

**Д.т.н., профессор Улицкий В.М.
Ст. н. с., к.т.н. Татаркин С.А.**

**СОВРЕМЕННЫЕ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ**

Научно-техническая информация

**Приложение к Интернет-журналу
«Реконструкция городов и геотехническое строительство»**

Тетрадь №6
Интернет: www.geores.spb.ru

Санкт-Петербург
2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Взаимосвязь сейсмических (физических) и физико-механических характеристик грунта	6
2. Недостатки статистической обработки данных физико-механических и сейсмических характеристик грунта традиционными методами стационарных процессов	9
2.1. Вейвлет-преобразования, как эффективный инструмент исследования нестационарных (сейсмических) процессов в приповерхностных слоях грунта	10
3. Современные физико-математические сейсмические модели грунта и сред, близких к нему	11
4. Экспериментальные исследования физических явлений при сейсмопрофилировании грунта и обработке сигнала методами вейвлет-анализа	17
4.1. Волноводное распространение в приповерхностных слоях грунта, слоистость и резонансные частоты, зоны фокусировки лучей, каустики и зона конвергенции лучей (лучевое представление)	17
4.2. Грунт, свая как многозвенный колебательный контур, характеризующийся параметрами мод и их форм.	18
4.3. Исследование дисперсии звука в приповерхностных слоях грунта, сваях, фазовая и групповая скорости	22
4.4. Исследование дифракционных (конических) волн	22
4.5. Исследования прочностных характеристик подземных сооружений (коллекторы, тоннели метро и др.)	27
4.6. Исследование влияния вибродинамического воздействия механизмов по забивке свай, поездов метро, транспорта	29
4.7. Оценка размеров неоднородностей (шероховатости), определение границ слоёв и слабых зон в грунтах	29
4.8. Оценка глубины обнаружения (для глубин до 30-50 м) и классификации неоднородностей естественного и техногенного происхождения	36
4.9. Исследование характеристик анизотропии грунта	36
5. Геологическая интерпретация результатов, критерии распознавания волн	38
6. Аппаратура, метрология, моделирование	42
7. Практическое применение комплексных сейсмоакустических методов в обследовании зданий и сооружений	44
7.1. Определение прочностных характеристик свай и дефектов в них	44
7.2. Определение прочностных характеристик обделки тоннеля метро и состояния вмещающего грунта на участке «Размыв»	52
7.3. Площадь Конституции, обследование здания 24, корп.1, 2, 3	57
7.4. Обследование административного здания по ул. Фрунзе, д. 18	61
7.5. Мониторинг канализационного коллектора на ул. Савушкина, кв. 62	65
7.6. Мониторинг магистрального канализационного коллектора Водоканала	69
7.7. Выявление причин аварийной ситуации растительных камер («бочек») солодовенного завода в Усть-Славянке при забивке свай	79
7.8. Обследования здания Синода	82
7.9. Исследования причин аварии высоковольтного маслонаполненного кабеля на набережной Обводного канала	86
7.10. Мониторинг нефтепродуктопровода на реке Б.Охта	93
8. Методы электроразведки, георадар	94
8.1. Применение методов электроразведки для определения характеристик слабых водонасыщенных грунтов	94
8.2. Применение электромагнитных волн для обследования	94
Заключение	97
Список литературы	98

ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике строительства развитых в экономическом отношении стран с каждым годом увеличивается доля реконструкции зданий и сооружений. Это относится и к С. Петербургу. Уплотняется городская застройка, осваивается подземное пространство – строятся подземные сооружения, намечается строительство высотных зданий. В связи с этим ужесточаются требования к неравномерным осадкам. При этом важным требованием является сохранение исторических памятников, сохранение дорогостоящей внутренней отделки. Возникают сложные геотехнические проблемы, требующие своего решения. Опыт инженерно-геологических изысканий в городе показывает сложность условий, недостаточную точность исходных данных при обеспечении этих требований.

Кроме того, традиционные геотехнические методы в таких условиях имеют определенные ограничения при применении. При реконструкции старых зданий, расположенных вблизи глубоких выработок (в частности, наклонных тоннелей метро, новых линий метро) происходит изменение положения грунтовых вод, вынос тонкодисперсных частиц грунта (суффозия) при водопонижении, вибрационное воздействие от движущегося транспорта и, как следствие, виброуплотнение грунта основания, либо его разуплотнение. Все эти факторы в теоретических расчётах осадок не могут быть учтены, а инженерно-геологические изыскания зачастую выполнить невозможно.

В условиях плотной городской застройки возможно бурение ограниченного числа геологических скважин. Отбор монолитов (образцов с ненарушенной структурой) из водонасыщенных тиксотропных супесей затруднён, а из песков пылеватых водонасыщенных почти невозможен. При ведении наблюдений (мониторинга) за подземными сооружениями, коллекторами и др. доступ для их визуального обследования практически невозможен.

Таким образом, проводимые исследования традиционными методами не в полной мере обеспечивают необходимый уровень надёжности исходных данных о грунтах для принятия проектных решений при строительстве, реконструкции зданий и мониторинге подземных сооружений.

Одним из способов повышения надёжности геотехнических решений является применение комплексных геофизических методов. К достоинствам

методов инженерной сейсмологии и акустики следует отнести: возможность изучения массивов пород дистанционно без нарушения их структуры, изучение массивов грунта с разной степенью детальности, возможность проведения измерений непрерывно в пространстве и во времени (мониторинг). В то же время методы сейсморазведки, применяемые для больших глубин, не всегда эффективны на малых глубинах с учётом особенностей приповерхностных слоёв грунта и городской застройки. Обычно кинематические методы используют расчётные модели распространения звука на основе лучевой акустики. В приповерхностных слоях грунта существуют сильные интерференционные волны и дисперсия скорости, что связано с дифракционными явлениями. Они не учитываются лучевой акустикой, что приводит к ошибкам в интерпретации. Динамические методы в условиях небольших строительных площадок имеют ограничения по числу устанавливаемых приёмников и недостаточно помехоустойчивы.

В данной работе предлагается использовать кратномасштабный анализ (вейвлет-спектры) в методе поверхностных волн с учётом обменных волн (многократно отражённых). Они позволяют обнаруживать дифракционные волны небольшой интенсивности и в определённой мере устранить отмеченные выше недостатки. Однако, учитывая сложность проблемы, целесообразно использование всех сейсмических методов в комплексе.

Предлагаемые модели грунта, использованные для анализа, основаны на применении хорошо исследованных процессов в аналогичных средах и физических принципах динамики строительной механики. В целом следует заметить, что использование геофизических методов только тогда повышает информативность исходных данных, когда они имеют физическое обоснование и применяются совместно с традиционными методами инженерно-геологических изысканий (бурением скважин, лабораторными исследованиями проб грунтов, статическим зондированием и др.), т.е. на основе сейсмической стратиграфии. По результатам этого анализа можно оценить физико-механические характеристики грунта и их изменения. Попытки некоторых геофизиков представить результаты измерений и интерпретации, как альтернативу геологическим изысканиям, представляются сомнительными.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Северо-западное отделение Российского общества механики грунтов и геотехнического строительства (РОМГГиФ), Технический Комитет 38 «Взаимодействие оснований и сооружений» международной ассоциации ISSMGE и ЗАО «НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект» предлагает Вашему вниманию книгу к.т.н., старшего научного сотрудника Татаркина С. А. «Современные геофизические методы в строительной практике».

Предлагаемая тематика весьма актуальна в связи с активизацией реконструкции городов России и в том числе таких крупных мегаполисов как Москва и Санкт-Петербург.

Международный опыт использования геофизических методов в строительстве свидетельствует о больших возможностях этих методов для решения широкого круга вопросов, для которых традиционные методы просто не приемлемы. Система современного сопровождения сложного строительства, особенно в условиях плотной городской застройки, требует большой информативности на всех этапах реализации Проекта. Объекты высотного и подземного строительства в городах можно отнести к 3-ей, высшей категории геотехнической сложности, т.е. к разряду повышенного риска. Мне как специалисту – геотехнику представляется, что без использования современных геофизических методов достаточно сложно обеспечить безопасное строительство, как самих объектов, и сохранить окружающие строения. Особенно трудно оценить влияние стоящихся объектов на подземные инженерные сети и тоннели метро. В тоже время ведение работ

по прокладке тоннелей метро оказывает воздействие на окружающую территорию. Современные системы численного математического моделирования сложных строительных и реконструкционных ситуаций требуют постоянной проверки результатов расчёта в натуральных условиях. Совпадение данных расчётов и фактически изменённых значений лучшей проверкой является теоретического метода. Здесь немаловажную роль играет геофизика, позволяющая на протяжении длительного времени давать необходимую информацию.

Важна и система диагностики состояния как вновь возведенных, так и старых существующих конструкций, попадающих в зону риска

Отдельные вопросы, поднятые в настоящем издании, проблемны и часто дискуссионны, но такая постановка, как правило, вызывает повышенный интерес и активизирует читателя.

Предлагаемая работа достаточно популярно излагает основы геофизических методов для целей строительства, и она может быть использована широким кругом строителей и научных сотрудников. Она будет полезна и студентам строительных ВУЗов и факультетов.

Работа публикуется в авторской редакции.

Д.т.н., профессор, Лауреат Государственной премии РФ, зав кафедрой «Основания и фундаменты» ПГУПС (бывший ЛИИЖТ), научный руководитель ЗАО «НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект»

В.М.Улицкий