

## ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрены особенности сейсмического микрорайонирования (СМР) линейно-протяженных объектов (ЛПО). Эквивалентом карты СМР для ЛПО является попикетная таблица. Мощность грунтовой толщи, ответственной за сейсмические параметры, для ЛПО. Показана возможность определения скорости поперечных волн через инженерно-геологические характеристики грунта: модули деформации, плотности и коэффициенты Пуассона

**Ключевые слова:** сейсмическое микрорайонирование; линейно-протяженные объекты; попикетная таблица; мощность активной зоны.

Особенности инженерно-геологических изысканий, геофизические работы и сейсмическое микрорайонирование (СМР) линейно протяжных объектов (ЛПО), таких как трассы трубопроводов, автомобильные и железнодорожные магистрали, протяженные тоннели и т.п. настолько специфичны, что обсуждение составляет содержание настоящего сообщения.

Прежде всего, отметим основные особенности, отличающие ЛПО. Основная особенность заключается в самом названии - линейная протяженность объекта - будь то железная дорога, шоссе, трасса, нефтепровод и т.д. - намного превышает его поперечные размеры. Инженерные изыскания в таком случае сосредоточены вдоль узкой полосы, поперечник которой не превышает сотни метров. Детальность изысканий вдоль линейных объектов весьма высока, например, на 150 км трассы трубопроводной системы Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО) приходилось свыше 2500 шурфов и скважин.

В таком случае представление в виде карты весьма неэффективно. Более целесообразным в случае СМР ЛПО представляется использование таблиц с указанием местоположения участка и соответствующих инженерно-сейсмологических характеристик. Этого нет в нормативных документах, где на все случаи жизни требуется составление карт СМР. Но какой смысл карт, по существу, а не формально? В каждой точке площадки районирования определить сейсмическую интенсивность. Но это же достигается в случае ЛПО с использованием попикетной таблицы. Стало быть, в этом случае попикетную таблицу можно рассматривать как аналог карты. Нормативные документы, составленные свыше 25 лет тому назад, в данном вопросе отстали от требований жизни.

Большое значение в этом случае представляет принцип зонирования трассы на характерные участки. Например, такими характерными участками могут быть водораздельные повышенные участки и места пересечения достаточно широких рек.

Наконец, значительная протяженность ЛПО обуславливает изменчивость исходной сейсмичности различных участков трассы. Трасса зачастую пересекает районы, значительно различающиеся особенностями сейсмического режима, пересекает либо приближается к участкам активных разломов. Таким образом, если на

территории, по которым проходит трасса ЛПО, не имеется карт детального сейсмического районирования, то совершенно необходимо проведение исследований по уточнению исходной сейсмичности. Исходная сейсмичность вдоль трассы может быть рассчитана по программе *SEISRISK* или по подобным программам. Точность, с которой должна быть рассчитана исходная сейсмичность, должна быть не хуже 0,1 балла. В простейшем случае можно воспользоваться картами ОСР-97 [ Уломов В.И., Шумилина Л.С., 1998].

Еще одним моментом изысканий по трассе ЛПО, который требует специальных объяснений, является вопрос о мощности грунтовой толщи, принимаемой для расчётов приращения балльности. Эта величина должна соответствовать мощности активного слоя грунта, ответственного за формирование сейсмического сигнала грунтовыми условиями. Для таких "легких" сооружений как труба газо- или нефтепровода, трасса железной или автомобильной дороги и т.п., слабо пригружающих слой грунта, эта мощность может быть снижена до 5 м.

Для оценки влияния локальных условий на сейсмическую интенсивность при изысканиях под ЛПО как правило используется метод сейсмических жесткостей. При проведении сейсморазведочных работ по трассе ЛПО весьма эффективным и недорогим представляется использование методики SASW или MASW [Ишихара К., 2006].

Помимо экспериментально полученных значений скоростей поперечных волн, возможно оценивать значения скоростей  $V_s$ , используя косвенные приемы. При этом можно было использовать связь деформационных и упругих характеристик грунтов. В работе [Применение..., 1992] приводятся графики связи динамического модуля упругости и модуля деформации для дисперсных грунтов. Для глин, суглинков и песков эта связь может быть выражена соотношением  $E_{упр} = 20 E_{деф}$ , где  $E_{деф}$  - модуль деформации, а  $E_{упр}$  - динамический модуль упругости. Отсюда можно, используя выражение связи модуля упругости  $E$  и модуля сдвига  $G$ ,  $E = 2(1 + \sigma) G$ , где  $\sigma$  - коэффициент Пуассона для глин и суглинков равный 0,3, и подставив

$G = \rho V_s^2$  можно получить выражение для  $V_s$ :

$$V_s = \sqrt{\frac{10E_{деф}}{r(1+\sigma)}}.$$

Если  $E_{def}$  выражено в Па,  $\rho$  – в  $\text{кг/м}^3$ , то  $V_s$  получим в м/с.

В качестве параметров “среднего грунта” могут быть взяты значения  $V_s = 300$  м/с и плотность  $\rho = 1800$   $\text{кг/м}^3$ , соответственно средняя сейсмическая жесткость оценивалась величиной ( $\rho V_s$ ) =  $5,4 \cdot 10^5$   $\text{кг/с} \cdot \text{м}^2$ . Выбор в качестве определяющего параметра скорости поперечных волн был обусловлен тем, что при этом можно было не учитывать влияния обводненности грунта. Принятые параметры “среднего грунта” близки к соответствующим значениям, рекомендованным в Руководстве [Республиканские..., 1986].

Наконец, следует отметить, что при сооружении ЛПО, как правило, проводят определенные инженерные мероприятия по улучшению свойств самой верхней части грунтового массива, например, снимают верхний слой рыхлых грунтов или проводят фундирование рыхлого слоя. По этой причине рекомендуется проводить два варианта расчетов: с учетом неизменных свойств грунтовой толщи и после усиления ее несущей способности.

Особой и очень важной задачей при СМР ЛПО является учет опасных геологических процессов на участке исследований. Потенциально многообразие экзогенных геологических процессов для ЛПО связано с высокой степенью изменчивости климатических, геолого-структурных и рельефных условий вдоль трассы. В условиях высоко-, среднегорья с сильно пересеченным рельефом, возможно образование оползней, обвалов, осыпей, селей и лавин. В рыхлых четвертичных отложениях, покрывающие склоны, развиваются оползни-сплывы, оплывины, осыпи, приуроченные к слою сезонного промерзания – протаивания. На участках межгорных впадин и равнин (аллювиальных, озерных, озерно-аллювиальных) распространены заболачивание, овражная и речная эрозия, суффозия, эоловые процессы.

Оползни имеют в ряде случаев очень широкое распространение. Связано это с одной стороны с достаточно крутым рельефом, когда склоны

превышают  $10^\circ$ . Лишь на отдельных участках наблюдаются более крутые склоны. Другой причиной сравнительно широкого развития оползней является наличие мощного осадочного чехла на склонах возвышенностей.

Заболачивание на исследуемой территории в границах коридора, прилегающего к трассе, проявляется в виде болот и заболоченных земель. Заболоченными являются многие поймы крупных рек и их притоки, реке, надпойменные террасы. На значительной протяженности трассы болота и заболоченные земли располагаются в непосредственной близости от нее. Наибольшее распространение болота имеют в зонах неотектонических депрессий. При этом на склонах и водоразделах, на высоких террасах преобладают заболоченные земли. На поймах и низких террасах больше болот. Болота проявляются в повышении сейсмической интенсивности на участках, где в разрезе широко представлены достаточно мощные толщи торфяников. Обводнение, связанное с болотами, также повышает сейсмические воздействия, что отмечено при СМР.

Наибольшую опасность в регионах Северо-Востока России представляет наличие в ряде зон в толще грунтов участков с многолетнемерзлыми породами (ММП) и в особенности прослоев льда мощностью до 1 м и более. При неизбежном протаивании во время функционирования трубопроводной системы могут возникнуть деформации. На это надо обратить особое внимание.

#### Литература

- Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмостойкое строительство, 1998, № 4, С.30-34.
- Ишихара К. Поведение грунтов при землетрясениях. С-Пб.: 2006, 192 с.
- Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии. М., Недра, 1992, 260 с.
- Республиканские строительные нормы. РСН- 60-86, М., Стройиздат, 1986.

## ОСОБЛИВОСТІ СЕЙСМІЧНОГО МІКРОРАЙОНУВАННЯ ЛІНІЙНО-ВИДОВЖЕНИХ ОБ'ЄКТІВ

А.С Альшин, В.В. Погребченко

Розглянуто особливості сейсмічного мікрорайонування (СМР) лінійно-протяжних об'єктів (ЛПО). Еквівалентом карти СМР для ЛПО є попикетна таблиця. Потужність грунтової товщі, відповідальної за сейсмічні параметри, для ЛПО. Показана можливість визначення швидкості поперечних хвиль через інженерно-геологічні характеристики ґрунту: модулі деформації, щільності і коефіцієнти Пуассона.

**Ключові слова:** сейсмічне мікрорайонування; лінійно-протяжні об'єкти; попикетна таблиця; потужність активної зони.

## SEISMIC MICRO-ZONING PECULIARITIES IN LINEAR OBJECTS

A.S. Aleshin, V.V. Pogrebchenko

Peculiarities of seismic micro-zoning (SMZ) of linear objects (LO) were discussed. The equivalent of SMZ map for LO can be picket table. The possibility of S-wave velocity determination due to engineering-geological features of soil (deformation modules, density and Poisson coefficients) was shown.

**Key words:** seismic macro-zoning; linear objects; picket table; thickness of active area.