

ОАО НИПНИ «Ленметрогипротранс»
Санкт-Петербург

1

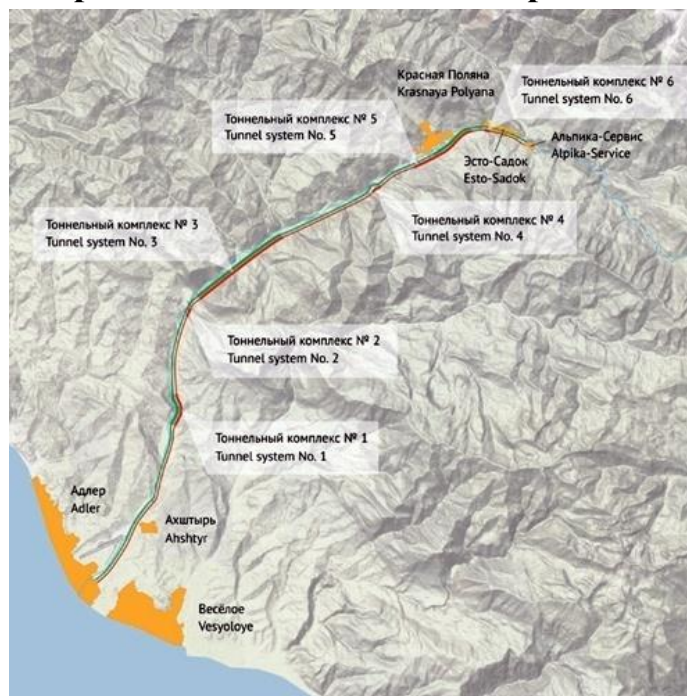
**Отражение техногенных и геодеформационных воздействий
на спектрограммах электромагнитного излучения**

А.Д. Басов, С.В. Андрианов, К.В. Романевич, С.А. Шляев

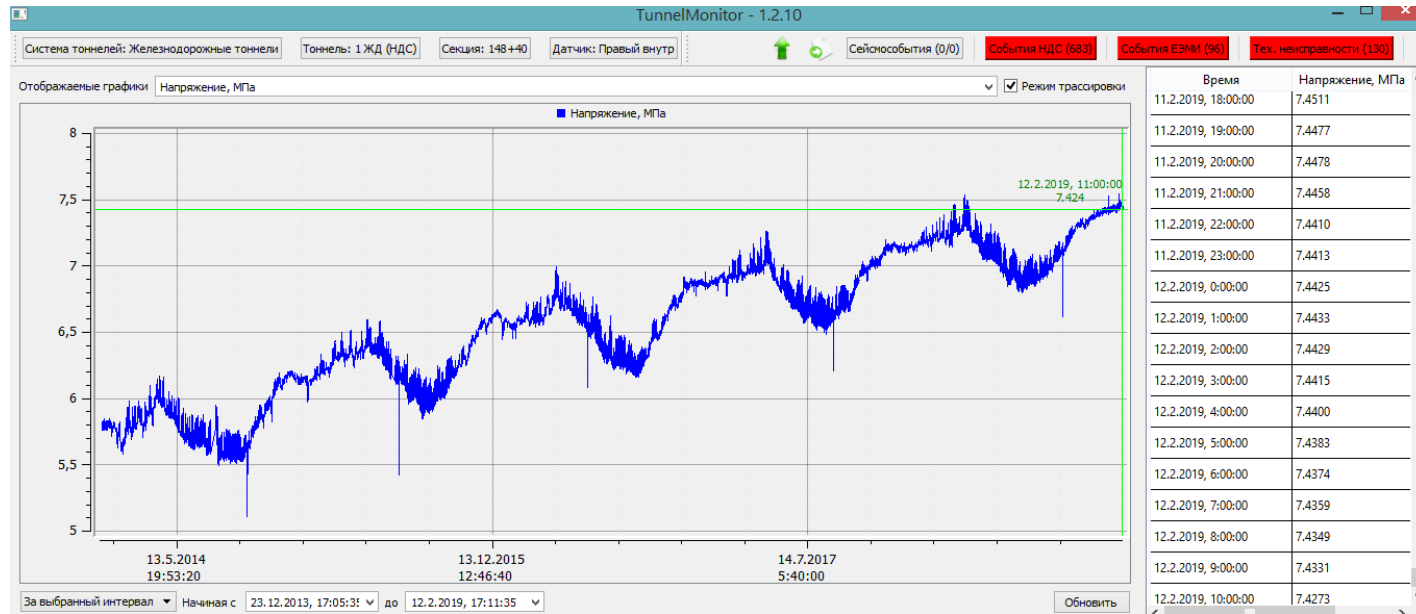
Одним из условий обеспечения геодинамической безопасности любого наземного или подземного объекта является своевременное выявление и определение уровня деформационного воздействия на данный объект, и сравнение этого воздействия с нормативным (пороговым) значением его деформационной устойчивости. В настоящее время для исследования геодинамической активности по трассе тоннелей Адлер – Красная Поляна применяются геодезические, геомеханические и геофизические методы. По комплексу данных таких исследований устанавливаются и отслеживаются накопления остаточных деформаций (от 10^{-5} ÷ 10^{-6} отн. ед.) в обделках тоннелей за счет:

- Сезонных изменений напряжений в основном из-за годовых колебаний температуры в обделке тоннеля.
- Короткопериодных изменений напряжений за счет природных (землетрясения, оползни и т.п.) и техногенных воздействий (взрывы, вибрации при движении транспорта и др.).

Совмещенная железнодорожная и автомобильная трассы Адлер – Красная Поляна.



Пример временных изменений напряжений в обделке тоннеля за период наблюдений с 13.05.2013 г. по 12.02.2019 г.



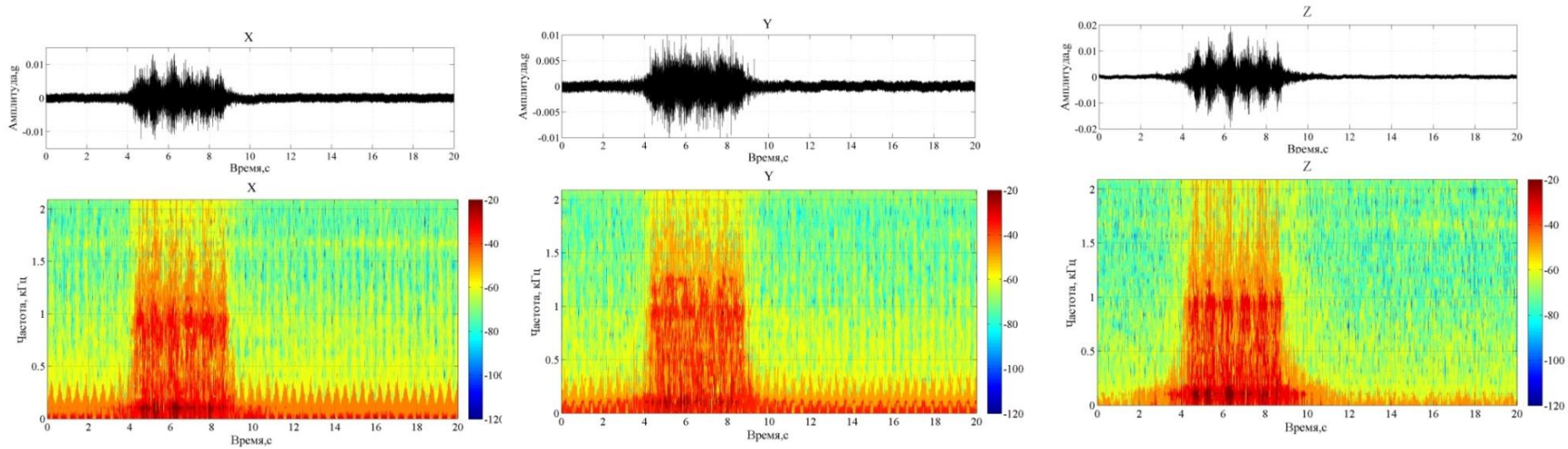
На графике прослеживаются сезонные изменения напряжений и тренд (порядка 0.3 МПа/год).

Явление сезонных изменений напряженного состояния в настоящее время хорошо известно, а исследования короткопериодных деформаций в подземных выработках начаты относительно недавно.

Исследования по мониторингу короткопериодных деформаций в шахте впервые проводили в ИГД УрОРАН (Сашурин и др., 1998). Ими были получены данные о динамических формах движения в зонах тектонических нарушений, которые вызывают знакопеременные деформации и сдвигения. Также было установлено, что тектонические нарушения даже невысокого ранга обладают достаточной подвижностью, которая имеет трендовый характер и к тому же наблюдаются динамические колебания различной природы. С ними связаны циклические (короткопериодные) нагрузки, которые в случае расположения подземной выработки на активном тектоническом нарушении вызывают в нем остаточные деформации в результате усталостных эффектов.

Для изучения процессов накопления остаточных деформаций от повторяющихся импульсных короткопериодных воздействий сотрудниками НИО ЛМГТ с 2018 г. начаты исследования вибрационных (сейсмических) нагрузок от проезжающих по тоннелю поезда с использованием метода регистрации ЭМИ. Этот метод обладает высокой чувствительностью к внешним (вибрационным) воздействиям, которые при движении поезда передаются массиву горных пород и преобразуются в нем за счет сейсмоэлектромагнитных эффектов в электромагнитное излучение.

Записи акселерограмм датчиками в обделке тоннеля при проезде электрички и спектрограммы этих акселерограмм (компонента X - параллельно оси тоннеля, Y - перпендикулярно оси тоннеля, Z – вертикально).



На акселерограммах и их спектрограммах отражено воздействие от проезда поезда на обделку тоннеля в виде локального изменения во времени амплитуд и частот ускорений колебаний.

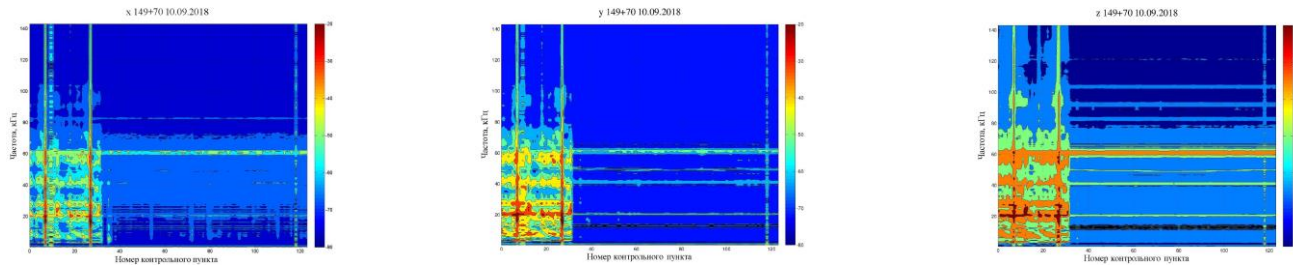
При скорости движения порядка 100 км/час и общей длине состава ~126 м время проезда мимо пункта наблюдений (сейсмостанции) составляет около 5 секунд, что сопоставимо с длительностью максимальных колебаний на спектрограмме.

Максимальная амплитуда ускорений колебаний 0.02g по компоненте Z приходится на частоту ~150 Гц и по времени совпадает с проездом поезда.

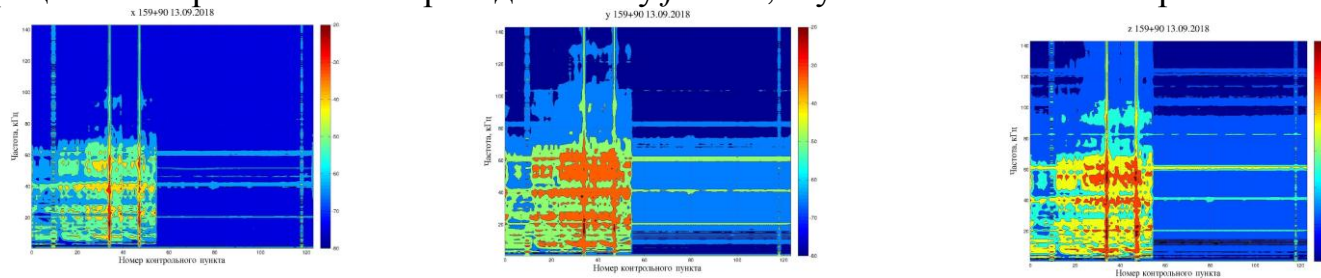
Для регистрации сигналов ЭМИ при проезде поездов используется трехкомпонентный прибор ЭМИ-3К разработанный в НИО ЛМГТ.



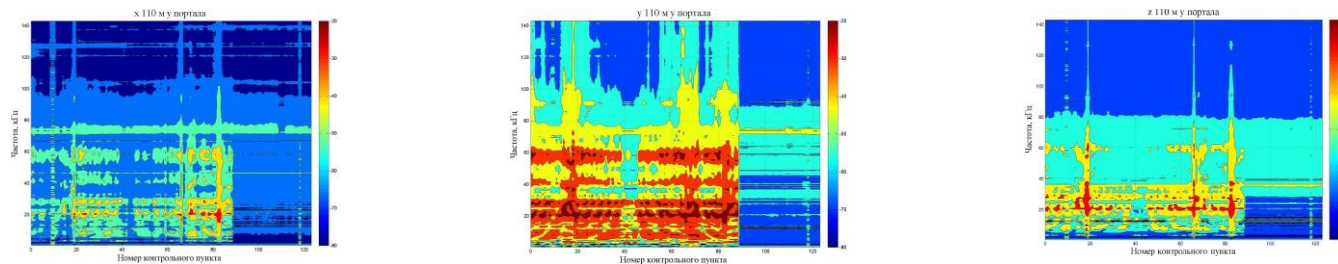
X – стержневая антенна ориентирована по оси тоннеля, Y - перпендикулярно оси и Z – вертикально.



Спектрограммы ЭМИ 10.09.2018 г. при проезде поездов в **21³⁵** и **21⁵⁵**, полученные на ПК **149+70** в тоннеле №1 в 20 м от южного портала на участке с устойчивыми породами (известняки) с коэффициентом прочности по Протодяконову $f = 5-7$, глубина от земной поверхности ~ 60 м.



Спектрограммы ЭМИ 13.09.2018 г. при проезде поездов в **21⁴⁵** и **21⁵⁴**, по данным регистрации на ПК **159+90** на участке тоннеля в 190 м от северного портала с устойчивыми известняками с $f = 6-7$ (97%) и $f = 9-10$ (3%), глубина от земной поверхности ~190 м.

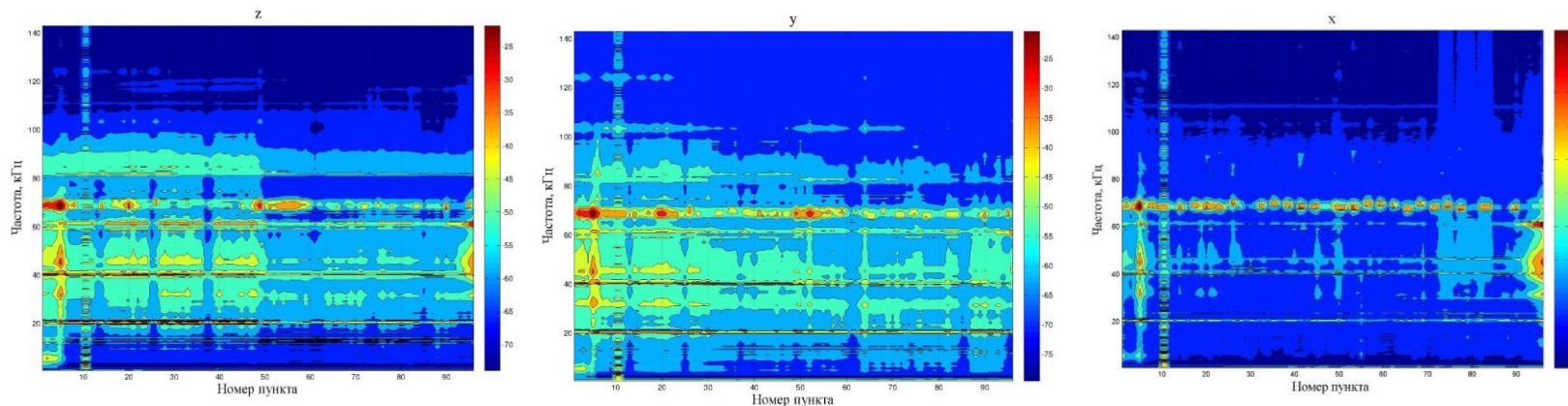


Спектрограмм ЭМИ зарегистрированных 24.09.2018 г. при проезде поездов в **20⁵⁰**, **21³⁷** и **21⁵⁴** полученные в пункте наблюдений в 110 м от северного портала тоннеля в 5 м от пути на дневной поверхности в средней части активного оползневой тела у северного портала.

Наибольшая интенсивность ЭМИ в тоннеле практически при всех измерениях фиксируется по компонентам U и Z на частотах от 5 кГц до 150 кГц. Можно отметить, что по результатам работ томских ученых (Яворович, 2005 и других) частоты порядка 60 кГц характерны для процессов трещинообразования в бетонах, а смещение максима ЭМИ в сторону низких частот может свидетельствовать о снижении прочности бетона.

Об интенсивности геодеформационных воздействий на припортальных участках тоннеля от проявлений геодинамической активности на оползневых склонах можно судить по спектрограммам ЭМИ приведенным на слайде внизу. Эти спектрограммы получены по данным профилирования по 4-му железнодорожному тоннелю 18.07.2018 г. от южного портала (пункт наблюдений 0) к северному (пункт наблюдений 95). Оползень находится у южного портала. Геодинамическая активность оползневого участка отображается более ярко на спектрограммах по компонентам Y и Z увеличением интенсивности излучения ЭМИ в частотном диапазоне от первых кГц до 100 кГц с основным максимумом на 70 кГц и двумя максимумами меньшей интенсивности – на 45 и 35 кГц. Условием опасного состояния оползневого участка по опыту наблюдений может считаться смещение основного максимума ЭМИ в сторону более низких частот при режимных измерениях.

Спектрограммы ЭМИ полученные по данным профилирования 18.07.2018 г. в железнодорожном тоннеле №4 трассы Адлер – Красная Поляна.



Выводы:

- Полученные в настоящее время результаты исследований свидетельствуют, что техногенные и природные геодеформационные воздействия на конструкции тоннелей оказывают влияние на поле электромагнитного излучения (ЭМИ):
- На спектрограммах ЭМИ проявляется резонансный характер воздействия вибраций от проезда электропоездов мимо пунктов наблюдений, а продолжительное время действия ЭМИ указывает на активную реакцию массива горных пород и обделки (отклик) на это вибрационное воздействие.
- Сравнение спектров ЭМИ по частоте максимумов различных компонент записей проезда электропоездов полученных в разное время дает надежный многократно воспроизводимый результат.
- По положению частот максимумов спектров и их амплитудному уровню можно судить об интенсивности процессов деформирования обделок и горных пород.

Спасибо за внимание!