализа.

Группа данных в файле формата TAB, собранная дополнительно, указывается ниже. Данные для анализа иных типов раскрываются в других частях данного описания.

4.3.1 Базовые данные

- а) Границы Исследования (площадные данные)
- б) Границы космических снимков (площадные данные)
- в) Аналитическая сетка (площадные данные)

Сеточные данные являются основной единицей для целей микронирования. Вся зона данного Изучения покрыта сетками со стороной в 500 метров.

4.3.2 Административные круги

(1) Административные районы (площадные данные)

Город Алматы разделён на 6 районов¹, в каждом из которых имеется свой исполнительный орган, а управление осуществляется порайонно по многим вопросам. Карта границ районов была составлена на основе материалов, предоставленных Национальным картографо-геодезическим Фондом.

(2) Микрорайоны (площадные данные)

Микрорайоны делят административные районы на ещё более мелкие части. Они использовались в качестве справочной информации при проведении статистической обработки. Информация об их границах была получена от Управления архитектуры и градостроительства (Рис.4.3.1).

¹ Данное исследование проводилось до появления нового 7-го района в г.Алматы.

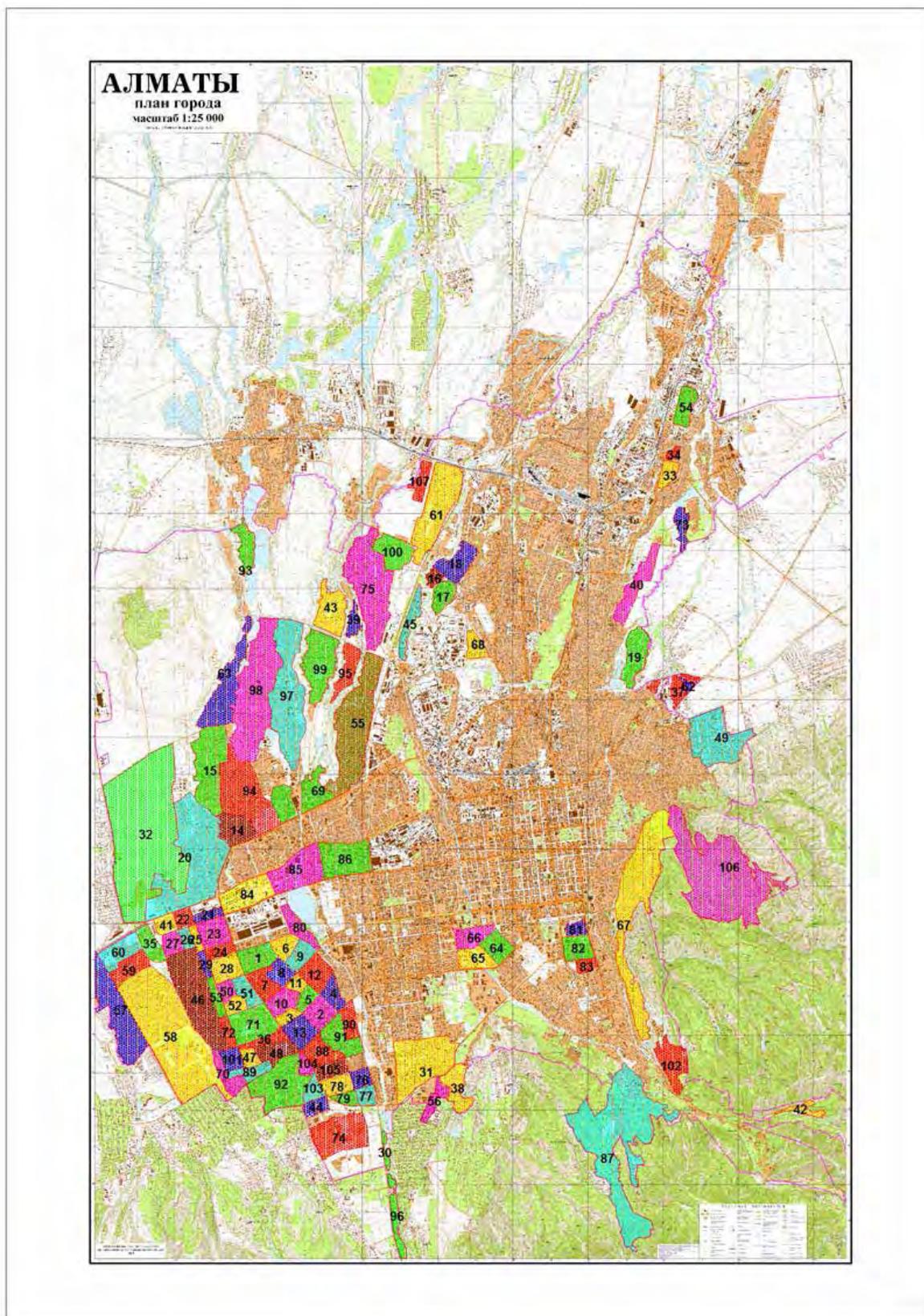


Рис.4.3.1 Карта микрорайонов

4.3.3 Объекты коммуникаций жизнеобеспечения города

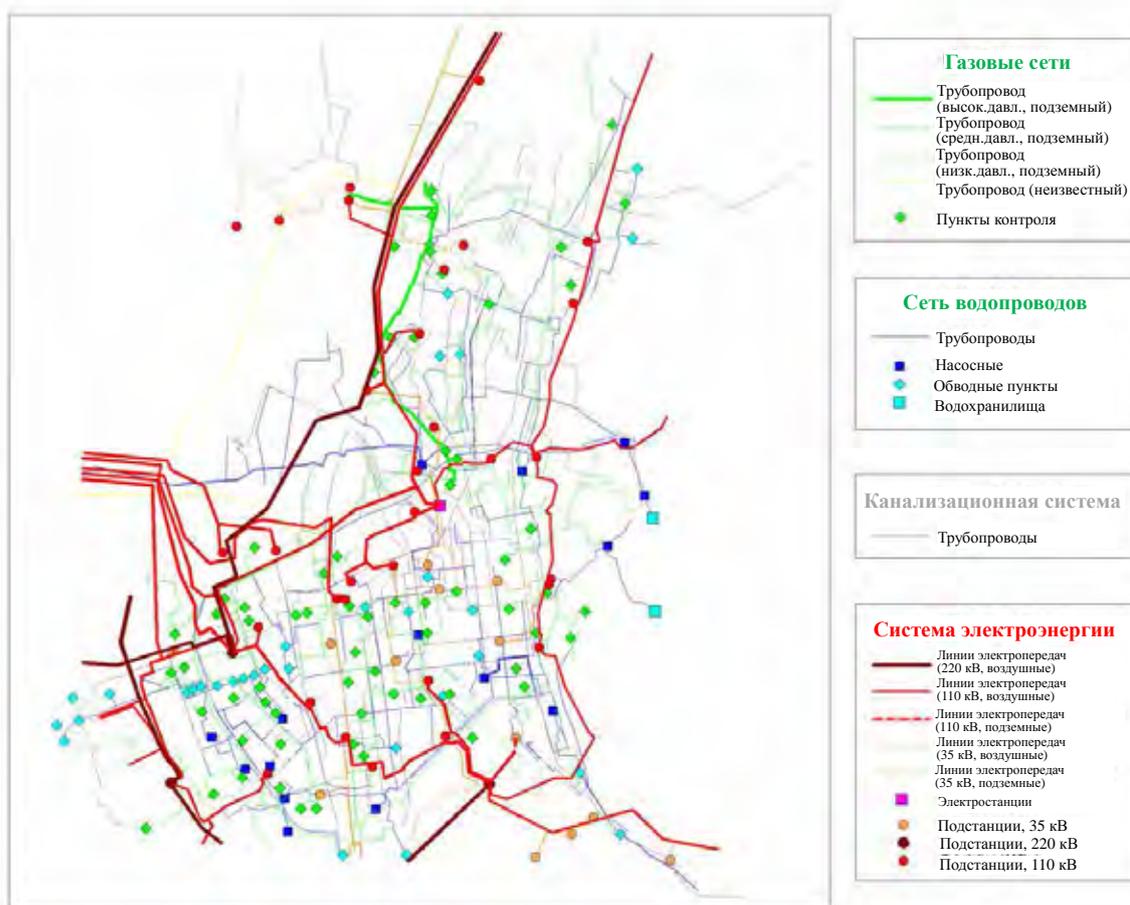


Рис.4.3.2 Схема размещения основных объектов коммуникаций жизнеобеспечения города

(1) Газовые сети

- Трубопроводы (линейные данные)
- Структуры, занимающиеся поставкой и обслуживанием (точечные данные)

Информация о газовых сетях была составлена на основе картографической информации, размещённой на сайте города Алматы, а также на основе информации, предоставленной компанией «Алматинские Газовые Сети». В свойствах помещается информация о диаметре труб, а также о том, расположены ли они над землёй или под землёй (Рис.4.3.2).

(2) Наземный водопровод

- Трубопровод (линейные данные)
- Резервуары для хранения воды (точечные данные)
- Разветвления (точечные данные)
- Насосные станции (точечные данные)

Составлено на основе картографической информации сайта города Алматы.

(3) Канализационная сеть

- Трубопроводы (линейные данные)
- Составлено на основе картографической информации сайта города Алматы.

(4) Электрические сети

- Линии электропередач (воздушные/подземные) (линейные данные)
- Электростанции (точечные данные)
- Подстанции (точечные данные)
- Зона снабжения электроэнергией (площадные данные)

Составлено с помощью схемы, предоставленной Электроэнергетической Корпорацией.

4.3.4 Другая дополнительная информация

1) Сеть дорог (линейные данные)

Здесь были указаны дороги по их центральной линии. Они были разделены на магистрали, городские дороги, сельские, а также просёлочные дороги (Рис.4.3.3).

2) Карта поверхности дорог (площадные данные)

Фактическая область дорог была указана их площадью. Это используется для расчёта площади дорог на ячейку карты.

3) Карта расположения опасных объектов (точечные данные)

4) Карта расположения мостов (точечные данные)

5) Карта расположения буровых скважин (точечные данные)

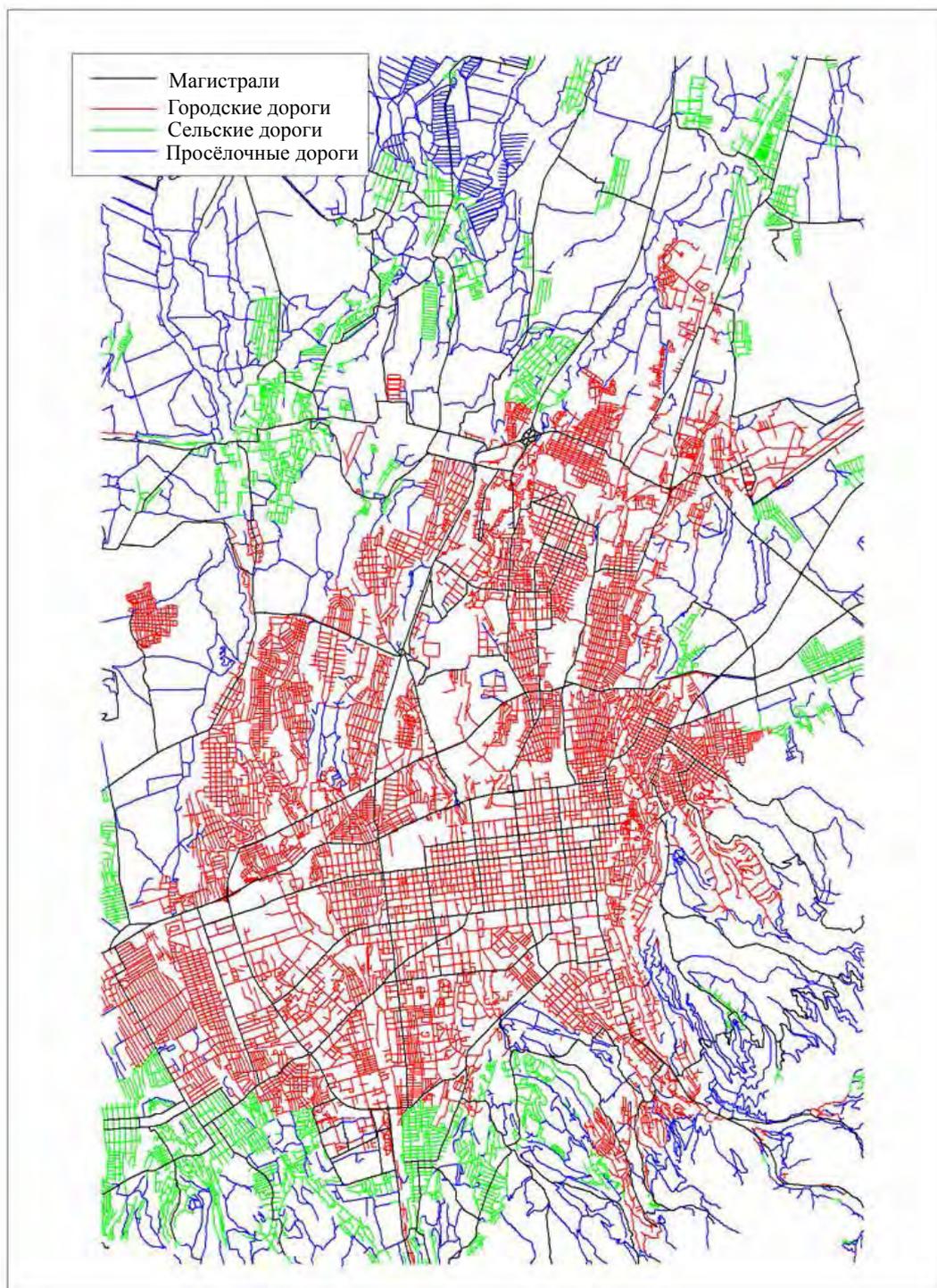


Рис.4.3.3 Карта сети дорог

Глава 5

Сейсмологический анализ и составление карты опасностей

ГЛАВА 5 Сейсмологический анализ и составление карты опасностей

5.1 Сценарные землетрясения

5.1.1 Задание условий сценарных землетрясений

Концепции прогнозирования сейсмических колебаний земной коры в целом подразделяются на две группы: *детерминистское моделирование сейсмических колебаний* и *вероятностное моделирование сейсмических колебаний*. Результатом детерминистского моделирования является распределение сейсмических колебаний в случае некоего сценарного землетрясения; результаты же вероятностного моделирования выражаются, например, в такой форме: «равная 10% величина ожидания определенного ускорения земной поверхности для периода в 50 лет». При детерминистском моделировании сейсмических колебаний для каждой точки агрегируют вероятностные вклады от различных очагов землетрясений, и показывают полученные агрегированные величины на плоскости; таким образом, этот подход отличается от подхода, результатом которого является ожидаемое распределение сейсмических колебаний в случае определенного сценарного землетрясения.

Решение о том, какую концепцию применять при анализе, определяется целями и рамками конкретного проекта. Например, при выработке региональных стандартов для строительства или страхования ущерба от землетрясений используется вероятностная методика. Если же проводится обследование с целью разработки плана мер для предотвращения ущерба от землетрясений, то применяют детерминистскую методику, так как для выработки контрмер полезным окажется распределение ущерба от землетрясения при сценарном землетрясении. Карта опасностей и карта рисков сценарного землетрясения, составленные детерминистским методом, представляют собой предварительное моделирование ситуации при землетрясении, поэтому такие карты незаменимы при проработке мер борьбы со стихией. В настоящем Изучении использовалась детерминистская методика.

В случае оценки опасности детерминистским методом задание условий сценарного землетрясения оказывается важной рубрикой, влияющей на все Изучение. Сценарное землетрясение – это не обязательно именно то землетрясение, которое случится в исследуемом районе в следующий раз. Данное Изучение не является попыткой предсказать землетрясение – при задании условий сценарного землетрясения важно предположить такую модель землетрясения, которая будет полезной для разработки сценария опасностей и сценария ущерба. Поэтому чаще всего задают условия нескольких сценарных землетрясений, следуя указанным ниже концепциям. При этом необходимо также обратить внимание на то, чтобы сценарное землетрясение согласовывалось с сейсмологией.

- а) Сценарий повторения в будущем разрушительного землетрясения, уже имевшего место в прошлом.
- б) Сценарий землетрясения, очагом которого является активный разлом.

Отличительной особенностью землетрясений – в частности, сопровождающихся большим ущербом – является их повторение в том же месте с той же интенсивностью. Важным кандидатом в модели сценарного землетрясения является гипотеза о повторном

возникновении в том же месте землетрясения такого же масштаба, что имело место в прошлом. Разрушительные землетрясения в Алматы случались в 1887, 1889 и 1911 гг. (Рис. 2.2.1 и 2.2.2). Принимая во внимание указанную на Рис. 2.2.6 скорость смещения земной коры в Центральной Азии, существует высокая вероятность повторения этих землетрясений в недалеком будущем. Местонахождение эпицентров этих трех землетрясений, а также появившиеся после них на земной поверхности разломы дают основания полагать, что очагами этих землетрясений явились сбросовые процессы в горной системе Тянь-Шаня (Рис. 5.1.1 Распределение разломов и эпицентры прошлых разрушительных землетрясений). Других землетрясений, которые бы могли угрожать Алматы, предположить на основании каталога землетрясений невозможно.

С позиций сейсмологии разломы, активность которых в верхнечетвертичный период (т.е. в последние 1 млн. лет) подтверждена, и возможность активности которых в будущем существует, называют *активными разломами*. Такие разломы также являются кандидатами в очаги сценарных землетрясений – даже если в прошлом зарегистрированных сведений о вызванных ими землетрясений не имеется. На карте сейсмического микрорайонирования Алматы, приложенной к СНиП 2.03-7-2001, нарисовано несколько разломов, показанных на Рис. 2.2.5. Если эти разломы являются активными, то их следует рассматривать в качестве очагов сценарных землетрясений. Подробных материалов по этим разломам, однако, получить, не удалось. В беседах со специалистами Института сейсмологии Министерства образования и науки РК нам сообщили, что существующие на территории в Алматы разломы – это сбросы, которые сами по себе землетрясение не вызовут, однако могут смещаться под воздействием других крупных землетрясений. Поэтому показанные на Рис. 2.2.5 разломы, существующие на территории Алматы, в качестве очагов сценарных землетрясений Группой ЛСА не рассматривались.

На основании вышеизложенного, для нынешнего Изучения сценарными были заданы три следующих землетрясения:

- а) Сценарий повторения Верненского землетрясения 1887 г. ($M_w = 7,3$)
- б) Сценарий повторения Чиликского землетрясения 1889 г. ($M_w = 8,3$)
- в) Сценарий повторения Кеминского землетрясения 1911 г. ($M_w = 8,2$)

M_w : моментная магнитуда

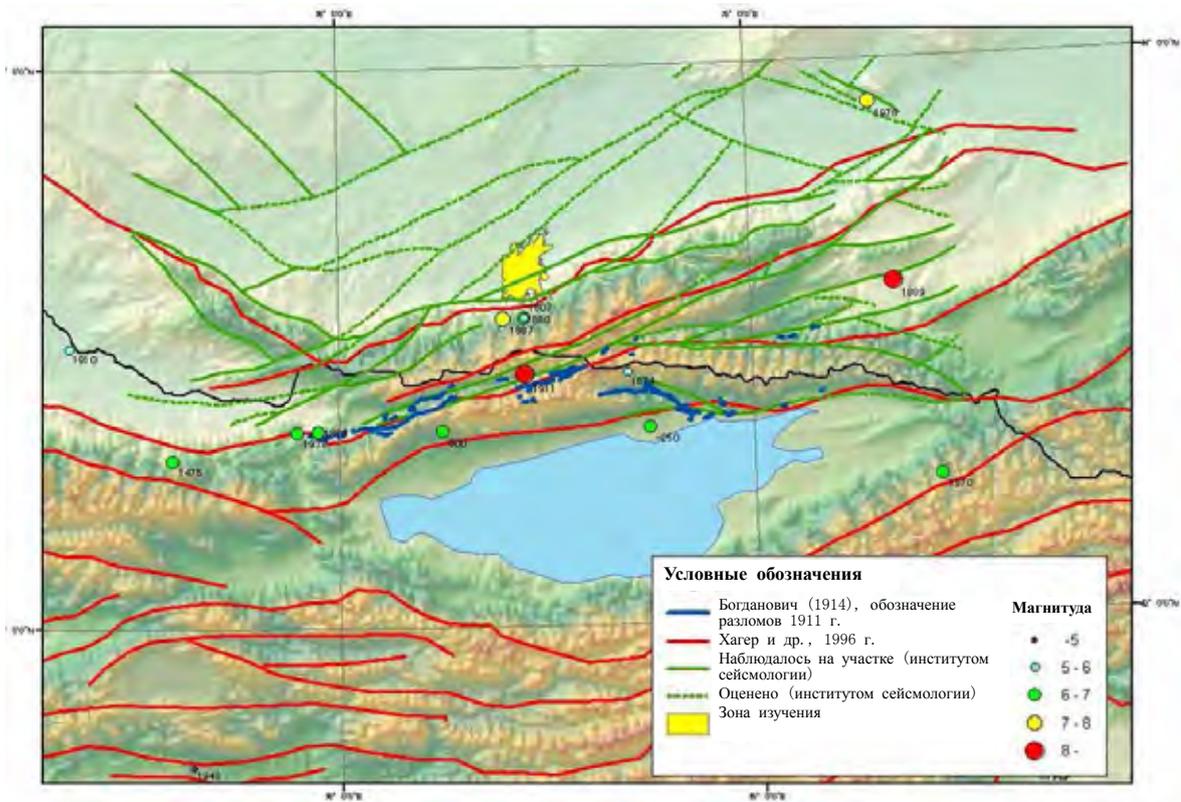


Рис.5.1.1 Распределение разломов и эпицентры прошлых разрушительных землетрясений

5.1.2 Модель сбросообразования

Для численного расчета сейсмических колебаний модель сброса в очаге землетрясения была задана согласно указанному в Табл. 5.1.1. На Рис.5.1.2 показана проекция сброса в очаге землетрясения на земной поверхности. Магнитуда была условно задана равной интенсивности ранее реально случавшихся землетрясений. Местонахождение и форма сброса в очаге Верненского землетрясения (1887 г.) и Кеминского землетрясения (1911 г.) заданы согласно следам сброса, указанным Богдановичем и соавторами (1914). Длина сдвига для модели Чиликского землетрясения 1889 г. была рассчитана с использованием эмпирической формулы, описывающей магнитуду и длину сброса; местонахождение сброса было предположительно определено на основании карты распределения силы того землетрясения. Голубые и зеленые изосейсты на Рис.5.1.2 показывают распределение колебаний определенного балла при Чиликском (1889) и Кеминском (1911) землетрясениях. Наклон сброса в 70° задан с учетом тектоники землетрясений.

Табл. 5.1.1 Параметры сбросов сценарных землетрясений

	Модель Верненского землетрясения 1887	Модель Чиликского землетрясения 1889	Модель Кеминского землетрясения 1911
Моментная магнитуда	7,3	8,3	8,2
Длина сброса (км)	30	200	175 (на запад -110, на восток - 65)
Ширина сброса (км)	15	32	32
Глубина сброса (км)	2	2	2
Наклон сброса (°)	70 (наклон в южном направлении)	70 (наклон в южном направлении)	70 (наклон в южном направлении)

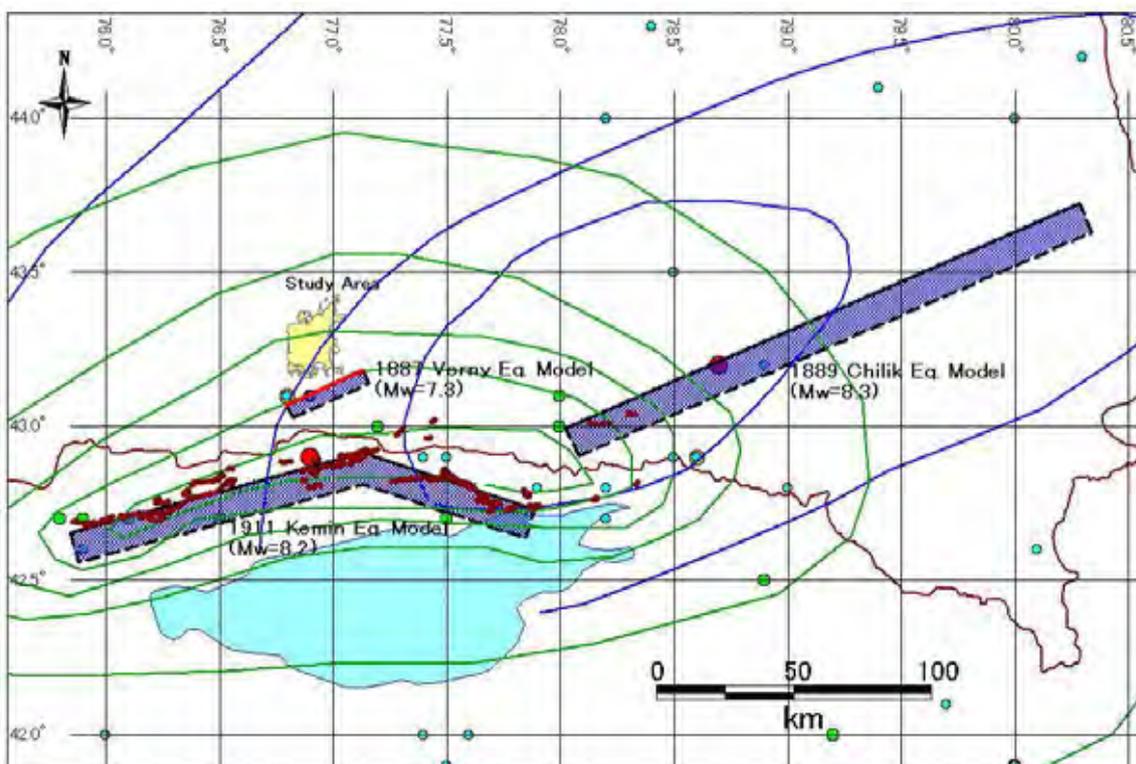


Рис.5.1.2 Модель сброса для сценарных землетрясений

Литература

Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И., 1914 г. Землетрясения в северной цепи Тянь-Шаня, 22 декабря 1911 г. Труды Комитета геологии, новый выпуск, том 89, Санкт-Петербург, 256 стр., на русском.

5.2 Анализ сейсмических колебаний в грунте

Расчеты сейсмических колебаний были произведены с разделением на расчет этих колебаний в инженерной сейсмической коренной породе и на оценку приращения балльности колебаний в зависимости от физико-технических свойств поверхностного грунта (Рис.5.2.1). Это связано с тем, что приращение балльности сильно различается в зависимости от свойств грунта, залегающего близ земной поверхности. Поэтому продуктивным подходом является разделение оценки приращения балльности (усиления сейсмических колебаний в грунте) в поверхностном слое и расчетов колебаний коренной породы, меняющихся сравнительно мало. Расчет сейсмических колебаний в инженерной сейсмической коренной породе был выполнен с применением эмпирических методик.

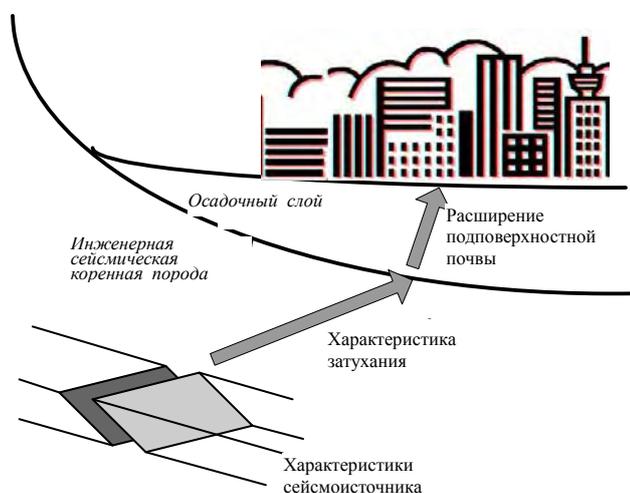


Рис.5.2.1 Схема распространения и усиления сейсмических волн

5.2.1 Выбор формулы затухания сейсмических волн с расстоянием

Сейсмические колебания в инженерной сейсмической коренной породе были оценены по формуле затухания сейсмических волн с расстоянием. На сейсмические колебания влияют магнитуда и расстояние, однако помимо этого воздействие оказывают также свойства очага землетрясения и свойства скального грунта, по которому распространяются сейсмические волны. Таким образом, эмпирические формулы, описывающие затухание волны с расстоянием, сами зависят от особенностей данных, которые были использованы при выведении этих формул. Поэтому наиболее желательным вариантом было бы применение формул затухания с расстоянием, составленных с использованием регистрационных записей сильных сейсмических колебаний, наблюдавшихся в районе целевой зоны Изучения. Однако, данные мониторинга сильных сейсмических колебаний, которые можно получить сейчас в Алматы, недостаточны для выведения формулы затухания волн с расстоянием. Таким образом, формулы затухания с расстоянием, которую можно было бы предложить, не существует.

Следующий по привлекательности метод – это выбрать среди существующих формул затухания сейсмических волн с расстоянием такие, которые согласуются с регистрационными данными мониторинга сильных сейсмических колебаний в целевой зоне

Изучения и в соседних районах. На Рис.5.2.2 приведено сопоставление результатов выполненного Институтом сейсмологии мониторинга сильных сейсмических колебаний в районе Алматы с основными имеющимися формулами затухания волны с расстоянием, описывающими землетрясения, очаг которых находится неглубоко в земной коре и которые классифицируются как *обратный сброс*. Для анализа было использовано самое крупное из зарегистрированных землетрясений – с моментной магнитудой 7,2. Отобранные 2 формулы затухания с расстоянием приведены ниже. В данном Изучении были использованы средние величины результатов, полученных с помощью этих двух формул.

(1) Boor et al. (1997)

$$\ln Y = b_1 + b_2(M - 6) + b_3(M - 6)^2 + b_5 \ln r + b_v \ln \frac{V_s}{V_A}$$

$$r = \sqrt{r_{jb}^2 + h^2}$$

$$b_1 = \begin{cases} b_{1SS} & \text{для сбросо-сдвиговых землетрясений} \\ b_{1RV} & \text{для землетрясений с обратным сдвигом} \\ b_{1ALL} & \text{если механизм не определен} \end{cases}$$

Y : пиковое горизонтальное ускорение или псевдо реакция на ускорение

M : моментная магнитуда

r_{jb} : кратчайшее горизонтальное расстояние до выступа поверхности плоскости разрыва (км)

r_{jb} : средняя скорость поперечной сдвиговой волны к 30 м (м/с)

V_s : глубина (км)

h : d

(2) Campbell, K. W. and Y. Bozorgnia (2006)

$$\ln Y = f_{mag} + f_{dis} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed} + \varepsilon$$

$$f_{mag} = \begin{cases} c_0 + c_1 M & M \leq 5.5 \\ c_0 + c_1 M + c_2 (M - 5.5) & 5.5 < M \leq 6.5 \\ c_0 + c_1 M + c_2 (M - 5.5) + c_3 (M - 6.5) & 6.5 < M \end{cases}$$

$$f_{dis} = (c_4 + c_5 M) \ln \sqrt{R_{rup}^2 + c_6^2}$$

$$f_{flt} = c_7 F_{RV} f_{flt,z} + c_8 F_{NM}$$

Обратный сброс: $F_{RV} = 1, F_{NM} = 0$

Нормальный сброс: $F_{RV} = 0, F_{NM} = 1$

По-инному: $F_{RV} = 0, F_{NM} = 0$

$$f_{hng} = c_9 f_{hng,R} f_{hng,M} f_{hng,z} f_{hng,\delta}$$

если $\delta = 90^\circ, f_{hng} = 0$

$$f_{site} = \begin{cases} c_{10} \ln \left(\frac{V_{30}}{k_1} \right) + k_2 \left\{ \ln \left[A_{1100} + c \left(\frac{V_{30}}{k_1} \right)^n \right] - \ln [A_{1100} + c] \right\} & V_{30} < k_1 \\ (c_{10} + k_2 n) \ln \left(\frac{V_{30}}{k_1} \right) & V_{30} \geq k_1 \end{cases}$$

если $\text{km} \leq Z_{2.5} \leq 3\text{km}, f_{sed} = 0$

Y : PGA (гал), $S_{a_{1\%-5\%}}$ (гал) или PGV (см/с)

M : моментная магнитуда

R_{RUP} : кратчайшее расстояние до косейсмического разрыва

δ : погружение плоскости разрыва

V_{30} : средняя скорость поперечной сдвиговой волны на глубину 30 м (м/с)

A_{1100} : значение PGA на горной породе с $V_{30} = 1100$ м/с

$Z_{2.5}$: глубина (км) до горизонта скорости поперечной сдвиговой волны 2,5 км/с

В ходе предпринятого анализа были использованы данные только по двум землетрясениям; не стоит и говорить, что желательно было бы использовать больше данных. Поэтому важно продолжать деятельность по мониторингу сильных сейсмических колебаний (включая работу по техническому обслуживанию сейсмографов и составлению базы данных).

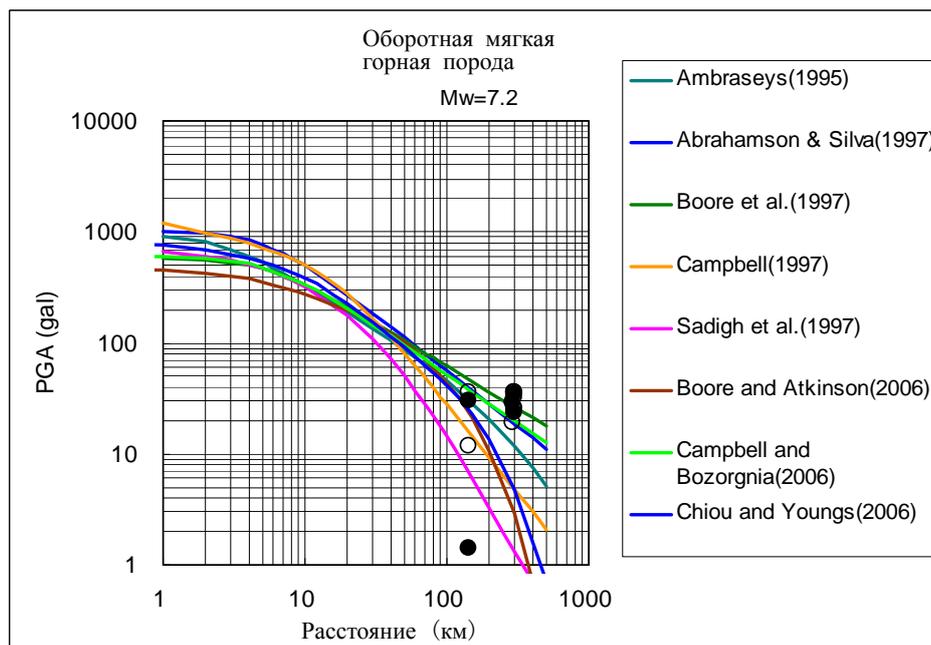


Рис.5.2.2 Сопоставление величин мониторинга пиковых ускорений грунта и существующих формул, описывающих затухание сейсмических колебаний с расстоянием

5.2.2 Сейсмические колебания коренной породы

Исходя из расстояния от центра каждого условного квадрата до сброса, являющегося очагом землетрясения, а также из магнитуды, для трех сценарных землетрясений была рассчитана величина пикового ускорения грунта (PGA) для инженерной сейсмической коренной породы ($V_s = 600$ м/сек). Результаты расчетов показаны на картах на Рис.5.2.3. Из трех сценарных землетрясений самые сильные колебания имеют место при модели Верненского землетрясения: в южной части зоны Изучения величина PGA составила не менее 500 гал, а в центральной части Алматы – ок. 250 гал. В случае моделей Чиликского и Кеминского землетрясений величина PGA меньше – от 100 до 200 гал в центральной части города. При каждом из трех сценариев сейсмические колебания в южной части города сильнее, чем в северной.

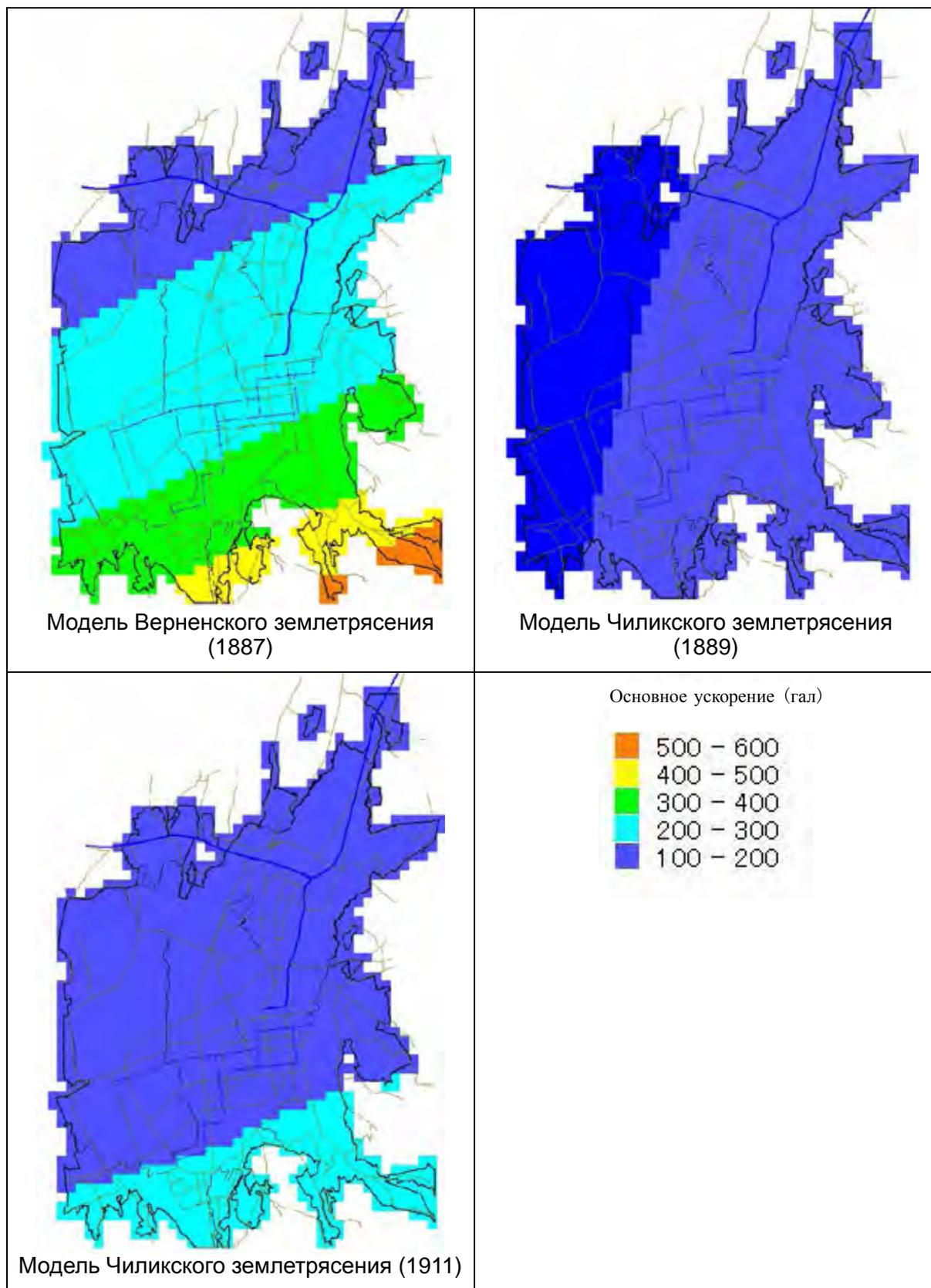


Рис.5.2.3 Распределение величин ускорения грунта

Справочная литература

- Boore, D. M., W. B. Joyner and T. E. Fumal: 1997, Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work, *Seism. Res. Lett.*, Vol. 68, No. 1, 128-153.
- Campbell, K. W. and Y. Bozorgnia: 2006, Campbell-Bozorgnia NGA Empirical Ground Motion Model for the Average Horizontal Component of PGA, PGV and SA at Selected Spectral Periods Ranging from 0.01-10.0 Seconds, Interim Report for USGS Review.

5.3 Оценка особенностей усиления сейсмических колебаний в поверхностном грунте в зависимости от его свойств

5.3.1 Методика оценки

Как было показано на Рис.5.2.1, для оценки сейсмических колебаний на земной поверхности колебания коренной породы следует скорректировать по показателям приращения балльности в зависимости от свойств поверхностного грунта. Для оценки свойств приращения балльности в зависимости от свойств грунта желательно составить модель, охватывающую все слои грунта от поверхности до коренной породы, и выполнить анализ математическими методами. Существует большое количество методик такого математического анализа, от простых до сложных. Для оценки опасностей наиболее часто применяют методику оценки с помощью расчета 1-размерного реакции на основе теории многократного отражения волн. При этой методике назначение условий в отношении коренной породы землетрясения является исключительно важным моментом.

Кроме того, существует концепция, согласно которой в качестве параметра используют среднюю скорость S-волн в грунте в нескольких десятках метров от поверхности. Эта методика опирается на тот факт, что грунт, залегающий неглубоко, оказывает большее влияние на показатель приращения балльности в поверхностном слое, чем грунт, залегающий глубоко. Результаты сейсмического мониторинга и результаты математических расчетов указывают на высокую взаимосвязь между средней скоростью S-волн на участке на глубину в несколько десятков метров от поверхности и степенью усиления колебаний в подповерхностном слое. Joyner & Fumal (1984), Borchardt et al. (1991) (Рис.5.3.1), а также Midorikawa et al. (1994) (Рис.5.3.2) предлагают формулы, описывающие связь между средней скоростью S-волн в подповерхностном слое и коэффициентом усиления балльности. Однако, эти уравнения не следует считать универсальными для всего земного шара, так как в зависимости от конкретного места рассматриваемая связь бывает разной.

В ходе Изучения были приложены усилия к тому, чтобы собрать как можно больше геологических, геотехнических и геофизических данных по целевой зоне. Тем не менее, собранных данных оказалось недостаточно для составления модели грунта от поверхности земли до коренной породы. Поэтому было принято решение вывести связь между средней скоростью S-волн в грунте и коэффициентом усиления колебаний в поверхностном слое эмпирическим путем, и использовать ее для оценки усиления балльности колебаний в зависимости от свойств поверхностного слоя.

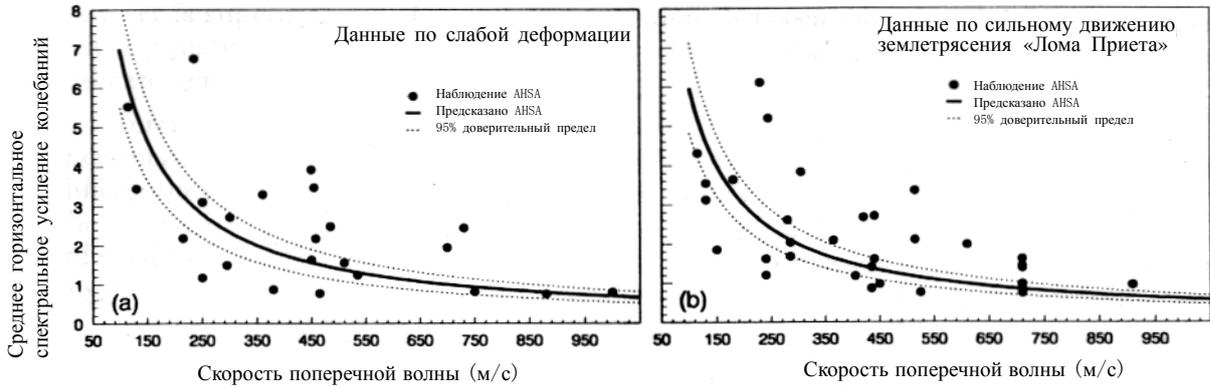


Рис.5.3.1 Связь между скоростью S-волн и средним горизонтальным спектральным усилением колебаний (по: Borchardt et al. (1991))

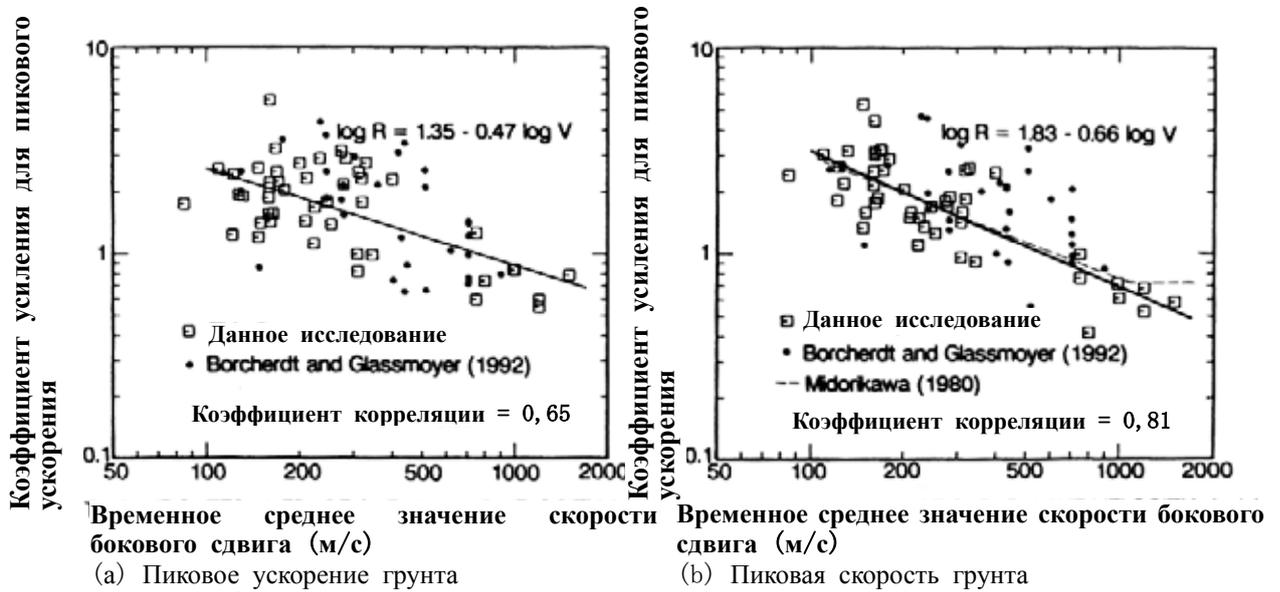


Рис.5.3.2 Связь между пиковым ускорением грунта, коэффициентом усиления пикового ускорения и средней скоростью S-волн (по: Midorikawa et al. (1994))

5.3.2 Анализ степени усиления сейсмических колебаний в грунте

Прогнозируется, что в зависимости от конкретного места взаимосвязь между средней скоростью распространения S-волн в подповерхностном слое и коэффициентом усиления балльности будет разной. Было предпринято исследование этой взаимосвязи для случая Алматы. При этом были использованы результаты ведущегося ИС мониторинга сильных сейсмических колебаний. На Рис.5.3.3 указаны точки нахождения сейсмографов, установленных ИС в районе Алматы. В большинстве случаев сейсмографы установлены в фундаментах зданий. В 3 случаях сейсмографы установлены на полу 1-го этажа. В этих точках мониторинга сильных сейсмических колебаний было проведено PS-зондирование до глубины в 20 м. Результаты зондирования показаны на Рис.5.3.4. Скорости распространения волн, полученные с помощью этого PS-зондирования, являются единственными данными такого рода, которые удалось получить в Алматы с помощью прямого измерения. Joyner & Fumal (1984), Borchardt et al. (1991), Midorikawa et al. (1994) в качестве параметра используют среднюю скорость S-волн на участке до 30 м от поверхности (AVS30); так как в нашем случае PS-зондирование ограничивалось глубиной в 20 м, в данном Изучении в качестве параметра была использована средняя скорость S-волн на участке на глубину до 20 м от поверхности. Распределение расчетной AVS20 показано на Рис.5-3-3.

$$AVS20 = \frac{20}{\sum_i \left(\frac{H_i}{Vs_i} \right)}$$

H_i : глубина i -слоя(м)

Vs_i : скорость S-волн в i -слое(м/сек)

При анализе были использованы данные наблюдений по 3 землетрясениям. Результаты расчетов PGA по каждой точке наблюдения (в сопоставлении с величиной PGA для точки наблюдений KSK, расположенные в западной части города и вне города) показаны на Рис.5.3.5. При этом различия в расстоянии до очага землетрясения были скорректированы с использованием предложенной Boore et al. (1997) формулы затухания колебаний с расстоянием. Величина AVS20 в точке KSK (590 м/сек) является наибольшей по всем точкам наблюдения (за исключением MDO). В Главе 6.2 сейсмические колебания на уровне коренной породы были рассчитаны как $Vs = 600$ м/сек; точка KSK почти полностью удовлетворяет аналогичным требованиям, поэтому она была выбрана в качестве эталонной точки наблюдений. В 3 точках мониторинга сильных сейсмических колебаний сейсмографы установлены на полу 1-ых этажей; при этом индицируемые в этих точках величины колебаний выше, чем в других точках. Следует полагать, что это объясняется воздействием зданий, усиливающим сейсмические колебания. По этой причине данные по этим 3 точкам при анализе не использовались.

На Рис.5.3.5 и в уравнении ниже показана связь между коэффициентом усиления ускорения грунта относительно сейсмической инженерной коренной породы и скоростью AVS20.

$$\log R = 2.45 - 0.88 * \log V$$

R : коэффициент усиления колебаний

V : AVS20 (м / сек)

Как показано на Рис.5.3.5, связь между коэффициентом усиления колебаний и скоростью AVS20 характеризуется значительным рассеянием. Хотя существует вероятность уменьшения рассеяния при увеличении количества данных, используемых при анализе, не следует забывать, что в случае подобных эмпирических методик анализа неопределенность неизбежна.

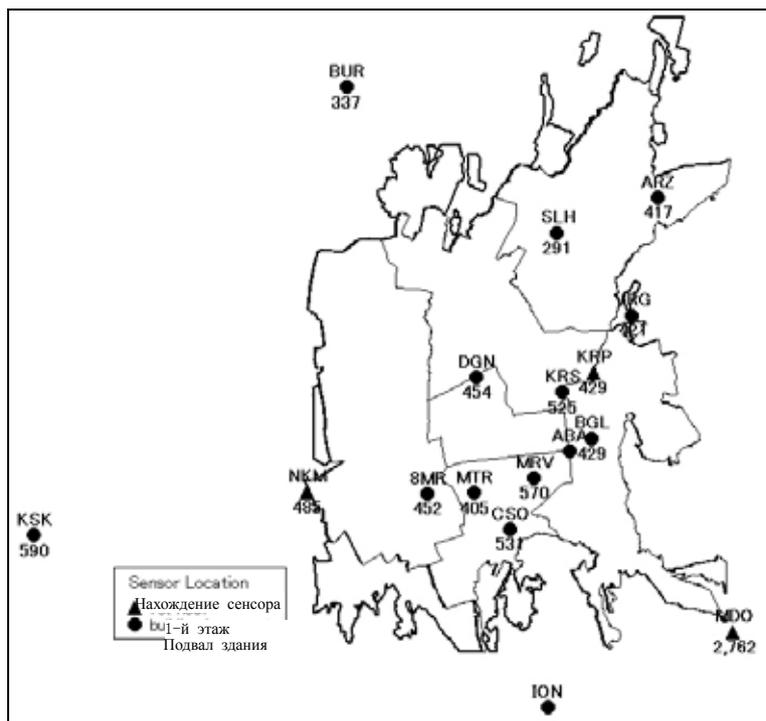


Рис.5.3.3 Точки наблюдения за сильными сейсмическими колебаниями и AVS20 (м/сек) в этих точках

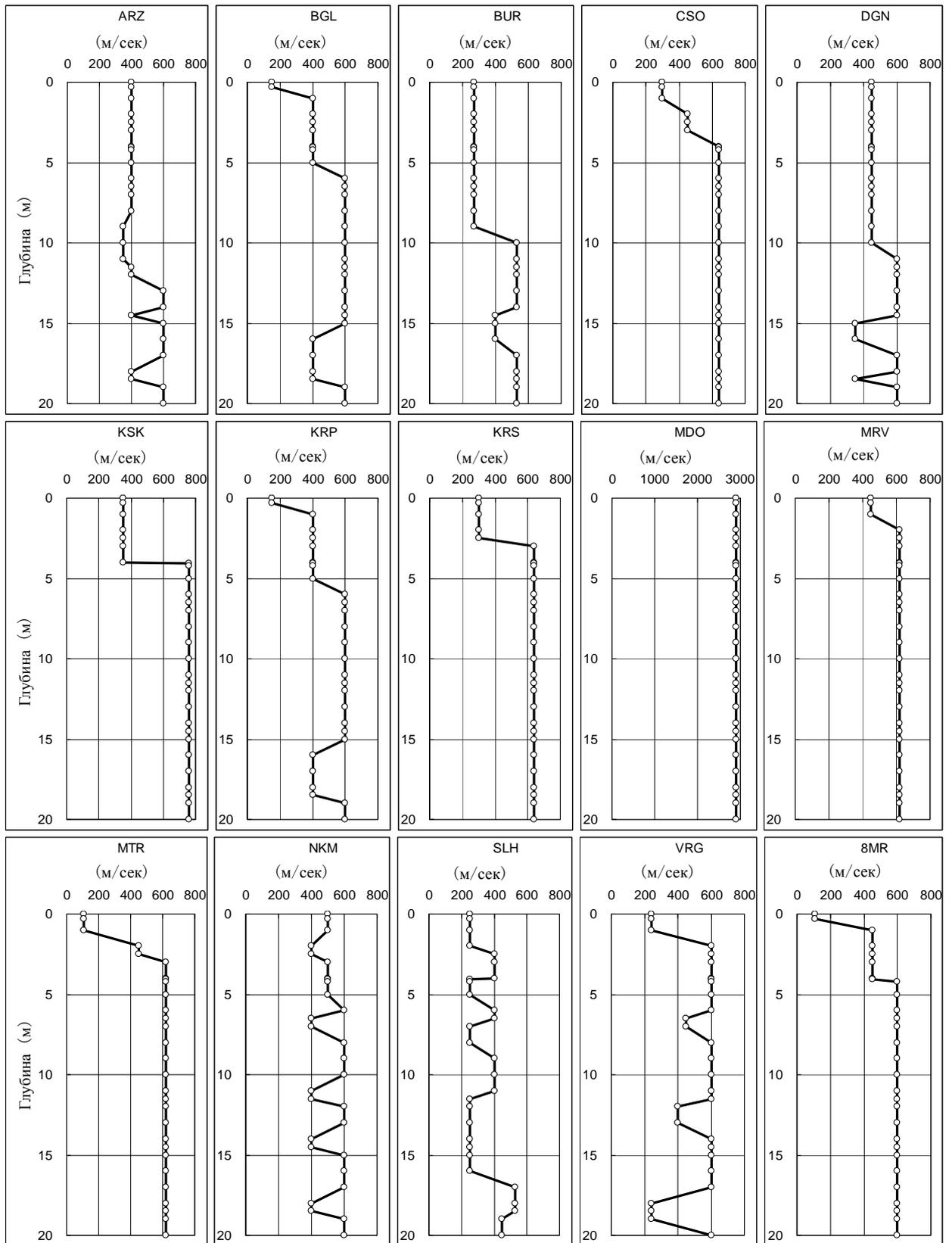


Рис.5.3.4 Результаты PS-зондирования в точках наблюдения за сильными сейсмическими колебаниями

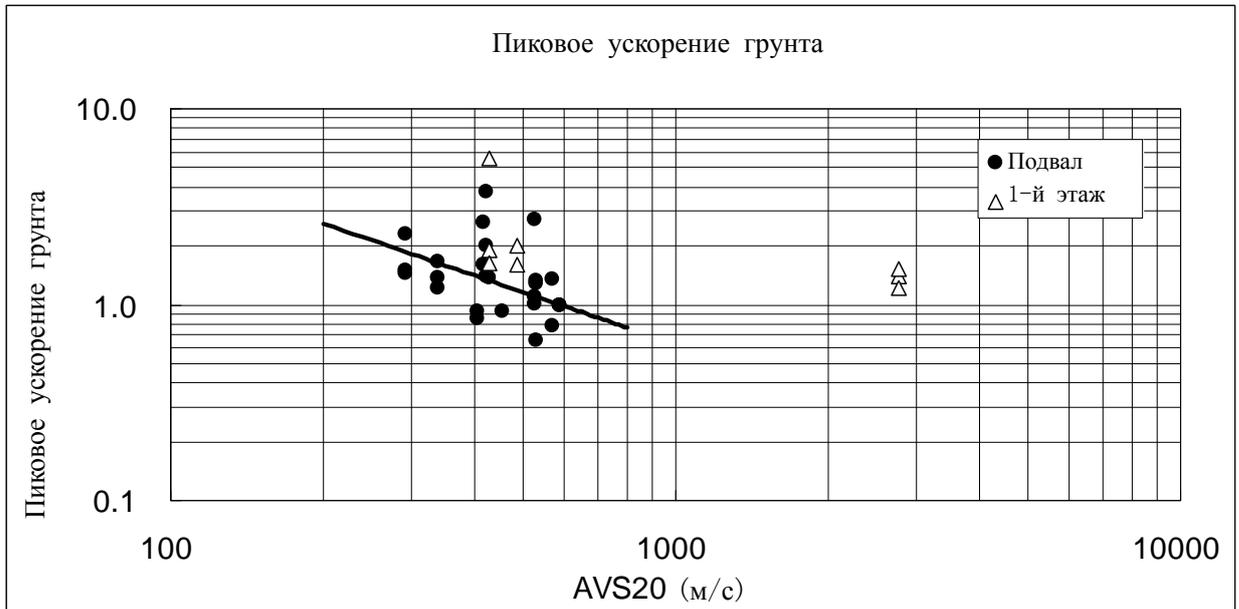


Рис.5.3.5 Связь между степенью усиления ускорения грунта и AVS20

Справочная литература

- 1) Joyner, W. B. and T. Fumal, 1984, Use of Measured Shear-wave Velocity for Predicting Geological Site Effects on Strong Motion, Proc. 8th World Conf. on Earthq. Eng., Vol.2, 777-783.
- 2) Borchardt, R. D., C. M. Wentworth, A. Janssen, T. Fumal, and J. Gibbs, 1991, Methodology for Predictive GIS Mapping of Special Study Zones for Strong Ground Shaking in the San Francisco Bay Region, Proc. 4th Intern'l. Conf. on Seismic Zonation, Vol.3, pp.545-552.
- 3) Midorikawa, S, M. Matsuoka and K. Sakugawa, 1994, Site Effects on Strong-motion Records Observed during the 1987 Chiba-ken-toho-oki, Japan Earthquake, Proc. 9 th Japan Earthq. Symp.

5.4 Расчет сейсмических колебаний на земной поверхности

5.4.1 Последовательность выполнения анализа грунта

Для проведения анализа сейсмических колебаний, а также для оценки опасности разжижения грунта, на основе собранных материалов была составлена модель грунта для сетки условных квадратов со стороной в 500 метров. Ход составления модели грунта указан на Рис.5.4.1.

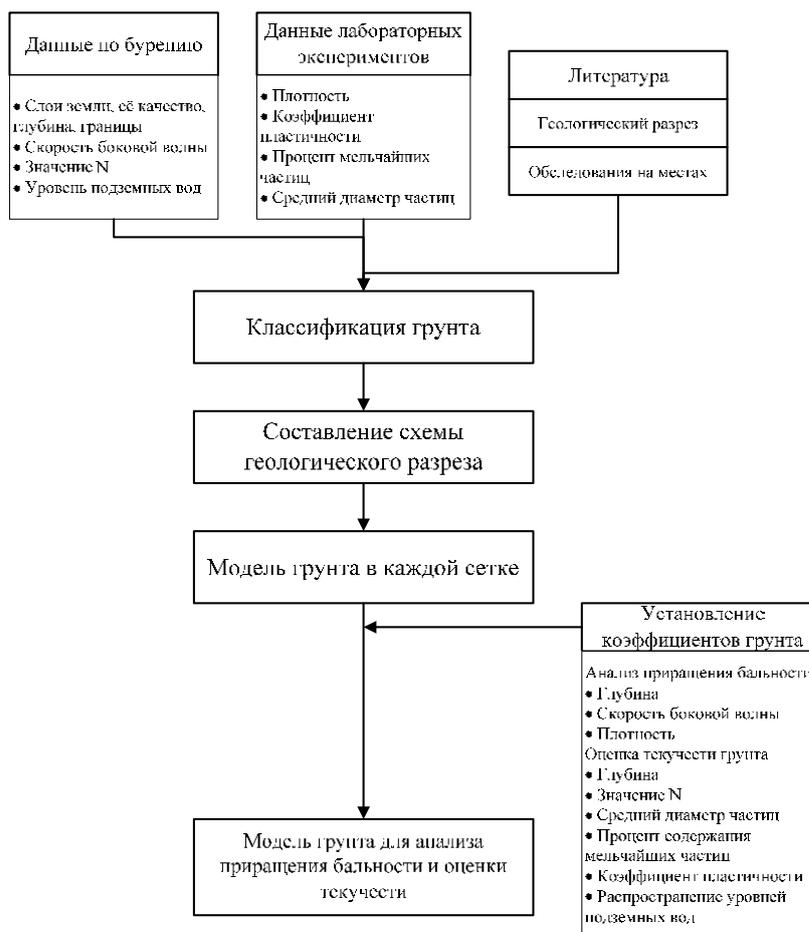


Рис.5.4.1 Ход составления модели грунта

5.4.2 Анализ грунта

На основании результатов систематизации и анализа данных разведочного бурения и лабораторных экспериментов (см. Главу 2.3), а также с учетом итогов обследования состояния грунтов на месте, были составлены профили геологических слоев в черте Алматы: 42 профиля – в меридианном направлении и 61 профиль – в широтном.

На Рис.5.4.2 приведен пример профиля геологических слоев.

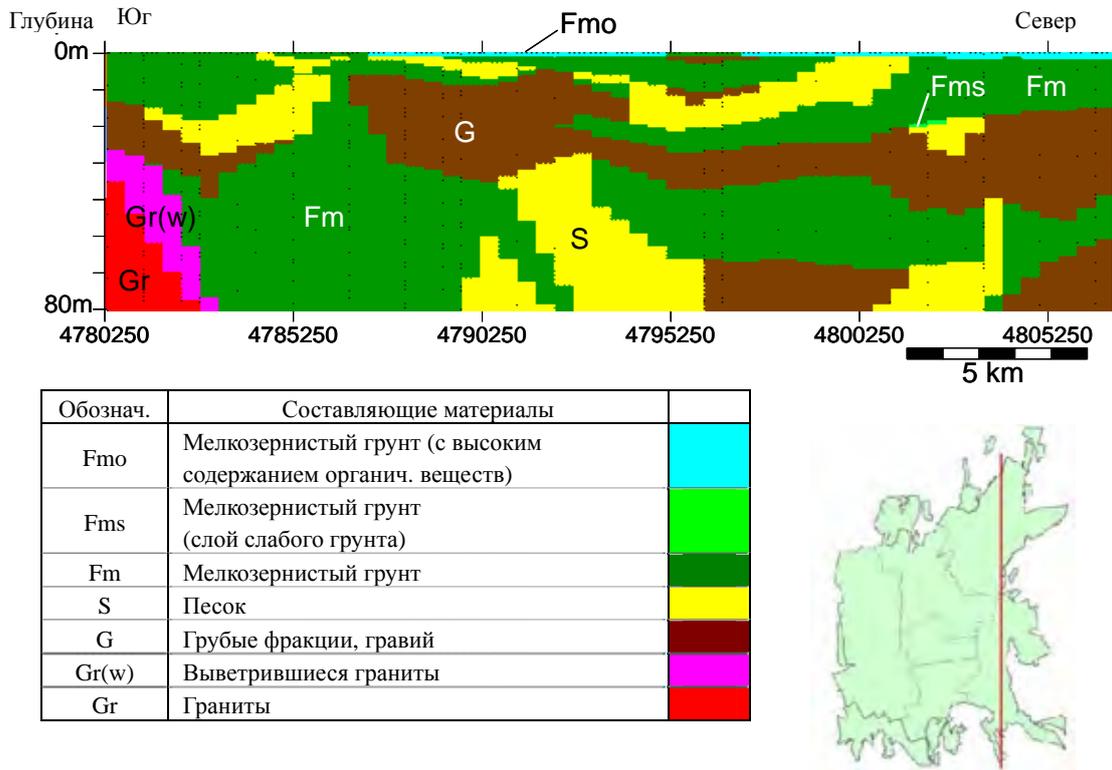


Рис.5.4.2 Пример профиля геологических слоев

5.4.3 Особенности усиления колебаний

На основании составленных профилей геологических слоев по всем 1643 условным квадратам (ширина стороны = 500 м), покрывающим в совокупности целевую зону Изучения, были определены типовые гистограммы геологического строения, на основании которых для каждого условного квадрата были составлены модели структуры скоростей S-волн, подобные примеру, приведенному на рис. 5.4.3. Скорость S-волн в грунте в пределах зоны Изучения выражается величинами, в целом превышающими показатели для равнинных районов Японии с их мягкими грунтами. На глубине 1-2 м от поверхности скорость волн не превышает 300 м/сек, однако на больших глубинах почти повсеместно составляет не менее 300 м/сек.

Распределение AVS20 показано на рис. 5.4.3. За исключением северной части зоны Изучения, AVS20 составляет не менее 300 м/сек. Сильно обобщая, можно считать, что в южной части этот показатель составляет 400-500 м/сек, а северной – 300-400 м/сек. С использования указанной на рис. 5.3.5 эмпирической степени усиления колебаний (формула, описывающая связь, приведена в п. 5.3.2), был рассчитан коэффициент усиления ускорения грунта относительно соответствующей величины для инженерной сейсмической коренной породы ($V_s = 600$ м/сек). Результаты этих расчетов приведены на рис. 5.4.4. В южной части степень усиления колебаний в основном составляет 1,0~1,4, в северной – 1,4~1,8.

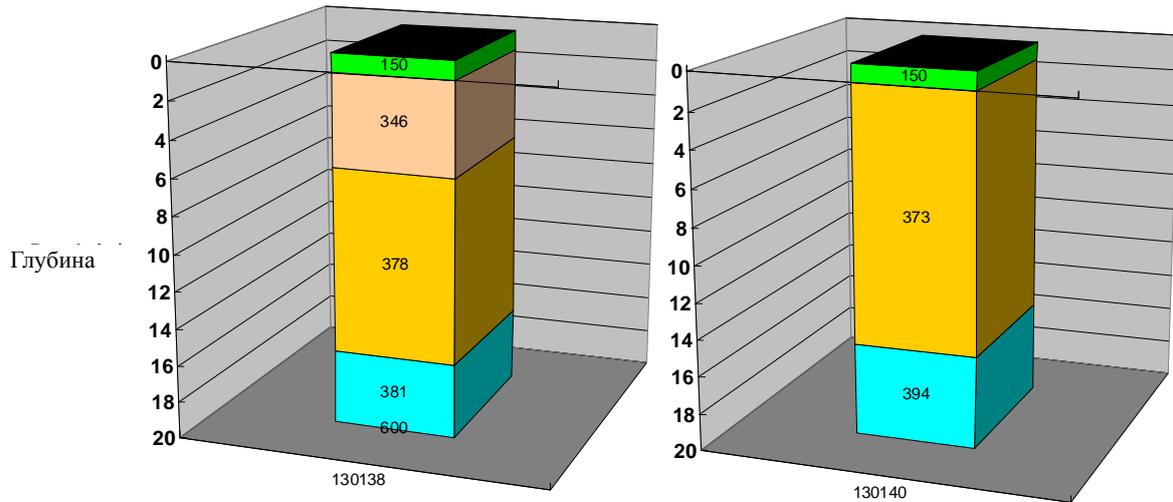


Рис.5.4.3 Пример структурной модели скорости S-волн (для условного квадрата со стороной 500 м)

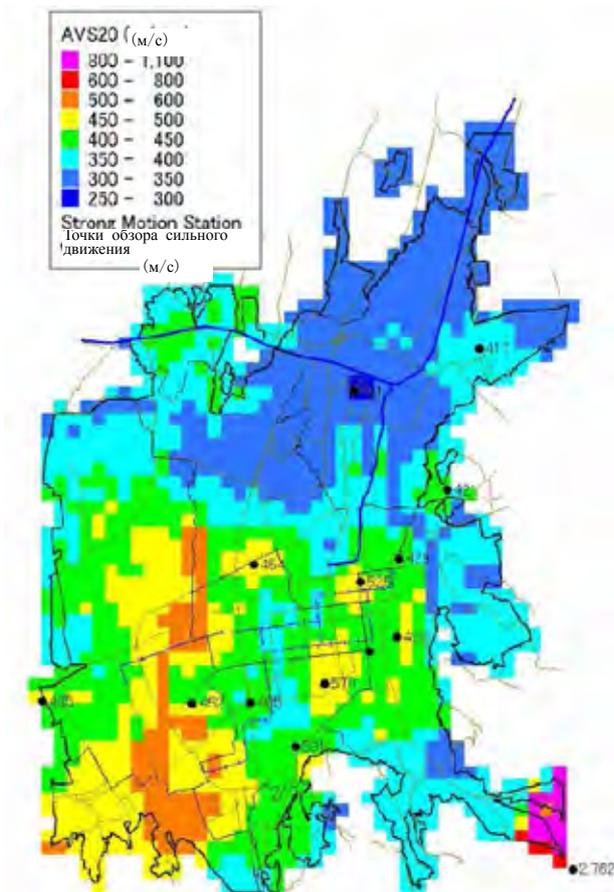


Рис.5.4.4 Средняя скорость S-волн на участке до 20 м в глубину от земной поверхности (AVS20)

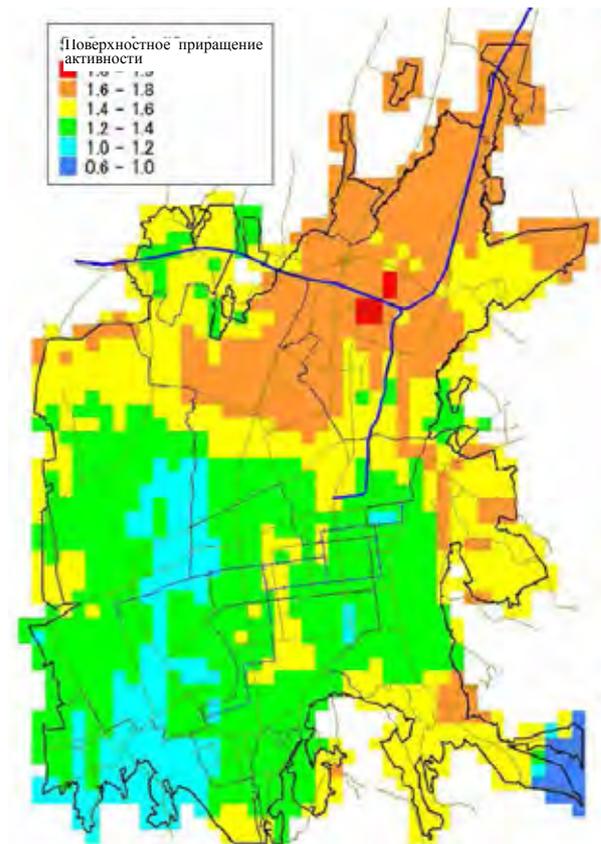


Рис.5.4.5 Степень усиления ускорения грунта поверхности

5.4.4 Сейсмические колебания на поверхности

Умножением степени усиления колебаний в поверхностном слое (Рис.5.4.4) на ускорение коренной породы (Рис.5.2.3) было рассчитано ускорение грунта поверхности. Результаты расчетов показаны на Рис.5.4.5.

По модели Верненского землетрясения пиковое ускорение в некоторых точках превышает 800 гал. Эта величина, однако, является самой большой для всех трех сценарных землетрясений. По модели Верненского землетрясения ускорение поверхностного грунта практически во всех точках составляет не менее 300 гал. По моделям Чиликского и Кеминского землетрясений соответствующие величины меньше – 100~200 гал и 200~300 гал, соответственно.

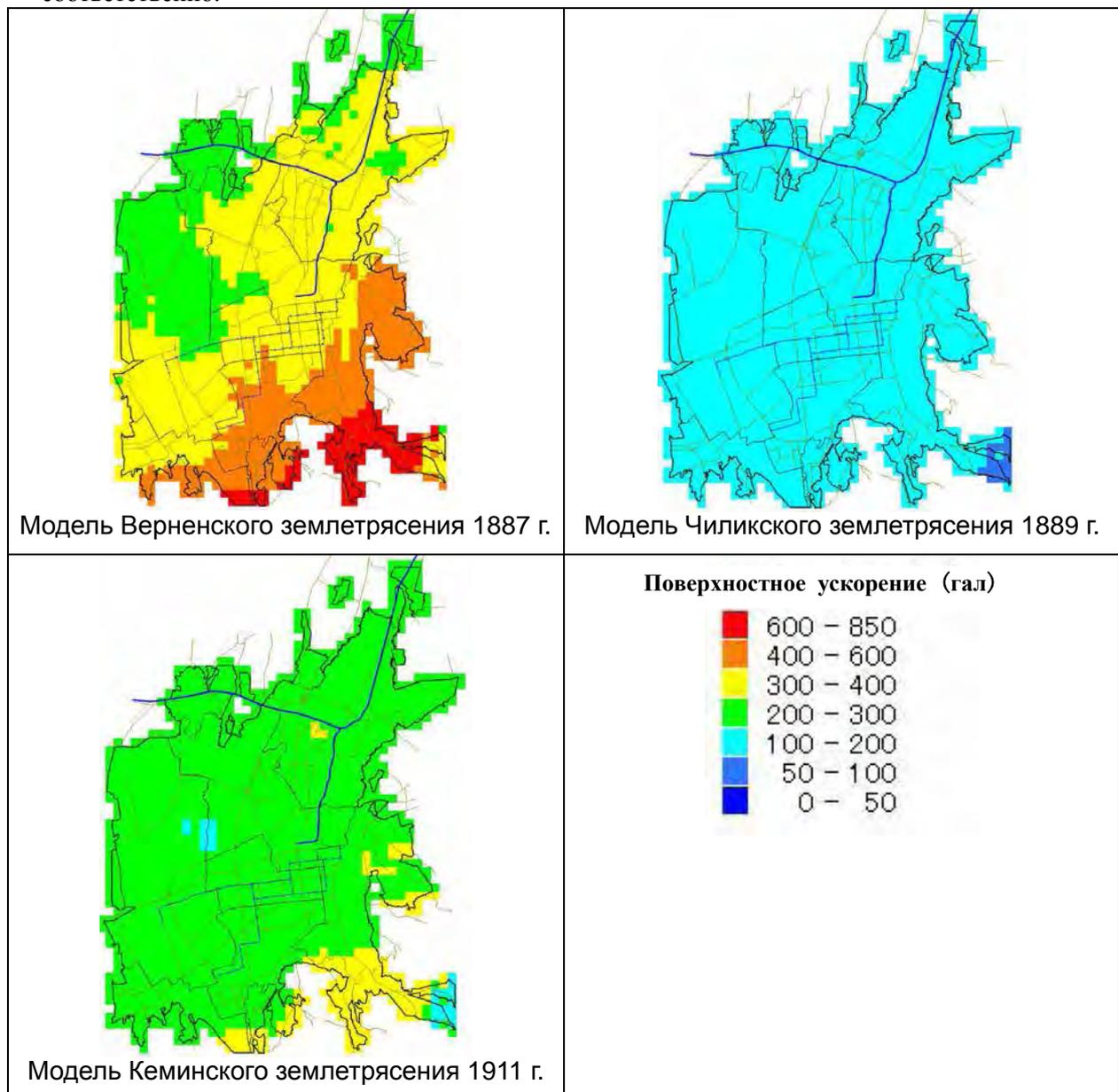


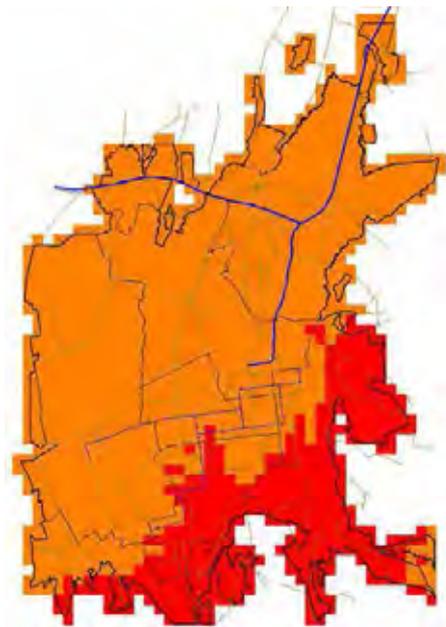
Рис.5.4.6 Результаты предположительной оценки распределения величин ускорения грунта поверхности

Хотя ускорение грунта поверхности является очень важным параметром для инженерных расчетов и т.д., для служащих госадминистрации и обычной публики, не обладающих специальными знаниями, этот показатель является трудным для понимания. Другой индикатор – это сила землетрясения в баллах; он выражает силу колебаний при землетрясении. Этот показатель легко понятен даже лицам, не имеющим специальных знаний. Кроме того, силу землетрясения в баллах часто используют в качестве параметра, используемого для характеристики землетрясения при предположительной оценке ущерба от сейсмического бедствия. Сила землетрясения в баллах не является величиной, физически измеряемой инструментальными средствами – это величина, которую определяют по восприятию землетрясения органами чувств людей и по масштабам ущерба. Связь между силой землетрясения в баллах и ускорением грунта (являющимся физической величиной) выводится эмпирически. В Казахстане связь между балльностью землетрясений по шкале MSK-64 (PK) и ускорением грунта устанавливается СНиПом 2.03-28-2004 согласно указанному в Табл. 5.4.1.

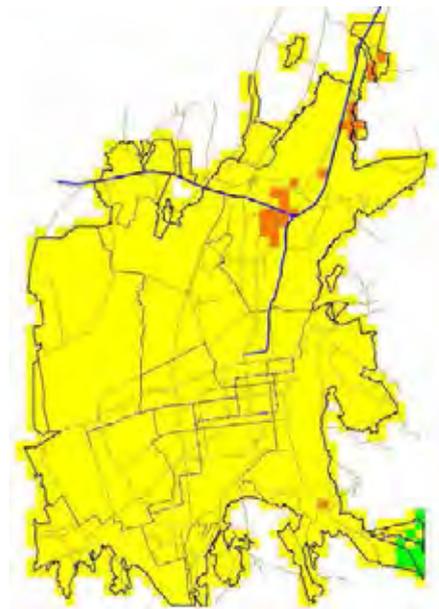
В ходе Изучения пиковые ускорения поверхности грунта (PGA) были пересчитаны в баллы шкалы MSK-64(K) (показано на Рис.5.4.6). В случае модели Верненского землетрясения его сила в баллах составила от 8 до 9. По модели Чиликского и Кеминского землетрясений их сила составила от 7 до 8 баллов. Эти показатели согласуются с балльностью реально случавшихся землетрясений (Табл. 2.2.1).

Табл. 5.4.1 Связь между силой землетрясения в баллах и ускорением грунта (согласно СНиП 2.03 – 28 – 2004)

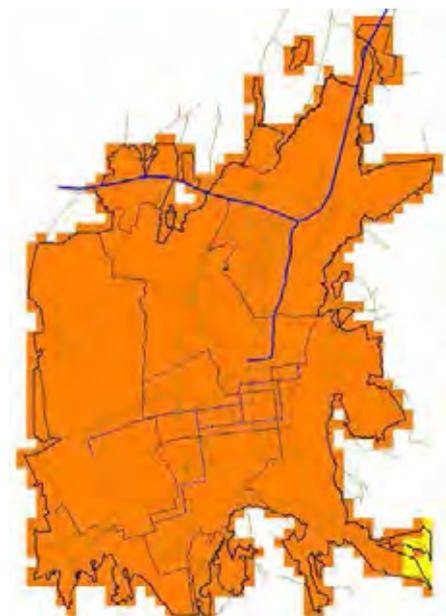
MSK-64 (K), баллов	Ускорение (гал)		
	Нижний предел	Среднее значение	Верхний предел
5	16	25	35
6	35	55	80
7	80	120	180
8	180	270	400
9	400	600	900
10	900		



Модель Верненского землетрясения 1887 г.



Модель Чиликского землетрясения 1889 г.



Модель Кеминского землетрясения 1911 г.

Интенсивность по MSK

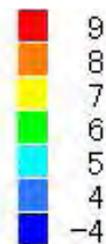


Рис.5.4.7 Результаты предположительной оценки распределения балльности землетрясений (по шкале MSK)

Замечания по поводу балльности землетрясений по шкале MSK

Связь между пиковым ускорением и балльностью по шкале MSK является выведенной эмпирически и не является единственной и неизменной. Численные рамочные величины ускорения грунта, указанные в исходной пояснительной таблице классов балльности землетрясений по шкале MSK, значительно меньше, чем численные величины, указанные в СНиП 2.03-08-2004. На Рис.5.4.7 приведено сопоставление связи между PGA и балльностью,

указанными в исходной таблице классов балльности по шкале MSK – с одной стороны, и аналогичной связи согласно СНиП Казахстана – с другой. Ускорение грунта в 400 гал согласно исходной пояснительной таблице к шкале MSK соответствует 9~10 баллам, а по принятым ныне в Казахстане определениям – 8~9 баллам. Если при пересчете PGA в баллы MSK использовать не СНиП 2.03-08-2004, а исходную пояснительную таблицу классов балльности по шкале MSK, то полученная в результате такого пересчета балльность повысится на 1 класс.

Эмпирическая связь между PGA и балльностью изменилась вместе с прогрессом систем сейсмологического мониторинга. Выпускаемые в последние годы датчики обладают более широким циклическим спектром, а регистрирующая аппаратура за счет внедрения цифровых технологий стала способна записывать сигналы в более широком динамическом диапазоне. В результате при наблюдении за одним и тем же землетрясением в одном и том же месте новая усовершенствованная аппаратура сейсмологического мониторинга покажет более высокую по сравнению со старыми системами величину сейсмических колебаний (в частности, более высокую величину ускорения грунта). То есть при землетрясениях одинаковой балльности новые измерительные системы покажут более высокую величину PGA. В этом смысле можно говорить о том, что указанная в СНиП 2.03-08-2004 связь между PGA и балльностью отражает прогресс систем сейсмологического мониторинга; вместе с тем, вышеуказанное обстоятельство следует иметь в виду при сопоставлении распределений балльности, рассчитанных с использованием названной связи, с другими распределениями балльности – например, с картой сейсмического микрорайонирования, являющейся приложением к СНиП 2.03-07-2001 (Рис.5.4.8). Хотя методики и условия, примененные при составлении карты, приведенной на Рис.5.4.8, Группе JCA неясны, внимание обращает широкое распределение по территории Алматы 10-балльных зон. Если пересчитать эти 10 баллов в величины PGA на основе связи «PGA – балльность», указанной в СНиП 2.03-08-2004, то мы получим ускорение грунта свыше 900 гал, что следует считать нереалистичной величиной. Если же исходить из того, что эта карта соответствует исходным пояснениям в отношении связи «PGA – балльность», то тогда она становится понятной.

Хотя показатель балльности землетрясения является полезным индикатором, он не является величиной, поддающейся инструментальному измерению. Связь этого индикатора с физическими величинами выводится эмпирически, и потому такая связь может меняться с изменением ситуации. Поэтому следует с особой осторожностью обращаться с показателями «балльности», полученными в результате пересчета из PGA и др. физических величин.

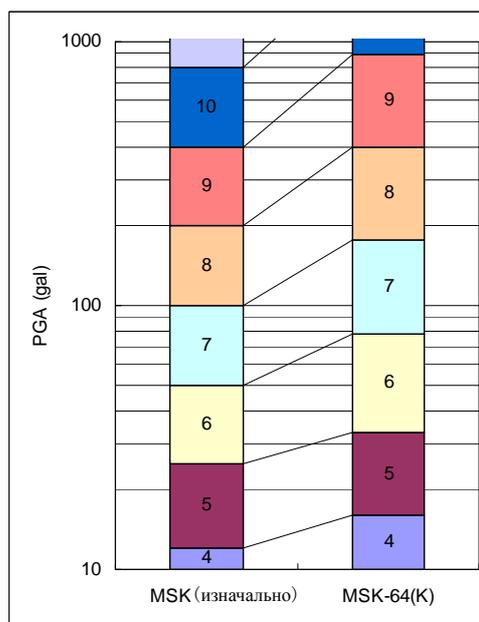


Рис.5.4.8 Сопоставление связи «PGA – балльность» согласно исходной пояснительной таблице к шкале MSK и согласно СНиП

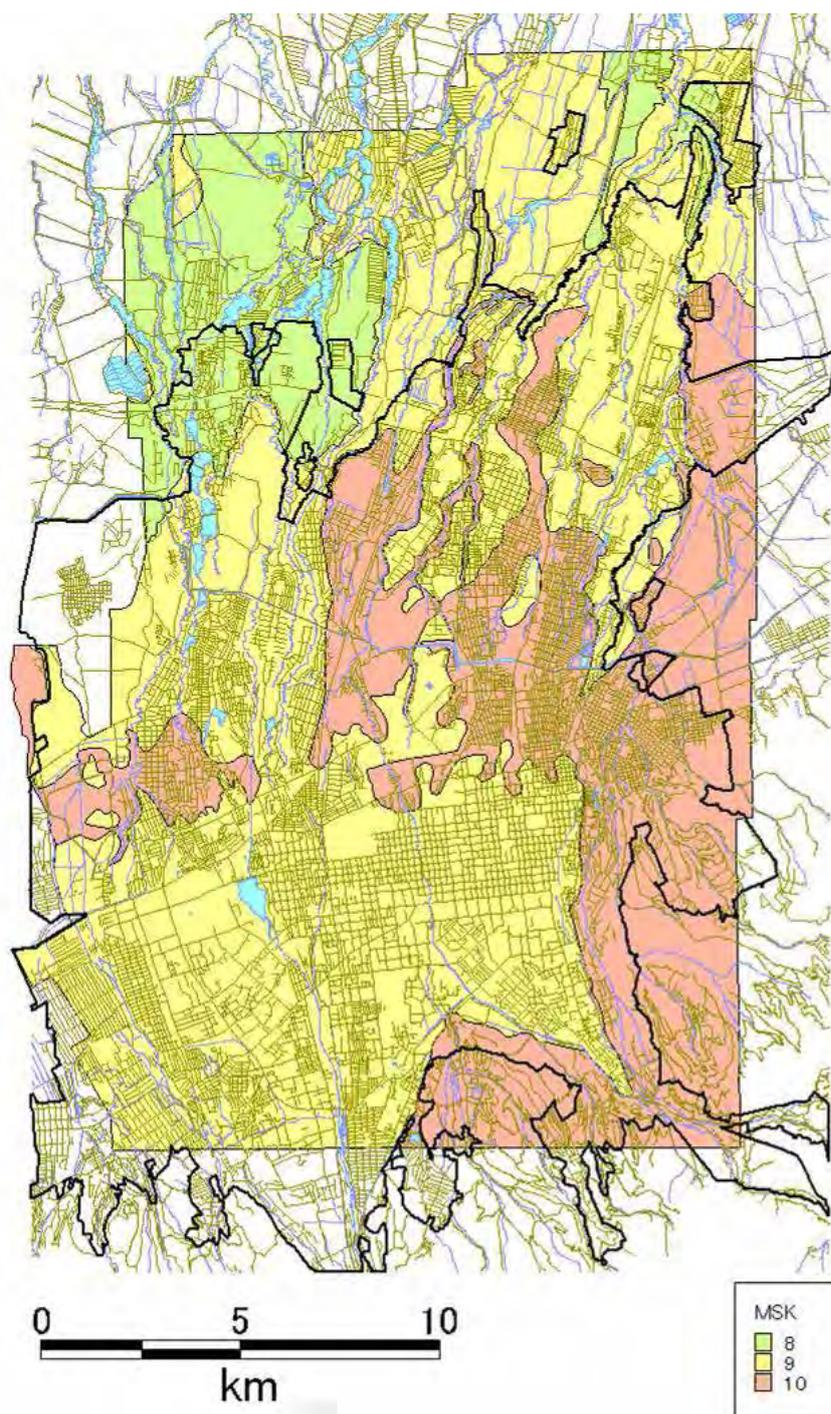


Рис.5.4.9 Карта сейсмического микрорайонирования, являющаяся приложением к СНиП 2.03–07–2001

5.5 Оценка опасности разжижения грунта

Для оценки степени опасности разжижения грунта предлагаются различные методики. В данном Изучении мы воспользуемся для анализа и оценки методиками F_L и R_L , при которых оценка выводится на основе унифицированных данных по всей исследуемой зоне.

5.5.1 Методика анализа и критерии оценки

(1) Методика F_L

Ниже приведены последовательность и критерии оценки опасности разжижения грунта по методика F_L . Получаемый результат имеет форму коэффициента сопротивления разжижению грунта на определенной глубине (вводится в качестве переменной).

- 1) Рассчитывается модуль упругости при динамическом сдвиге (R), указывающий сопротивление грунта силе, вызывающей разжижение грунта.
- 2) Рассчитывается коэффициент напряжения сдвига (L) при землетрясении, возникающий во время землетрясения.
- 3) С использованием двух полученных величин рассчитывается коэффициент сопротивления разжижению грунта $F_L=R/L$
- 4) Если $F_L<1,0$, то делается заключение о высокой опасности разжижения грунта; если $F_L>1,0$, то делается заключение о низкой опасности разжижения грунта.

$$F_L = R/L$$

F_L : сопротивление разжижению грунта

$$R = c_w \times R_L$$

R : модуль упругости при динамическом сдвиге при воздействии эффективного напряжения

c_w : коэффициент корреляции для конкретного типа землетрясения (в данном Изучения – для землетрясения типа 2)

В случае землетрясения типа 1 (землетрясение на границе между тектоническими плитами; крупномасштабное землетрясение): $c_w = 1.0$

В случае землетрясения типа 2 (землетрясение во внутриконтинентальной зоне): $c_w = 1.0$

$$(R_L < 1.0)$$

$$c_w = 3.3 R_L + 0.67 \quad (0.1 < R_L < 0.4)$$

$$c_w = 2.0 \quad (0.4 < R_L)$$

R_L : коэффициент сопротивления, полученный в результате лабораторных экспериментов

$$R_L = 0.0882 (N_a / 1.7)^{0.5} \quad (N_a < 14)$$

$$R_L = 0.0882 (N_a / 1.7)^{0.5} + 1.6 \times 10^{-6} (N_a - 14)^{4.5} \quad (14 < N_a)$$

N_a : величина N , скорректированная по гранулометрическому составу (диаметру частиц)

В случае песчанистых грунтов : $N_a = c_1 N + c_2$

$$c_1 = 1 \quad (0\% < F_c < 10\%)$$

$$c_1 = (F_c + 40) / 50 \quad (10\% < F_c)$$

$$c_1 = F_c / 20 - 1 \quad (60\% < F_c)$$

$$c_2 = 0 \quad (0\% < F_c < 10\%)$$

$$c_2 = (F_c - 10)/18 \quad (10\% < F_c)$$

F_c : коэффициент содержания мелкозернистых фракций (%)

В случае гравиевого грунта: $N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2.0)\} N_1$

N_1 : $170 N/(\sigma_v' + 70)$ N : величина N

D_{50} : средний диаметр частиц

$L = \alpha/g \times \sigma_v / \sigma_v' \times r_d$ L : коэффициент напряжения сдвига при воздействии эффективного напряжения

$r_d = 1.0 - 0.015x$ r_d : коэффициент затухания напряжения x : глубина (м)

α : пиковое ускорение (гал)

g : ускорение свободного падения (= 980 гал)

σ_v : полная нагрузка (kN/m^2)

σ_v' : эффективная нагрузка (kN/m^2)

(2) Методика P_L

Методика F_L позволяет вынести заключение о разжижении грунта на определенной глубине; для выдвижения предположения об ущербе от землетрясения необходимо, однако, знать также воздействие, оказываемой конструкцией зданий и сооружений на поверхности. Поэтому для выполнения оценки опасности разжижения грунта на поверхности на основе результатов применения методики F_L , была применена методика P_L , предлагаемая Iwasaki и соавторами (1982).

P_L был рассчитан с использованием следующей формулы:

$$P_L = \int_0^{20} F \bullet w(z) dz$$

$$F = 1.0 - F_L \quad (F_L < 1.0)$$

$$F = 0.0 \quad (F_L > 1.0)$$

$$w(z) = 10.0 - 0.5z$$

P_L : степень опасности разжижения грунта

F_L : модуль сопротивления разжижению грунта

$w(z)$: весовой коэффициент для глубины

z : глубина (м)

Ниже приведены критерии оценки:

$15 < P_L$ опасность высокая

$5 < P_L < 15$ опасность довольно высокая

$0 < P_L < 5$ опасность довольно невысокая

$P_L = 0$ опасность низкая

5.5.2 Целевые геологические пласты и назначение переменных

(1) Целевые геологические пласты

В соответствии со «Спецификациями для мостов на автодорогах» (2002) (см. список литературы), была выполнена оценка пластов, соответствующих перечисленным ниже условиям.

Случай осадочных пород аллювиального происхождения

- уровень грунтовых вод находится на глубине менее 10 м от поверхности грунта, причем зона насыщения влагой находится на глубине менее 20 м.
- пласты, в которых содержание мелкозернистых фракций (Fc) составляет не более 35%, или пласты, где даже в случае превышения показателем Fc 35% коэффициент пластичности грунта Ip составляет не более 15.
- делювиальные формации со средним размером зерен D₅₀ не более 10 мм, и в которых при этом 10% весового состава D₁₀ приходится на фракции с размером зерен не более 1 мм.

Случай делювиальных отложений

- пласты с низкой величиной N, а также нелитифицированные пласты.

Для нашего Изучения удовлетворяющими перечисленным выше условиям целевыми пластами для проведения оценки на предмет степени опасности разжижения грунта являются F_{mo}, F_{ms}, F_m и S.

(2) Задание переменных

Для оценки степени опасности разжижения грунта необходимы следующие переменные: величина N; плотность; средний гранулометрический состав (средний размер зерен); коэффициент содержания мелкозернистых фракций; коэффициент пластичности грунта. Подробнее относительно обработки соответствующих данных см. Главу 2.3. Сводные сведения по переменным указаны в Табл. 5.5.1.

Табл. 5.5.1 Переменные, используемые при оценке степени опасности разжижения грунта

Обозначение	V _s (м/сек)	Плотность (т/м ³)	D ₅₀ (мм)	F _c (%)	Ip	Величина N
F _{mo}	150	1.65	0.05	55	11	3
F _{ms}	250	1.80	0.05	55	10	14
F _m	$V_s = 338.090 + D \times 2.250$	$\rho = 1.651 + V_s \times 0.000710$	0.05	55	10	37
S	$V_s = 346.108 + D \times 2.353$	$\rho = 1.502 + V_s \times 0.001082$	1.00	10	10	55

V_s – скорость S-волн (м/сек); D – глубина (м); ρ – плотность (т/м³)

(3) Уровень грунтовых вод

Известно, что в последние годы уровень подземных вод в черте Алматы стремительно поднимается. В связи с этим использовались только данные измерений, выполненных не ранее 2004 г. С учетом аспекта безопасности, в качестве уровня грунтовых вод, требующегося для оценки опасности разжижения грунта, были взяты самые неглубокие уровни (см. Главу 2.3).

5.5.3 Результаты анализа

Степень опасности разжижения грунта была оценена на основании критериев для величины P_L , указанных в Табл. 5.5.2. Величина P_L служит критерием для оценки степени опасности разжижения поверхностного слоя. P_L рассчитывается из величины F_L – коэффициента сопротивления разжижению грунта на определенной глубине (формулу расчета P_L см. в 5.5.1(2)). Ниже приведены обобщенные результаты оценки опасности разжижения грунта. Кроме того, на Рис.5.5.1 приведена карта с результатами анализа.

- Хотя в целевой зоне Изучения грунтовые воды в целом залегают неглубоко, величина P_L в целом является малой, поэтому опасность разжижения грунта является низкой.
- Опасность разжижения грунта сравнительно высока в районе железнодорожного вокзала Алматы -1; если уровень грунтовых вод здесь в будущем повысится, то возникнет риск разжижения грунта.
- Так как результатов стандартных испытаний грунта на пенетрацию и результатов полевых испытаний получить не удалось, было использовано большое количество оценочных величин, а также величин, полученных пересчетом из других; поэтому следует обращать достаточное внимание на достоверность переменных в случае практического применения результатов выполненного анализа. В частности, практически отсутствуют данные разведочного бурения вдоль тех рек, где можно подозревать вероятность разжижения грунта; поэтому опасность разжижения грунта вдоль рек отрицать невозможно.

Табл. 5.5.2 Оценка степени опасности разжижения грунта и рекомендации

Степень опасности разжижения грунта	Критерий	Рекомендации
Высокая	$15 < P_L$	Необходима реконструкция/укрепление фундаментов
Довольно высокая	$5 < P_L < 15$	Желательна реконструкция/укрепление фундаментов Необходимо провести подробное обследование важных зданий и сооружений
Довольно низкая	$0 < P_L < 5$	Рекомендуется провести подробное обследование важных зданий и сооружений
Низкая	$P_L = 0$	(Можно предположить воздействие в случае возникновения разжижения грунта)

На рис. 5.5.1 «Тип 1» означает землетрясение, очаг которого расположен на краю тектонической плиты, а также крупномасштабное землетрясение; «Тип 2» означает землетрясение, очаг которого находится во внутренней части тектонической плиты (см. рис. 5.5.1(1)). Целевое землетрясение данного Изучения относится к «Типу 2». На названном рисунке показано, что в случае землетрясения «Типа 1» опасность разжижения грунта в северных районах города является *низкой*, причем выразить относительные различия внутри этой зоны по признаку различия в степени такой опасности возможным не представляется. В этой связи в качестве справочного материала приведены итоги анализа по сценарию землетрясения «Типа 1». Из карты, иллюстрирующей итоги анализа по сценарию

землетрясения «Типа 1», понятно, что относительно высокой опасностью разжижения грунта является в районе ж/д станции «Алматы-1».

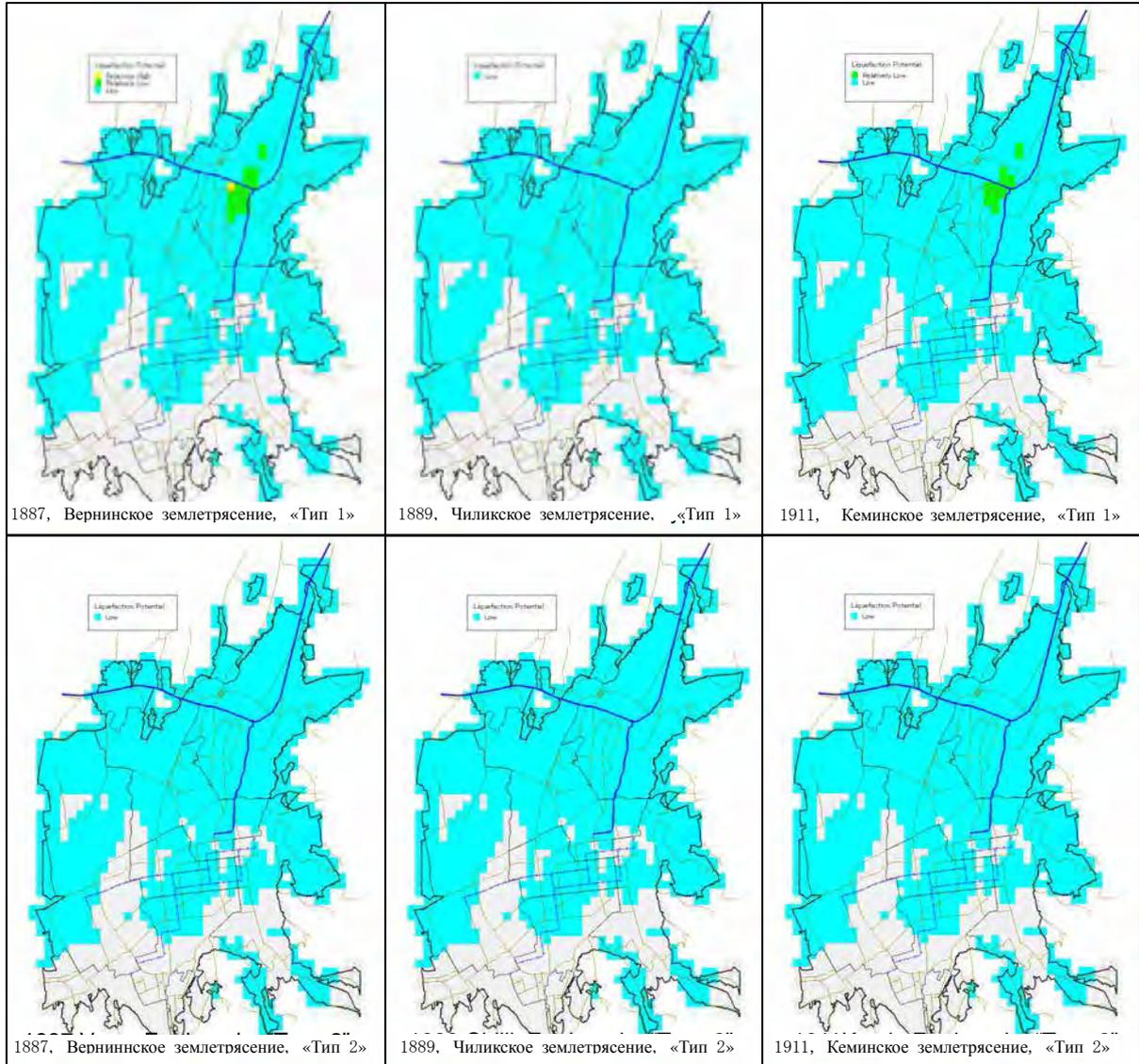


Рис.5.5.1 Результаты предположительной оценки степени опасности разжижения грунта (в данном Изучении за целевое сценарное землетрясение взято землетрясение «Типа 2», с очагом во внутренней части тектонической плиты)

Литература

- Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanebe S., Yasuda S., and Sato H., (1982): Microzonation for Soil Liquefaction Potential Using Simplified Methods, Proceeding of 3rd International Conference on Microzonation, Seattle, Vol. 3, pp. 1319-1330.
- Japan Road Association (2002): Specification for Highway Bridges, Part V Earthquake Resistant Design.

5.6 Оценка склонов

5.6.1 Последовательность выполнения оценки

Оценка склонов в целевой зоне Изучения была произведена следующим образом.

- (1) Были рассмотрены результаты выполненного Управлением МПГОиЧС г. Алматы исследования степени опасности на склонах (название работы: «Составление прогнозной инженерно-геологической карты опасных геологических процессов города Алматы и предгорий Заилийского Алатау»).
- (2) Оценка склонов (на основании вышеуказанного рассмотрения существующих материалов и проведения дополнительных исследований)
- (3) Выдвижение рекомендации в отношении дальнейших контрмер

5.6.2 Рассмотрение результатов прежних исследований

В ходе предыдущих исследований были проведены следующие работы по выявлению и обследованию опасных склонов:

- (1) Выявление неустойчивых склонов (по результатам аэрофотосъемки, по предыдущему опыту)
- (2) Оценка степени опасности (на основании топографических и геологических особенностей)
- (3) Инвентаризация (составление паспортов) земельных участков (посредством обследования на месте)

Ниже приведены замечания Группы ЛСА по поводу вышеуказанных выявленных и обследованных опасных участков.

Относительно (1).

- Неустойчивые топографические объекты на территории города в основном выявлены
- При этом, однако, не выявлена часть участков с резким уклоном, где может возникнуть проблема неустойчивости грунта в ходе дальнейшего продвижения градостроительства, а также часть склонов, сложенных несвязанными грунтами.

Относительно (2)

- В целом, оценка степени опасности выполнена.
- Для ясного указания приоритетных районов необходимо сузить число рубрик оценки, прояснить критерий оценки по каждой рубрике, дать графическое выражение результатов оценки.

Относительно (3)

- В ведомостях инвентаризации участков указаны подробные результаты наблюдений на выявленных точках.
- В ведомостях инвентаризации необходимо ясно указывать механизм перехода склонов в неустойчивое состояние, а также направленность дальнейших контрмер.
- В ведомостях инвентаризации следует ясно указывать классификацию по степеням

опасности, а также приоритеты дальнейших контрмер.

5.6.3 Оценка склонов по результатам рассмотрения прежних исследований, а также проведенного дополнительного Изучения

(1) Общая топографическая и геологическая характеристика

В отчетах ранее выполненных исследований топография и геология района Алматы в легко понятной форме обобщена на картах классификации склонов, на геологических картах и т.д. Согласно этим материалам, территория района Алматы по своим топографическим и геологическим характеристикам, связанным с безопасностью склонов, в целом может быть подразделена на горную зону, зону предгорий и равнинную зону. Особенности каждой зоны обобщены в Табл. 5.6.1.

Табл. 5.6.1 Топографические и геологические зоны, выделенные в связи с вопросом об устойчивости склонов

Горная зона	
Рельеф	<ul style="list-style-type: none"> • Высота над уровнем моря – от 1600 м и выше, крайне неровный рельеф • Свыше половины территории приходится на склоны с уклоном более 25° • Местами встречаются склоны с уклоном более 45°
Геология	<ul style="list-style-type: none"> • Скальные породы из прочных позднепалеозойских гранитов, имеющих кластерную структуру. • На поверхности местами встречаются нелитифицированные отложения четвертичного периода кайнозойской эры, основным компонентом которых являются сравнительно неглубокие осыпи.
Неустойчивые участки, имеющие уклон	<ul style="list-style-type: none"> • Обрушения и обвалы склонов, сложенных скальной породой; дезинтеграция и оползни на склонах, сложенных нелитифицированными осадочными породами.
Зона предгорий	
Рельеф	<ul style="list-style-type: none"> • Высота над уровнем моря – 1000~1600 м. Рельеф сравнительно неровный. Эрозия почвы. • Свыше половины территории занимают склоны с уклоном 10~25°
Геология	<ul style="list-style-type: none"> • Довольно плотные нелитифицированные отложения нижнечетвертичного периода кайнозойской эры, в основном образованные наносами • Хотя в большинстве случаев грунтовые воды залегают глубоко, там, где слой грунтовых вод залегает близко от поверхности и осадочные отложения являются влагонасыщенными, наблюдается снижение прочности грунта. • Грунты сравнительно легко подвержены эрозии под воздействием поверхностных вод.
Неустойчивые участки, имеющие уклон	<ul style="list-style-type: none"> • Характерны обрушения и оползни нелитифицированных осадочных пород • На осваиваемых/застраиваемых территориях склоны часто приходят в неустойчивое состояние в результате ненадлежащей срезки грунта и/или сооружения земляных насыпей
Равнинная зона	
Рельеф	<ul style="list-style-type: none"> • Высота над уровнем моря до 1000 м. Основную часть зоны занимают равнины. • В местах протекания крупных рек встречаются крутые склоны, созданные речной эрозией.
Геология	<ul style="list-style-type: none"> • Очень слабо уплотненные нелитифицированные осадочные породы верхнечетвертичного периода кайнозойской эры • Основным компонентом осадочных отложений являются илестые наносы. Часто содержатся характерные для конуса выноса галька и песок . • При достижении влагонасыщения илестых или песчаных грунтов прочность грунтов снижается. Грунты легко подвержены эрозии под воздействием поверхностных вод.
Неустойчивые участки, имеющие уклон	<ul style="list-style-type: none"> • Характерны обрушения нелитифицированных осадочных пород на крутых склонах вдоль рек.

На Рис.5.6.1 вышеуказанное зонирование показано как вид с птичьего полета, а на Рис.5.6.2 – в форме геологического разреза.

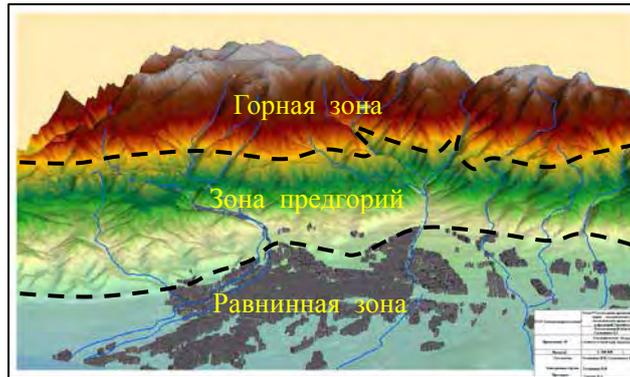


Рис.5.6.1 Топографическое и геологическое зонирование: вид с птичьего полета

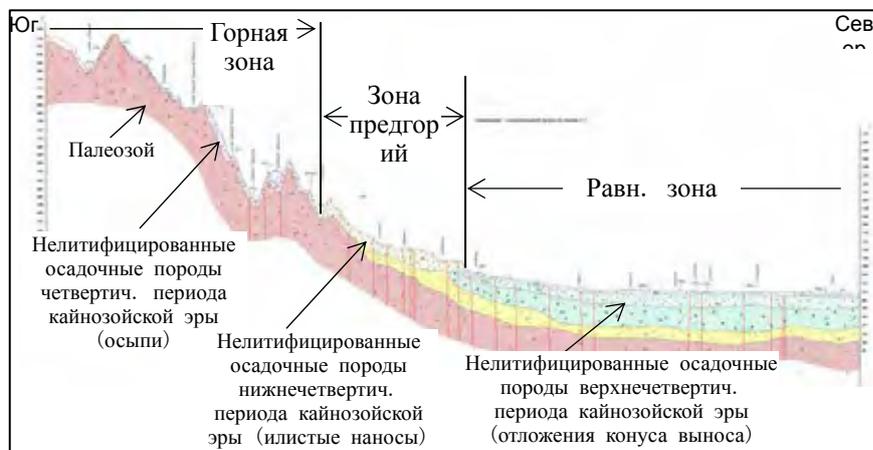


Рис.5.6.2 Топографическое и геологическое зонирование: геологический разрез

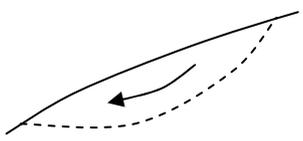
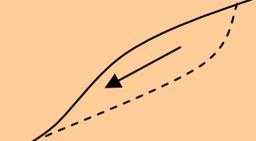
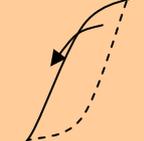
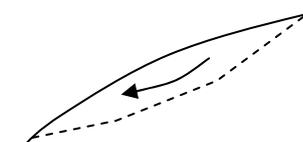
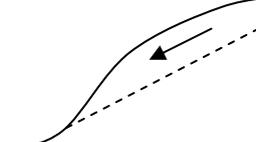
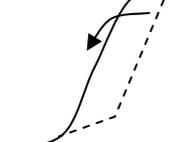
(2) Систематизация итогов рассмотрения существующих материалов и проведенных дополнительных исследований

Объектами рассмотрения и дополнительного обследования стали места, по которым в ходе прежних исследований была составлена документация инвентаризации. Итоги этой деятельности были систематизированы по указанным ниже рубрикам. В Табл. 5.6.7 (Обзорная таблица результатов рассмотрения предшествующих оценок склонов и их дополнительного обследования) приведены сводные итоги по всем рубрикам.

1) Виды бедствий на склонах

Для проведения эффективных мер в отношении неустойчивых склонов необходимо прояснить механизм формирования их неустойчивости. В этой связи была предпринята классификация бедствий на склонах, на основании 2 рубрик – угла наклона и геологического строения склона. При этом основное внимание было обращено на механизм формирования неустойчивости (Табл. 5.6.2 Классификация видов бедствий на склонах).

Табл. 5.6.2 Классификация видов бедствий на склонах

Уклон Порода	Небольшой (1)	Средний (2)	Большой (3)
Грунт (S)	Оползень (S1) 	Обрушение грунта (S2) 	Обвал грунта (S3) 
Скальная порода (R)	Сползание скальной породы (R1) 	Обрушение скальной породы (R2) 	Обвал скальной породы (R3) 

В районе Алматы сравнительно мало выходов скальной породы на поверхность, и широко распространены илистые грунты, имеющие довольно низкую вязкость. Поэтому на склонах чаще всего возникают такие бедствия, как обрушение грунта (S2) и обвал грунта (S3).

Распределение видов бедствий, возникающих на склонах, показано на Рис.5.6.3 (Карта распределения видов бедствий, возникающих на склонах).

2) Объекты охраны

Для вынесения оценки о степени опасности бедствия необходимо, прежде всего, уяснить целевые объекты охраны. Такими объектами были заданы реки, жилые дома и дороги.

3) Предрасполагающие топографические факторы

В качестве предрасполагающих топографических факторов было взято топографическое и геологическое зонирование (см. предыдущий пункт), а также показатели уклона.

4) Предрасполагающие геологические факторы

С учетом отчетов ранее предыдущих исследований, в качестве предрасполагающего геологического фактора рассматривалась геологическая структура склонов.

С точки зрения геологии, подверженные бедствиям склоны относятся к типам «deg Q III-IV» (поверхностные слои горной зоны, сложенные осыпными осадочными отложениями) и «fQ I» (илистые осадочные отложения верхнечетвертичного периода в зоне предгорий). В частности, при достижении влагонасыщения прочность обладающих низкой вязкостью илистых отложений предгорий (fQ I), снижается, что становится фактором перехода склона в неустойчивое состояние.

5) Масштабы

Были зарегистрированы высота, длина и ширина неустойчивых склонов, а также толщина неустойчивых массивов грунта. На основании этих данных был рассчитан вес

предполагаемых массивов неустойчивого грунта. Размеры неустойчивого склона прямо связаны с масштабом бедствия и являются поэтому важным элементом оценки.

б) Иницирующие факторы

Иницирующие факторы были подразделены на *природные* и *антропогенные*, и было зарегистрировано содержание каждой группы факторов. Природными иницирующими факторами являются, в основном, следующие: крутизна склонов; слабость грунтов; подземные воды; поверхностные воды. В районе Алматы, в частности, во многих случаях иницирующим фактором является речная эрозия. Антропогенные факторы отличаются разнообразием и включают протечки водопроводов, ненадлежащую выемку грунта, строительство обладающих недостаточным уплотнением земляных насыпей, и т.д. Причинами антропогенных факторов являются недостаточное понимание субъектами, ведущими застройку и хозяйственное освоением территории, рисков бедствий на склонах, а также изъяны в функционировании системы административного руководства реализацией проектов. Необходимо срочное принятие соответствующих коррекционных мер.

(2) Оценка рисков бедствий на склонах

Для количественной оценки устойчивости склонов при землетрясении необходимо выполнить подробную топографическую съемку, вести наблюдение за уровнем подземных вод, рассчитать геологические константы (адгезионную способность, угол внутреннего трения, плотность), затем рассчитать устойчивость и т.д.

Хотя подробные данные для расчета устойчивости склонов собраны не были, исходя из соображения об отсутствии больших относительных различий между рисками при землетрясении и рисками в нынешних условиях, была произведена оценка рисков на настоящий момент. Целью при этом ставилось определиться с дальнейшими контрмерами. Была выполнена оценка риска по каждому из следующих 3 факторов: предполагаемому масштабу бедствия; предполагаемой частоте возникновения бедствия; объектам охраны. На основе этих частных оценок была выведена комплексная оценка.

Критерии оценки риска по каждому фактору и критерии комплексной оценки указаны в Табл. 5.6.3 ~ 5.6.5.

Табл. 5.6.3 Критерии оценки масштаба предполагаемого бедствия

Оценка	Предполагаемый масштаб бедствия
A	10 000 м ³ и более
B	1 000 м ³ ~ 10 000 м ³
C	менее 1 000 м ³

Табл. 5.6.4 Критерии оценки частоты возникновения бедствия

Оценка	Частота возникновения бедствия (историческая)
a	Часто возникало в прошлом. Или же, случилось совсем недавно.
b	Случалось в прошлом.
c	Сведений о возникновении в прошлом не имеется.

Табл. 5.6.5 Критерии оценки объектов охраны

Оценка	Объекты охраны
1	Участки, на которых имеются коммунальные объекты, важные объекты инженерно-коммунальной инфраструктуры; участки, на которых имеется много жилых домов
2	Участки, через которые проходят дороги; участки, на которых стоят несколько жилых домов
3	Реки, горные леса и т.д.; территории, на которых жилых домов мало, или где жилые дома отсутствуют

Табл. 5.6.6 Матрица комплексной оценки

	А			В			С		
	а	б	с	а	б	с	а	б	с
1	Выс	Выс	Выс	Выс	Ср	Ср	Выс	Ср	Низ
2	Выс	Выс	Ср	Ср	Ср	Низ	Ср	Низ	Низ
3	Выс	Ср	Ср	Ср	Низ	Низ	Низ	Низ	Низ

Результаты оценки рисков приведены в Табл. 5.6.7 и 5.6.4.

Как видно из Табл. 5.6.7, практически все аварийные склоны, оценка риска возникновения бедствия на которых высокая, приходили в неустойчивое состояние под воздействием антропогенных факторов. Поэтому для того, чтобы деятельность по освоению и застройке склонов не приводила к бедствиям, в дальнейшем наряду с реализацией мер по приведению склонов в устойчивое состояние следует добиваться более глубокого понимания субъектами застройки и хозяйственного освоения склонов существующих здесь рисков, а также добиваться надлежащего функционирования системы контроля за реализацией проектов.

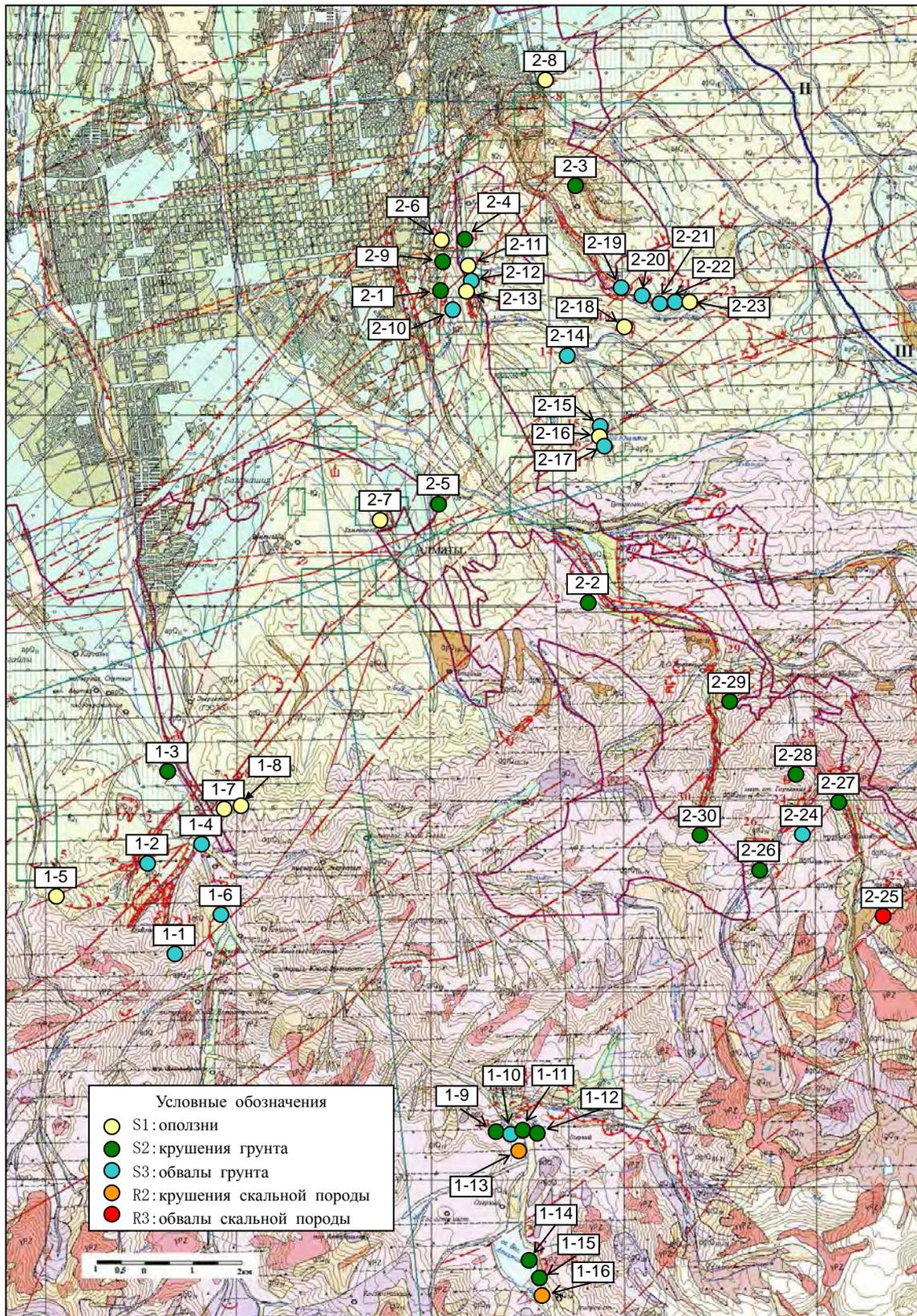


Рис.5.6.3 Карта распределения бедствий на склонах, с разбивкой по видам бедствий

Табл. 5.6.7 Обзорная таблица (результаты исследования существующих материалов по оценке склонов; итоги дополнительных исследований)

Бассейн р. Большая Алматинка

№	а) Виды бедствий на склонах	б) Объект охраны	е) Топографические факторы		д) Геологические факторы	е) Масштаб					ф) Иницирующие факторы			Вынесение заключения о риске				
			Рельеф	Уклон (°)		Высота (м)	Длина (м)	Ширина (м)	Толщина слоя (м)	Размер массива грунта (м ³)	Природн.	Антропоген.	Содержание	Масштаб склона	Частота возникновения	Объект охраны	Оценка риска	
1-1	S3	Обвал грунта	Река	Горный район	60	degQ III-IV	300	-	400	10	1 000 000	○	-	Речная эрозия	A	a	3	Выс.
1-2	S3	Обвал грунта	Река	Район предгорий	60	fQ I	18-25	-	80	3	6 000	○	-	Речная эрозия	B	a	3	Средн.
1-3	S2	Обвал грунта	Река	Район предгорий	20-30	fQ I	-	30	12	5-8	1 000	-	○	Протечка из водопровода	B	a	3	Средн.
1-4	S3	Обвал грунта	Река	Район предгорий	60	fQ I	-	100	50	0,5	2 500	○	-	Речная эрозия	B	a	3	Средн.
1-5	S1	Оползень	Жилые дома	Район предгорий	25-30	fQ I	-	70-80	20-40	4-5	16 000 (1 500)	-	○	Протечка из водопровода	A	c	1	Выс.
1-6	S3	Обвал грунта	Река	Горный район	60-80	degQ III-IV	25-30	-	300	0,5	4 500	○	-	Речная эрозия, создание земляной насыпи	B	a	3	Средн.
1-7	S1	Оползень	Жилые дома	Район предгорий	35	fQ I	100	200	250	5	250 000 (100 000)	○	-	Выемка грунта на участке	A	b	1	Выс.
1-8	S1	Оползень	Жилые дома	Район предгорий	35	fQ I	200	450	400	5	900 000 (500 000)	○	-	Выемка грунта на участке	A	b	1	Выс.
1-9	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	60	degQ III-IV	20	100	30	0,5	1 500 (1-5)	○	-	Выемка грунта под дорогу	B	b	2	Средн.
1-10	S3	Обвал грунта	Дорога, река	Горный район	60-70	degQ III-IV	50	70	50	0,5	1 750	○	-	Речная эрозия	B	a	2	Средн.
1-11	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	60	degQ III-IV	20	50	30	0,5	750 (100)	○	-		C	b	2	Низкий
1-12	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	60-70	degQ III-IV	20	50	30	0,5	750 (100)	○	-		C	b	2	Низкий
1-13	R2	Крушение скальной породы	Река	Горный район	60-70	degQ III-IV	250	250	100	0,5-1	25 000 (100-200)	○	-		B	b	3	Низкий
1-14	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	60	degQ III-IV	10	50	15	0,3	225 (100)	○	-	Выемка грунта под дорогу	C	b	2	Низкий
1-15	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	60	degQ III-IV	10	50	15	0,3	225 (1-5)	○	-	Выемка грунта под дорогу	C	b	2	Низкий
1-16	R2	Крушение скальной породы	Дорога	Горный район	60-70	degQ III-IV	30	50	15	0,3	225 (500)	○	-	Выемка грунта под дорогу	B	b	2	Средн.

Бассейн р. Малая Алматинка

№	а) Виды бедствий на склонах	б) Объект охраны	с) Топографические факторы		д) Геологические факторы	е) Масштаб					ф) Иницирующие факторы			Вынесение заключения о риске				
			Рельеф	Уклон (°)		Высота (м)	Длина (м)	Ширина (м)	Толщина слоя (м)	Размер массива грунта (м ³)	Природн.	Антропоген.	Содержание	Масштаб склона	Частота возникновения	Объект охраны	Оценка риска	
2-1	S2	Обвал грунта	Жилые дома, дорога	Район предгорий	35-40	fQ I	-	200	100	5	100 000	○	-		A	b	1	Выс.
2-2	S2	Обвал грунта	Река	Горный район	30-40	degQ III-IV	-	150	40	2-3	20 000	○		Речная эрозия	A	b	3	Средн.
2-3	S2	Обвал грунта	Дорога	Район предгорий	40-45	fQ I	18-20	-	30	2-3	1 000	○	-		B	b	2	Выс.
2-4	S2	Обвал грунта	Жилые дома	Район предгорий	25-30	fQ I	30	-	5-7	1-2	1 000	-	○	Протечка из водопровода	B	a	1	Выс.
2-5	S2	Обвал грунта	Жилые дома	Район предгорий	25-30	fQ I	-	40	10-12	4-6	1 200	-	○	Протечка из водопровода	B	a	1	Выс.
2-6	S1	Оползень	Дорога, жилые дома	Район предгорий	-	Земляная насыпь	-	60	30	-	1 500	-	○	Недостаточное уплотнение земляной насыпи	B	a	1	Выс.
2-7	S1	Оползень	Дорога, жилые дома	Район предгорий	-	Земляная насыпь	-	80	60	-	10 000	-	○	Недостаточное уплотнение земляной насыпи	A	a	1	Выс.
2-8	S1	Оползень	Жилые дома	Район предгорий	25-30	fQ I	-	60	30	3-5	3 000				B	a	1	Выс.
2-9	S2	Обвал грунта	Жилые дома	Район предгорий	25-35	fQ I	-	50	10-12	2-3	1 000	-	○	Протечка из водопровода	B	a	1	Выс.
2-10	S3	Обвал грунта	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	-	10	20	0,3	10	○	-		C	b	2	Низкий
2-11	S1	Оползень	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	10	-	30	0,5	10	○	-	Речная эрозия	C	b	2	Низкий
2-12	S3	Обвал грунта	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	-	10	30	0,5	10	○		Выемка грунта под дорогу	C	b	2	Низкий
2-13	S1	Оползень	Река	Район предгорий	60	fQ I	-	20	10	0,5	200	○	-	Речная эрозия	C	b	3	Низкий
2-14	S3	Обвал грунта	Река	Район предгорий	60	fQ I	100	30	200	5	50 000				A	b	3	Средн.
2-15	S3	Обвал грунта	Река	Район предгорий	60	fQ I	10	30	20	0,5	100	○	-		C	b	3	Низкий
2-16	S1	Оползень	Река	Район предгорий	40	fQ I	200	500	700	10	1 000 000				A	b	3	Средн.
2-17	S3	Обвал грунта	Река	Район предгорий	60	fQ I	30	70	30	1	1 000				B	b	3	Низкий
2-18	S1	Оползень	Река	Район предгорий	60	fQ I	-	200	150	5	150 000	-			A	b	3	Средн.
2-19	S3	Обвал грунта	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	-	400	150	5	300 000	-	○	Протечка из водопровода	A	c	2	Средн.
2-20	S3	Обвал грунта	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	-	10	30	0,5	10	○		Выемка грунта под дорогу	C	c	2	Низкий
2-21	S3	Обвал грунта	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	-	15	50	0,5	10	○		Выемка грунта под дорогу	C	c	2	Низкий
2-22	S3	Обвал грунта	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	-	50	30	2	1 000	○		Выемка грунта под дорогу	B	c	2	Низкий
2-23	S1	Оползень	Дорога	Район предгорий	60	fQ I	50	200	50	2	10 000	○		Выемка грунта под дорогу	A	c	2	Средн.
2-24	S3	Обвал грунта	Река	Горный район	60-70	degQ III-IV	20	30	300	0,5-1,5	1 000	○	-	Речная эрозия	B	a	3	Средн.
2-25	R3	Крушение скальной породы	Дорога	Горный район	60-70	degQ III-IV	10	15	30	0,5	20	○	-		C	b	2	Низкий
2-26	S2	Обвал грунта	Река	Горный район	35	degQ III-IV	150	200	10	0,5	500	○	-		C	a	3	Средн.
2-27	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	35	degQ III-IV	-	150	10	0,5	500	○	-		C	c	2	Низкий
2-28	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	40	degQ III-IV	-	30	10	0,3	100	○	-		C	b	2	Низкий
2-29	S2	Обвал грунта	Дорога	Горный район	30	degQ III-IV	20	30	2-5	1-1,5	80	○	-		C	b	2	Низкий
2-30	S2	Обвал грунта	Река	Горный район	35-40	degQ III-IV	-	-	-	1-1,5	-	○	-		C	a	3	Низкий

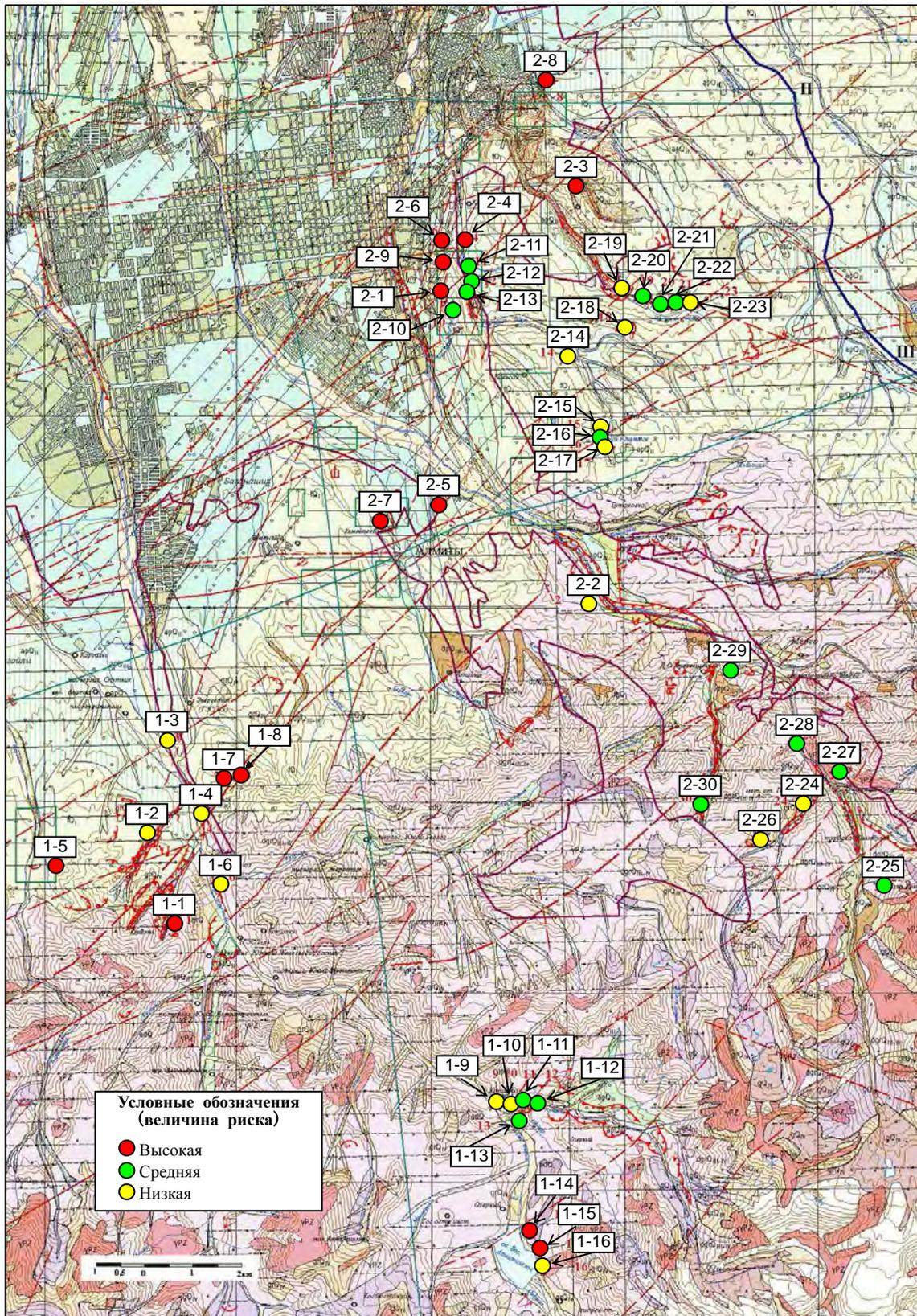


Рис.5.6.4 Результаты оценки риска на аварийных склонах

5.6.4 Рекомендации по принятию превентивных мероприятий

Индивидуальные мероприятия в отношении бедствий на склонах, по которым составлены ведомости инвентаризации, необходимо утверждать в соответствии с ситуацией на каждом конкретном склоне. Что же касается общих рекомендуемых мероприятий, то они обобщены в последующих пунктах с разбивкой на случаи, вызванные антропогенными и природными факторами.

Общее содержание предлагаемых мероприятий обобщено в Табл. 5.6.8.

Табл. 5.6.8 Общее содержание контрмер

Мероприятия в отношении антропогенных факторов
<ul style="list-style-type: none"> • Устранение негативных антропогенных факторов (в частности, контрмеры в отношении протечек водопроводов и недостаточного уплотнения грунта земляных насыпей)
<ul style="list-style-type: none"> • Ужесточение законодательства и административных процедур, внедрение страхования и т.д. (меры системно-организационного характера, имеющие профилактическую направленность)
<ul style="list-style-type: none"> • Меры в системно-организационном и материально-вещественном аспектах, соответственно степени риска (с учетом природных факторов)
Мероприятия в отношении природных факторов
<ul style="list-style-type: none"> • Мероприятия в отношении речной эрозии (в основном – меры системно-организационного характера)
<ul style="list-style-type: none"> • Основные мероприятия (в соответствии со степенью риска) <ul style="list-style-type: none"> • Высокий риск: подробное изучение, мероприятия в материально-вещественном аспекте (в основном – инженерно-строительные работы по борьбе с бедствиями), мониторинг соответственно необходимости • Средний риск (наличие опасности расширения бедствия): мероприятия материально-вещественного характера по предотвращению расширения бедствия (проводятся на основе упрощенного обследования); мониторинг • Средний риск (опасность расширения бедствия отсутствует): мониторинг • Низкий риск: мероприятия системно-организационного характера
<ul style="list-style-type: none"> • Мероприятия в соответствии с типом бедствия <ul style="list-style-type: none"> • Тип S1: мероприятия в отношении непрерывных медленных динамических процессов • Тип S2 / Тип R2: мероприятия в отношении непрерывных достаточно быстрых динамических процессов • Тип S3 / Тип R32: мероприятия в отношении разовых стремительных динамических процессов
<ul style="list-style-type: none"> • Мероприятия системно-организационного характера <ul style="list-style-type: none"> • Агрегирование информации о бедствиях на склонах, выполнение подробной оценки степени риска • Формирование нормативно-правовой инфраструктуры (законодательное указание опасных склонов / регламентация действий по хозяйственному использованию и застройке / обеспечение наличия источников финансовых средств) • Оповещение об опасных склонах и ведение мониторинга; создание системы передачи информации и системы эвакуации

(1) Мероприятия в отношении воздействия антропогенных факторов

В случаях, когда антропогенные факторы ясно выявлены, их необходимо устранять. В частности, если аварийная ситуация возникла в результате протечек водопроводов или недостаточного уплотнения грунта искусственных земляных насыпей, то необходимо выполнить укладку водопроводов должным образом и укрепить насыпи дополнительно. Если аварийная ситуация сложилась в результате выемки грунта, то к возникновению неустойчивости склонов отношение имеют также и природные факторы, поэтому здесь соответственно степени риска следует принять меры по приданию склонам устойчивости – аналогично указанном в 5.6.4 (2) для случая воздействия природных факторов.

Для предотвращения повторного возникновения бедствий на склонах под действием аналогичных антропогенных факторов, следует предпринять следующие профилактические меры.

- В настоящее время основными антропогенными иницирующими факторами неустойчивости склонов являются протечки водопроводных труб, ненадлежащая выемка грунта, недостаточное уплотнение грунта искусственных земляных насыпей. Для блокирования этих антропогенных факторов следует разработать нормативно-правовые акты и правила, предотвращать незаконные действия. Можно, например, предложить следующие меры: прояснить процедуры лицензирования и выдачи разрешений на хозяйственное освоение и застройку склонов; прояснить вопрос об ответственности лицензирующих органов, а также об ответственности субъекта, ведущего хозяйственное освоение склона; опубликовывать результаты лицензирования, и т.д.
- Следует предпринять меры, обеспечивающие восстановление ущерба и предотвращение его повторного возникновения под ответственность субъекта хозяйственной деятельности, явившейся антропогенным фактором бедствия на склоне. Такие меры будут иметь также эффект предотвращения бедствий, вызываемых незаконными действиями. Для этого рекомендуется сформировать следующую систему.
- Для того, что заинтересованные организации и индивидуальные лица в достаточной степени понимали регулирующие нормы и правила, следует прояснить и опубликовать положения регулирующих норм и правил; определиться с тем, какие лица несут ответственность, и опубликовать эти сведения; ясно определить и опубликовать санкции к нарушителям.
- Утвердить процедуру сертификации того, что бедствие вызвано антропогенными факторами, и вынесения соответствующих оценок, а также назначить орган, который будет заниматься такой сертификацией и оценкой
- Для случаев, когда нарушитель не способен реализовать свою ответственность за нарушение, сформировать систему компенсации затрат на восстановление ущерба за счет страхования и государственных субсидий.

(2) Мероприятия в отношении воздействия природных факторов

Основными природными факторами неустойчивости склонов являются большая крутизна склонов, слабая геологическая структура грунта, а также негативное воздействие подземных и поверхностных вод.

Хотя мероприятия должны осуществляться применительно к конкретным ситуациям и в соответствии с результатами оценки риска, при принятии контрмер можно рекомендовать руководствоваться следующими принципами.

Высокая степень риска: проводится подробное изучение, выполняются конкретные строительные работы для предотвращения бедствия. Затем, соответственно необходимости, ведется мониторинг.

Средняя степень риска: при опасности расширения бедствия/ущерба – проводится упрощенное обследование, и выполняются инженерно-строительные работы с целью предотвращение расширения бедствия/ущерба.

Низкая степень риска: предпринимаются в основном контрмеры системно-организационного характера (ужесточение норм и правил; профилактические меры, и т.д.)

В отношении неустойчивости склонов, вызванной речной эрозией, рекомендуются следующие меры.

- Вдоль основных рек широко распространены зоны с крутыми склонами, образовавшимися под воздействием речной эрозии. Когда степень опасности низка (малое число объектов охраны, и т.д.), немедленное проведение полномасштабных мер по защите склонов затруднительно с точки зрения затрат времени и по экономическим причинам. Поэтому в отношении склонов, где риск высок, рекомендуется в экстренном порядке принять меры, указанные в 6.7.4 (3), а в отношении других склонов продвигать меры по двум следующим основным направлениям.

1) Ужесточение регламентирующих норм и правил

Ужесточить нормы и правила, регламентирующие строительство зданий и сооружений в 50-метровой зоне по обоим берегам основных рек. Для этого прояснить и опубликовать следующую информацию: рамки регламентирования, содержание регламентирования; лица, несущие ответственность; санкции к нарушителям.

2) Проведение мер системно-организационного характера (мониторинг, профилактические меры и т.д.)

Для проведения надлежащей политики в отношении аварийных склонов сформировать нормативно-правовую инфраструктуру, официально назвать целевые опасные районы. Вести мониторинг, чтобы находиться в курсе ситуации с изменением склонов и продвижением эрозии. Сформировать систему связи и эвакуации на случай бедствия. Жилые дома и др. объекты, расположенные в высоко опасных местах, заранее перенести в безопасные места.

Меры в отношении аварийных склонов, неустойчивость которых вызвана другими факторами, рекомендуется осуществлять в соответствии с видом бедствия и оценкой рисков, согласно указанному в 5. 6 (3).

(3) Мероприятия в соответствии с видом бедствия и оценкой риска

Для проведения эффективных мероприятий была выполнена классификация типов бедствий на склонах. При этом в центре внимания находился вопрос о механизме перехода склона в неустойчивое состояние. Хотя выбор конкретных мер должен осуществляться в соответствии с ситуацией на конкретном месте, можно указать следующий порядок для различных типов бедствий на склонах.

Причем при проведении защитных инженерно-строительных работ следует выполнить обследования/разведку, которые необходимы для планирования и проектирования работ.

1) Тип S1 (оползни)

Оползни часто возникают на сравнительно пологих склонах. Обычно для оползней характерна непрерывная и медленная динамика движения. Когда существует вероятность расширения масштабов бедствия/ущерба, а также когда степень опасности является высокой, необходимо немедленно предпринять контрмеры.

При проведении защитных работ выполняют инженерно-строительные работы и создают объекты из числа перечисленных ниже, в соответствии с ситуацией на конкретном склоне: подпирающая земляная насыпь в нижней части склона; удаление части грунта в верхней части склона; вбивание противооползневых свай, анкерных болтов; отвод поверхностных вод; отвод подземных вод (водоулавливающие колодцы, дренажное бурение); защита поверхности грунта (высаживание растений; защита строительным раствором; защита рамочными конструкциями) (Рис.5.6.5).

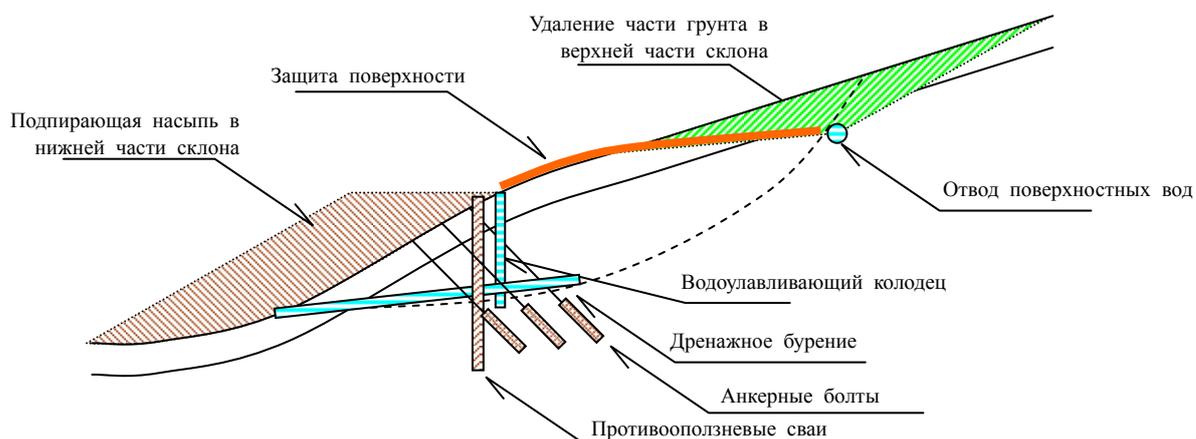
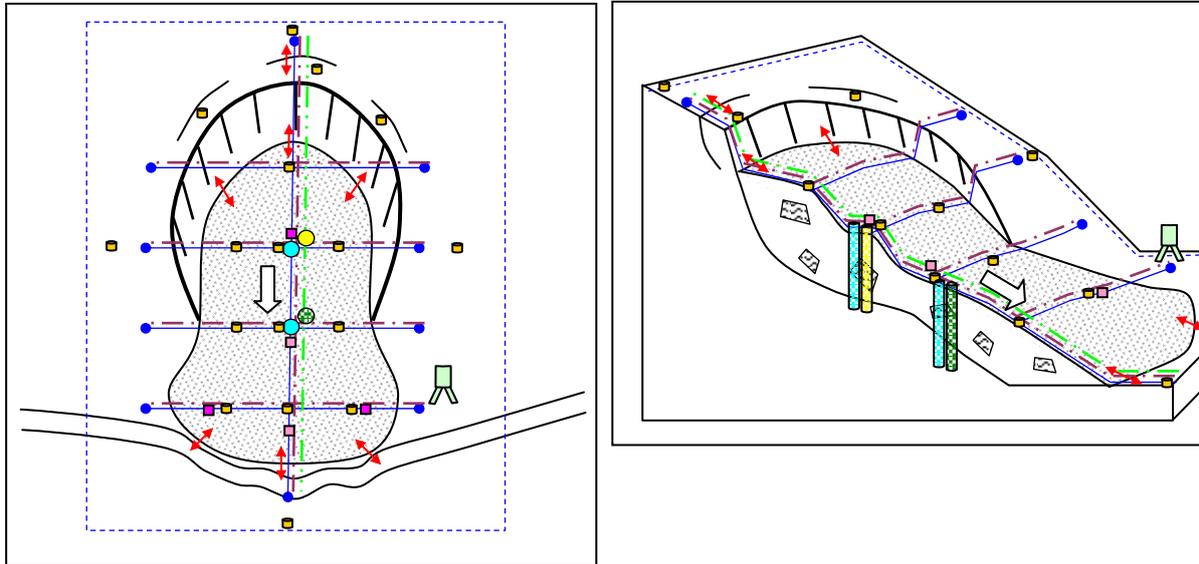


Рис.5.6.5 Инженерно-строительные меры борьбы с оползнями

В других случаях (в частности, в случае крупных оползней, риск при которых является средним или низким) для избежания ущерба рекомендуется вести мониторинг, по результатам которого осуществлять такие меры, как эвакуацию, закрытие проезда и т.д.

Особенности и рамки оползня (в частности, поверхность оползня) при мониторинге идентифицируют с помощью горизонтальной топографической съемки, профилирования,

сейсмической разведки с использованием упругих волн, электрической разведки, разведочного бурения и т.д. Устанавливают аппаратуру, подходящую для каждого конкретного оползня: скважинные инклинометры, грунтовые инклинометры, тензометры, внутрискважинные указатели уровня воды, экстензометры, мобильные измерительные сваи, дождемеры и т.д. (Рис.5.6.6).



Условные обозначения

	Рамки горизонтальной топографической съемки
	Линии сейсморазведки упругими волнами
	Буровые скважины (установка экстензометров)
	Буровые скважины (установка указателей уровня воды)
	Грунтовые инклинометры
	Метки для измерения с помощью мобильных свай
	Линии съемки профилей
	Линии электрической разведки
	Буровые скважины (установка инклинометров)
	Экстензометры
	Дождемеры
	Направление движения оползня

Рис.5.6.6 Мониторинг оползней

2) Бедствия типа S2 (обрушения грунта) и R2 (обрушения скальной породы)

Такие бедствия часто возникают на довольно крутых склонах. Динамика бедствий этих типов прерывистая, довольно стремительная. Когда существует вероятность расширения бедствия/ущерба, а также когда степень опасности высока, необходимо немедленно принимать контрмеры.

В случае выполнения защитных инженерно-строительных работ производятся работы, сходные с указанными выше в отношении оползней и указанными ниже в отношении обвалов грунтовой породы. Решение о конкретных мерах принимается применительно к конкретной ситуации на месте. На крутых склонах эффект от подпирания насыпей и удаления грунта в верхней части склона в некоторых случаях может быть незначительным.

Когда степень опасности средняя или низкая, а вероятность расширения бедствия/ущерба отсутствует, ведут мониторинг с целью идентификации изменений склона. Для мониторинга используют экстензометры, тензометры, инклинометры и т.д. Когда скорость смещения неустойчивого склона высока, необходимо внедрить систему оповещения, позволяющую оперативно предпринять эвакуацию, перекрыть дороги и принять др. меры по предотвращению ущерба. Кроме того, необходимо проводить тренинги для обеспечения гладкого движения людей и автотранспорта при эвакуации.

3) Бедствия типа S3 (обвалы грунта) и R3 (обвалы скальной породы)

Такие бедствия часто возникают на крутых склонах. Динамика грунта или скальной породы при этом имеет чаще всего разовый стремительный характер. Когда степень опасности таких бедствий высока, необходимо немедленно принимать контрмеры.

При проведении защитных инженерно-строительных мероприятий выполняют работы из следующего перечня, соответственно ситуации на конкретном склоне: удаление неустойчивой части склона, укрепление склона анкерными болтами, отвод поверхностной воды со склона, отвод подземных вод (бурение дренажных скважин), защита поверхности склона (строительным раствором; анкерной сеткой; рамными конструкциями) (Рис.5.6.7).

Когда степень опасности средняя или низкая, а вероятность расширения бедствия/ущерба отсутствует, ведут мониторинг с целью идентификации изменений склона. Для мониторинга используют экстензометры, тензометры, инклинометры и т.д. В случае стремительного и неожиданного обвала можно не успеть с организацией эвакуации и перекрытием дорожного движения, поэтому эвакуацию и перекрытие дорог следует выполнять в соответствии с количеством выпавших осадков.

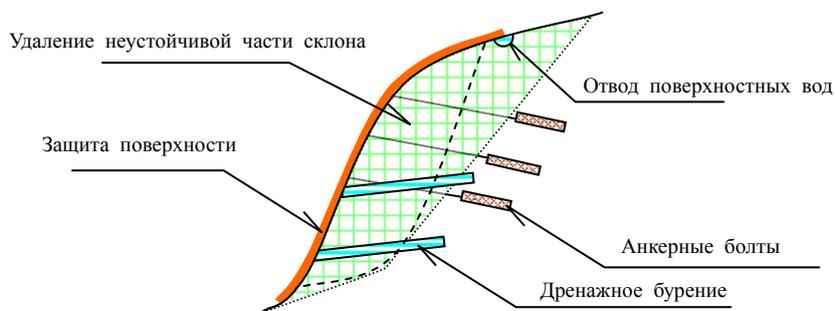


Рис.5.6.7 Инженерно-строительные меры борьбы с обвалами грунта

(4) Меры системно-организационного характера

В дополнение к изложенным в 5.6.4 (1) выше мерам системно-организационного характера, связанным с предотвращением бедствий, вызываемых антропогенными факторами, необходимо также внедрять системно-организационные меры в отношении бедствий, вызываемых природными факторами.

- Обобщение информации по бедствиям на склонах и выполнение подробной оценки опасности

Не идентифицирована часть имеющих несвязанную геологическую структуру крутых склонов, которые в ходе дальнейшего хозяйственного освоения и застройки могут прийти в неустойчивое состояние. В частности, в черте города вдоль основных рек необходимо идентифицировать опасные склоны, образовавшиеся под воздействием эрозии. По выявленным опасным склонам следует составить ведомости инвентаризации и, взяв за образец оценку риска, выполненную в ходе нынешнего Изучения, выполнить оценку риска на основе еще более детальных исследований. Результаты такой подробной оценки будут затем использованы в качестве справочного материала при официальном признании соответствующих склонов «опасными», о чем говорится в п. 5.7.

- Формирование нормативно-правовой инфраструктуры (официальное признание соответствующих склонов «опасными»; регламентация деятельности по хозяйственному освоению и застройке склонов; обеспечение источников финансирования)

Рекомендуется сформировать нормативно-правовую инфраструктуру, которая позволит гладко и беспрепятственно проводить соответствующие меры (официально закрепить за соответствующими склонами статус «опасных», регламентировать сопровождающиеся риском действия по хозяйственному освоению и застройке, обеспечить приоритетные источники финансирования контрмер, и т.д.)

- Информирование широкой публики об опасных склонах; мониторинг; формирование системы передачи информации и эвакуации

Помимо мер по предотвращению антропогенных бедствий, для минимизации ущерба от бедствий в случае их возникновения в дальнейшем следует информировать широкую публику об опасных склонах и вести мониторинг в соответствии с принятыми нормативно-правовыми актами, а также создать систему передачи информации и эвакуации. Для информирования широкой публики об опасных склонах рекомендуется опубликовывать чертежи этих склонов, устанавливать на местах информационные щиты и т.д. Данные измерений, полученные в ходе мониторинга, а также сделанные на их основании заключения о риске рекомендуется сообщать местным жителям и др. заинтересованным лицам, стимулируя их самостоятельную эвакуацию и деятельность по предотвращению бедствий.

5.7 Проблемные моменты анализа опасностей

Составление модели грунта

- Информации о грунте крайне недостаточно. В частности, в Казахстане практически не проводились эксперименты на месте.
- В отношении скорости S-волн: единственные данные, которые удалось получить – это результаты PS-зондирования в 15 точках, где ведется наблюдение за сильными

сейсмическими колебаниями.

- С использованием данных PS-зондирования в 15 точках, было выполнено моделирование структуры скорости S-волн. Результаты проведенного зондирования, однако, ограничивались глубиной 20 м.
- При предположительном определении скорости S-волн были использованы результаты лабораторных экспериментов. Надежность этих результатов, однако, невысока.

Анализ особенностей усиления сейсмических колебаний в поверхностном слое

- По причине недостаточности информации по грунтам, анализ сейсмической реакции осуществлен не был.
- По причине недостаточности информации по грунтам, при анализе не удалось отразить, например, подробной структуры изменений грунтов вдоль рек.

Анализ разжижения грунта

- Стандартные испытания грунта на пенетрацию в Алматы не проводились, значения величины N получены не было. Определение плотности грунта коническим пенетрометром (СРТ-тестирование) также не проводилось. Поэтому при анализе были использованы предположительные значения величины N.
- Предполагают, что происходят изменения состояния грунтов на участках вдоль рек. Информации по этому вопросу, однако, не имеется. По этой причине в анализе не удалось отразить изменений на участках вдоль рек.

По перечисленным выше причинам следует проявлять определенную осторожность в отношении применения вышеуказанных результатов в расчетах колебаний грунта и при анализе разжижения грунта.

Чтобы в дальнейшем задать информацию по грунтам с более высокой точностью, важно выполнить большой объем работ по разведке геофизическими методами, провести много испытаний на месте и аккумулировать полученные данные с целью их последующего надлежащего использования. В частности, настоятельно рекомендуется вести высокоточный мониторинг за V_s и другими параметрами, совершенно необходимыми при анализе сейсмических колебаний, аккумулировать и обновлять данные.