

Geoinfo.ru

Электронный журнал

База знаний

Консалтинг

Блоги

Конференции

Вход

14.09.2016

Статья-ответ доктору А.С. Алешину. Еще раз о сейсмическом микрорайонировании. Часть 2



В июле 2016 года в электронном журнале «ГеоИнфо» была опубликована статья главного научного сотрудника ИФЗ РАН А.С. Алешина, в которой речь шла о приоритетном положении ряда инженерно-геологических и геофизических методов, входящих в корпус исследований, направленных на обеспечение сейсмической безопасности строительных объектов.

Данный материал является второй частью развернутой аргументации против идей, выдвинутых А.С. Алешиным.

Михаил Рогачев

Главный специалист, начальник геофизической партии ЗАО «ПИРС»

mrogachev_53@mail.ru

Выбор эталонных грунтов

При наличии в георазрезе вблизи проектного участка (в эпиплейстовых радиусах ближних зон) выходов коренных пород на дневную поверхность (обнажений или карьеров), выбор эталонной площадки осуществляется просто.

Следует воспользоваться классификацией грунтовых оснований по сдвиговым волнам по международному классификатору International Code Council (1998), 2000 International Building Code (Final Draft) или из Eurocode 8.

Таблица 1. Классификация грунтовых оснований по сдвиговым волнам по международному классификатору International Code Council (1998)

Bedrock type	Shear wave velocity (m/s)	Mass density (kg/m ³)
Soft Rock	700	2500
Rock	1100	2500
Hard Rock	1600	2500

Таблица 2. Более поздний международный классификатор грунтов EC-8 на 7 градаций

Table 3.1: Ground types

Ground type	Description of stratigraphic profile	Parameters	
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (blows/30cm)
A	Rock or other rock-like geological formation, including at most 5 m of weaker material at the surface	> 800	–
B	Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay, at least several tens of m in thickness, characterised by a gradual increase of mechanical properties with depth	360 – 800	> 50
C	Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of m	180 – 360	15 - 50
D	Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers), or of predominantly soft-to-firm cohesive soil	< 180	< 15
E	A soil profile consisting of a surface alluvium layer with $V_{s,30}$ values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with $V_{s,30} > 800$ m/s		
S_1	Deposits consisting – or containing a layer at least 10 m thick – of soft clays/silts with high plasticity index (PI > 40) and high water content	< 100 (indicative)	–
S_2	Deposits of liquefiable soils, of sensitive clays, or any other soil profile not included in types A – E or S_1		

В РФ есть четыре грунтовые градации, приведенные в СП 14.13330. Для выбора необходимо провести скоростные сейсмозондирования (Масгрейва), записи микросейсм и сейсмической эмиссии.

Совсем не простую задачу выбор эталона представляет в области распространения многолетнемерзлых пород и на закрытых территориях типа Западно-Сибирской плиты, Восточно-Европейской платформы, молодых плит (террейнов) и иных закрытых территориях, как, например, Кубанский прогиб.

Вопрос о выборе эталона часто не понимается инженерами. Их нестораживает словосочетание в РСН о специальных работах по выбору эталона. Например, в практике москвичей и краснодарцев существует выбор неких средних грунтов (2-й категории), без учета рекомендации про сопровождающий учет макросейсмических результатов сильных событий, которые в исторической памяти для исследуемого района часто просто негде взять.

На картах ОСР и так значения интенсивностей сейсмологи увязали со средними грунтовыми условиями. То есть, получаем по формуле С.В. Медведева отношения средних к средним грунтам. Тем самым применимость средних грунтов в модификации жесткостей при СМР становится незаконным способом.

На самом деле, скально-полускальные породы в районе работ (в радиусе до 40-150 км от площадки ищем акустический фундамент) нужны, во-первых, для определения АЧХ грунтов (нормирование спектров мощности микросейсм на эталонный спектр), во-вторых, для выдерживания условий стационарности микросейсмических полей.

Здесь странным выглядит требование отдельных специалистов о стационарности микросейсмических полей, то есть, по сути, требование о выделении сигнальной части на фоне шумовой в записях. В тектонофизике, возможно, это правило нужное.

Однако достижениями астрономии установлена нестационарность метagalктики. Соответственно планеты солнечной системы – это часть космоса. Земля, как планета – это открытая система со своими геофизическими полями, в принципе нестационарными во времени и пространстве (вековые, годовые, суточные и прочие вариации абсолютно всех полей и их цикличность). Поняв это, Вы принимаете идеологию открытых систем.

А в методе жесткостей нужно нормирование на эталон как аналог фундамента (Bedrock), из которого выходит волновая форма удара в мягкие породы ВЧР. Потому что должно выдерживаться следующее правило: главной эмпирической закономерностью инженерной сейсмологии является факт усиления сейсмического воздействия при уменьшении сейсмической жесткости грунтовых оснований (Bedrock) относительно пород коренной основы (medium или hard Rock или акустического фундамента).

Затруднительное положение возникает в случае отсутствия в районе работ пород первой категории. Следует перейти к условным приращениям по отношению к полускальным породам со скоростями не менее 700 м/сек (как в МДС 22.1-2004 на транспортные сооружения) и перейти к грунтовым поправкам в виде коэффициентов (А.С. Алешин, 2016 год и североамериканцы). Все остальные варианты не несут физического смысла, поэтому незаконны.

Современное состояние вопроса в пассивной сейсмике

Метод микросейсм (ММЗ) активно развивается в тектонофизике для локализации «шумящих» областей и объектов, в том числе, разломных зон в нижнем полупространстве (А.В. Горбатилов, И.Я. Чебатарева и др., 2005-2006 гг.). При отсутствии общепризнанного теоретического обоснования (теоретическая сейсмология), анализируется несколько наблюдаемых эффектов. И тут задача распадается на две части: а) исследуются параметрические связи шумы-очаги и б) связи шумов со строением и свойствами геосред. Нам полезна вторая задача.

Экспериментальные исследования поля микросейсмических волн привели к пониманию, что шум представлен, преимущественно, поверхностными волнами Релеевского типа, реже волнами Лява. Сейсмический шум преобразуется в колебания доминантной частоты (В.Н. Николаевский и др.).

Вертикальная компонента геофонов регистрирует фундаментальную моду Рэлея, реже Лява.

Амплитудный спектр микросейсм в зависимости от времени года и суток имеет вариации, что не позволяет без специальных амплитудных поправок применять его при расчете приращения интенсивности (для корректных применений нужны годовые измерения).

Длительность регистрации в 3-5 минут и до 1 часа на одиночные геофоны (несовершенные апертурные системы) достаточна для достижения статистически устойчивого спектра микросейсмического поля. Для площадных (эмиссионная томография) и линейно-распределенных систем наблюдений объем данных в 4 сек регистрации уже позволяет обнаруживать в хаотизации шумового поля когерентные сигналы.

Мерой хаотизации для геофизических сред является перенормированная в смысле энергий энтропия Больцмана.

В спектре микросейсмического поля геосред всегда реализуется шумовой хаотический аттрактор с когерентной сигнальной помехой.

Желательно, конечно, на побережьях морей и крупных внутренних водоемов отстраиваться от ветровых и прочих помех. По возможности, необходимо вести ночную регистрацию крипа. Сегодня аппаратура позволяет непрерывную регистрацию, а датчики при этом, если на участке есть действующие здания или сооружения, целесообразно размещать в подвальных помещениях.

Методика проведения экспериментальных измерений проста и сводится к накоплению спектра мощности микросейсмического сигнала в течение некоторого времени. Таким образом, накапливается микросейсмический сигнал на эталонной площадке.

Записи или фрагменты записей следует синхронизировать. Удобнее всего делать это по Гринвичу, ибо телесеismicкие волновые формы и формы удаленных событий часто можно отфильтровать по бюллетеням сейсмологических Центров (напомню, требуются местные волновые формы).

Затем по спектрам мощности синхронизированных записей определяются нормированные к эталону амплитуды и грунтовые периоды. Спектральные амплитуды на трех компонентах нормируются по максимуму. Отношения спектральных амплитуд можно использовать по Накамуре, или в среднеквадратичном смысле.

Часто обсуждается вопрос – на какие датчики принимать микросейсмические? На мой взгляд, не существенно, будут это велосиметры, акселерометры или даже деформометры. Единственное условное ограничение в акустической физике заключается в том, что инфразвук (подземный звук от землетрясений) занимает диапазон 0-16 Гц. Кинематику следует регистрировать именно в этом диапазоне.

Грунтовые периоды (частоты) снимаются в диапазоне 0,303-0,707 от максимума спектра (статистические правила квантилей или допустимые уровни доверия). Затем грунтовые периоды (частоты) корректируются по регистрируемым записям землетрясений слабых энергий и крипа. И диапазон экспериментальных периодов принимается в качестве расчетно-преобладающего.

Зачем они нужны? В некоторых практиках антисейсмического проектирования инженеры-проектировщики период основного тона сооружений стремятся отстроить от периодов грунтовой толщи не менее чем в 1,5 раза (например, калифорнийские нормы США). В технических спецификациях на изделия заводского изготовления этот параметр так же необходим, см. ГОСТ Р 53166 (МЭК 60721-2-6:1990).

Акселерограммы реальной проектной площадки всегда имеют островершинные спектры, а не обобщенные, как в СП 14.13330.

Затем проводится анализ спектральных амплитуд, и участки площадки или трассы разделяются на малозумящие, средне шумящие и сильно шумящие грунты.

Вспомним, что «шумят» разломы и трещины. В соответствии с высокими шумовыми сейсмическими свойствами, уязвимые в сейсмическом отношении грунты зонированы.

Уязвимые грунты – для нас новый европейский термин, к которому надо привыкать. В отечественной традиции оперируют понятиями худших и лучших грунтов. Оцените формальную логику авторов СП 14.13330. Кто оценил, тот понял, что федеральный документ написан без участия сейсмологов.

Мы не будем заниматься введением поправок по методу микросейсм в интенсивность, поскольку физически это не обосновано. Но если этим методом замечены сильно шумящие грунтовые осцилляторы, необходимо вводить поправки за резонанс при наличии достаточной мощности сейсмоакустических слоев и существенного перепада импедансов. Ниже подробнее описан алгоритм ввода поправок за резонанс.

Алгоритм ввода поправок за резонанс

Прежде всего, проверяем условие сильного перепада импедансов в георазрезе. Если оно выполнено, переходим к мощностям сейсмореализатора по эхо-глубинам (акустическим мощностям) на разрезных сечениях сейсмозондов (расчеты методом t_0).

Рассматриваем условие края диапазона зафиксированных периодов в секундах по микросейсам и волновым формам зарегистрированных местных событий (экспериментальные периоды местных землетрясений). Рассчитываем прогнозную длину волны удара, который пропустят местные грунты.

Смотрим, сколько составляет первая четверть от длины импульса (и вторая четверть – вторая гармоника) в волноводных мощностях в метрах. Проверяем второе условие возникновения стратиграфического резонанса путем сравнения эхо-мощностей и прогнозных длин. Для грубых расчетов назначаем порог мощностей для ввода поправок за стратиграфический резонанс.

Выделяем участки площадки или трассы, попадающие в условие четвертьволнового вибратора. Сравниваем с шумящими участками по анализу спектров микросейсм. Совпадения приводят к учету грубой поправки за резонанс.

Естественно, ведем статистику вычислений интенсивностей и (или) ускорений с получением точности экспериментов (**Standard deviation (сигма)**) и конечным округлением итоговых цифр до десятой части.

Напомним, что СП 14.13330 задает силу воздействия при микрорайонировании только уровнем ускорения, то есть проектный подход основан на кинематике движений.

Возможно два варианта: или вы работаете на конкретного проектировщика по СП, то есть по федеральному правилу, или работаете на «неграмотного» Заказчика по бальности.

В промежуточных итогах можно использовать волновые давления, если экспериментальные работы проводятся на акваториях, на пьезодатчики, или в колебательных скоростях на велосиметры.

Предпочитаем вслед за А.А. Гусевым исследовать грунтовые спектры по реальным местным записям. Возникает возможность корректировать грубые поправки за резонанс и проверять условие резонанса по фазовому спектру (набег фазы в слое или моды), распределение максимумов на АЧХ по оси частот. В случае, если и уровень, и спектр воздействий задается не моделью очага, использование теоретических акселерограмм для прогноза параметров воздействий теряет смысл.

При этом всегда стоит вопрос: где брать местные акселерограммы для синтеза?

На проектной площадке можно организовать собственную сеть временных сейсмологических станций и проводить мониторинг двумя-тремя станциями, одна из которых будет расположена на эталонной площадке. В этом случае 2-3-х бальное местное событие обязательно будет зарегистрировано при непрерывной регистрации в срок около одного месяца. Связано это с тем, что на планете практически ежесекундно проходят трясения: удаленные, телесеismicкие и др. В среднем до 20-ти раз в год происходят сильные события. 80 раз в год происходят 8-ми бальные события. 2100 раз происходят 6-7-ми бальные события. Не верьте тем, кто говорит, что нет смысла в разворачивании временных инженерных станций.

Современные пьезоприемники ускорений весьма чувствительны. Надо набивать опыт, чтобы из потока непрерывных записей селективно выбирать местные волновые формы.

Можно назначить и порог включения станции. У инженерной станции Дельта-Геон приличные возможности. Если волновая форма (двух-трех бальная) получена и по признакам определена как местное событие на дистанциях до 1,5-2-х градусов, то можно сворачиваться.

Если своих станций нет - следует написать письмо с просьбой предоставить данные о волновых формах с наибольшей интенсивностью в филиал ГС РАН по конкретной ближайшей сеймостанции из одного и того же сегмента сейсмического пояса. Этот ход хоть и не совсем законный (мы все-таки изучаем грунтовые условия площадки), но спасает ситуацию.

Количественная оценка параметров колебаний

Количественная оценка параметров колебаний в понятиях ускорений при СМР с учетом местных грунтовых условий является кропотливой задачей. Это связано с тем, что действуют три взаимосвязанных механизма преобразования ударных волн приповерхностными грунтами.

Первый механизм - усиления (ослабления) амплитуд на доминантных частотах грунтовых материалов. **Слои могут усиливать спектральные амплитуды из-за явлений многократных отражений – ревербераций на их границах.** Обычно сейсмические волны главного удара и афтершоки имеют характерную длину волны в 100-200 м, отсюда следует, что если приповерхностный низкоимпедансный слой имеет акустическую мощность 30-40 м (А.З. Кац, Е.А. Мержей, Д. Питилакис), именно тогда возможно образование в слое кратных или стоячих ударных волн (физический резонанс).

2-й механизм - резонансных явлений, которые зависят от соотношений импедансов, длин волн и мощностей акустических слоев. Их соотношения входят в понятие стратиграфического резонанса. **Источником резонанса служит природная стратификация грунтовых массивов (В.Н. Николаевский).**

Как видим, эти два механизма очень близки и какой-то может доминировать в конкретном георазрезе.

3-й механизм - нелинейность связи внутригрунтовых напряжений-деформаций для сильных движений (В.И. Джурик 2000 г, О.В. Павленко, 2009 г и др.).

Для районов с потенциалом 8-10 баллов макросейсмической интенсивности часто зависимости напряжения-деформации относятся к жесткому типу на гистерезисных петлях, что характерно вблизи разломных плоскостей. Это требует применения алгоритмов нелинейного анализа в геотехническом моделировании сценарных землетрясений – в так называемых моделях сейсмического эффекта (МСЭ и О.В. Павленко 2009 г, по В.И. Уломову - сценарные землетрясения).

Природа познается человеком через процедуры моделирования и научная работа в отличие от инженерной деятельности отличается как раз тем, что модель создается в процессе исследований. В инженерии же работы проводятся по готовым проверенным образцам. Привожу этот тезис к тому, что объективный отчет по СМР лучше строить по СОГИНовским правилам.

Скорости поперечных волн и плотности определяют импеданс грунтовых слоев и коэффициент усиления грунтового основания на различных периодах (частотах). Они же участвуют в расчетах динамического модуля сдвига. Сдвиговая деформация рассматривается как начало массового скольжения в грунтах: $G_{max} = cVs^2$.

В принципе, в методе жесткостей можно заменять импедансы на сдвиговые прочностные, но это требует отдельного изучения получаемых приращений. Наш небольшой опыт в Восточной Сибири говорит, что единичные приращения по текучепластичным суглинкам достигали +3 инкремента по отношению к доломитам, но никак не в $\pm 1,2$ балла как предполагают авторы СП 14.13330.

По современным представлениям в инженерной сейсмологии методы, который позволяют оценить резонансные характеристики грунтовых оснований, становятся в ряд основных инструментальных методов, обязательных для применения.

Продолжение инструментального анализа в Части 3.

Уважаемые читатели! Если у Вас после прочтения какой-либо статьи появилось желание высказаться по затронутой проблеме, Вы можете подготовить свою статью или развернутый комментарий и выслать его на электронный адрес info@geoinfo.ru. Наиболее интересные комментарии будут отбираться редакцией и публиковаться под указанной Вами в письме статьей. Если же Ваш материал превысит по объему 3-4 страницы, то мы с удовольствием опубликуем его как отдельную статью. Обращаем Ваше внимание, что все комментарии и статьи должны сопровождаться данными автора: имя и фамилия, должность и место работы, контактный e-mail.

Новости отрасли

Спонсоры проекта

Электронная экспертиза:

новый обучающий семинар Главгосэкспертизы России пройдет 14 октября

10 октября 2016 года

ЕУ изучит скоростные ограничения поездов ВСМ Москва — Казань на участке до Нижнего Новгорода

6 октября 2016 года

Объявлен конкурс на проведение изыскательских работ на территории спорткомплекса «Воробьевы горы»

6 октября 2016 года

Ростехнадзор возьмет СРО в ежовые рукавицы

6 октября 2016 года

Два дня до старта международного форума 100+ Forum Russia

4 октября 2016 года

Контроль за ценообразованием в строительстве будет вести

Главгосэкспертиза РФ

29 сентября 2016 года

Первую очередь «кольцевой» линии метро в Петербурге запроектирует московский «Метрогипротранс»

29 сентября 2016 года

Более 65 миллионов рублей направят на экологическое исследование бухты Золотой рог в Приморье

26 сентября 2016 года



ИнжГео



ГК РЗИ

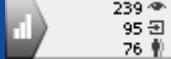
Основана в 1993 году



Институт
экологического
проектирования
и изысканий



ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ



239
95
76

© ООО
«ГеоИнфо»
2016

<div>>/div>

Пользовательское
соглашение -
оферта