

**К.В. Панкратова**

## **ВИБРАЦИОННОЕ ПОЛЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

Приведены источники вибрационных нагрузок на территории С.-Петербурга: транспорт (автомобили, железнодорожные составы, трамваи и метрополитен), строительное и промышленное оборудование. Отмечены особенности вибрационного воздействия на грунтовый массив в Санкт-Петербурге. Рассмотрено действие на фундамент статистических и динамических нагрузок, приводящих к изменению состояния грунта основания, представленных связными и несвязными грунтами. При этом различаются три фазы: уплотнения, образования начальных сдвигов и разрушения. Для оценки вибрационного воздействия использовался способ поквадратной оценки территорий. В качестве основных оценочных характеристик вибрационного воздействия выбраны величины плотности сети магистралей, интенсивности транспортного потока на них и уровня вибрации, создаваемой движущимися транспортными средствами. Представлена картосхема вибрационного поля С.-Петербурга. Ключевые слова: вибрационное воздействие, техногенез, грунтовый массив, деформация, транспорт.

**Т**ерритория Санкт-Петербурга является своеобразным очагом техногенных динамических нагрузок в силу наложения волн напряжений от транспортных источников, строительного и промышленного оборудования, проведения взрывных работ и т.п. Основной вклад в это постоянно существующее и меняющееся в течение суток «вибрационное поле» вносит движущийся наземный и подземный транспорт: автомобили, железнодорожные составы, трамваи и метрополитен [3]. Меньшее значение в силу локальности распространения вносят строительные и промышленные машины. Малое вибрационное воздействие, влияющее лишь на технологические условия точных производств, оказывается большим количеством вентиляционных установок и кондиционеров [3, 5].

Для Санкт-Петербурга рассматривая систему взаимодействия «источник вибрационного воздействия — грунтовый массив — объект воздействия» необходимо учитывать следующие моменты.

Интенсивная застройка территории города привели к снижению эффективности естественных стоков воды, что вызва-

ло повышение уровня грунтовых вод. Последнее обстоятельство, с одной стороны, повышает чувствительность массива к передаче динамических нагрузок, с другой стороны – снижает прочность оснований фундаментов существующих зданий.

Другим фактором, который снижает степень воздействия зданий к динамическим нагрузкам, является их реконструкция. На сегодня практически все первые этажи и подвалы зданий были реконструированы с нарушением целостности капитальных стен за счет создания новых оконных или дверных проемов. Следует к этому же добавить и возросшую нагрузку на сами здания вследствие дополнительного технического оснащения (системы вентиляции, кондиционирования, водоснабжения и др.), не учтенные ранее на стадии проектирования зданий, особенно в зоне исторического центра.

Заметный износ наблюдается и самих рельс и дорожных покрытий, что помимо других факторов также существенно влияет на создаваемую дополнительную нагрузку вследствие удара колес транспорта при попадании на деформационные участки.

Совместное действие на фундамент статистических и динамических нагрузок приводит к изменению состояния грунта основания. При этом различаются три фазы: уплотнения, образования начальных сдвигов и разрушения [1, 6]. Вибрационное уплотнение происходит за счет уменьшения пористости грунта и может иметь место только в рыхлых грунтах, в частности песчаных со средней плотностью [2, 4]. В глинистых грунтах, обладающих даже небольшим сцеплением, а также в плотных песках вибрационное уплотнение практически не наблюдается [4]. В статически ненагруженных грунтах уплотнение начинается при самых слабых вибрациях и завершается по достижении состояния полного уплотнения при ускорениях вибрации от 0,2 до 2,0 g и более (g – ускорение силы тяжести) в зависимости от коэффициента виброуплотнения грунта [6].

В условиях второй фазы напряженного состояния грунта – образования начальных сдвигов – в грунтовой толще появляются области пластических деформаций [1, 2, 4]. При наличии таких областей появление даже относительно небольших динамических нагрузок приводит к образованию сдвигов в толще грунтов, причем в этом случае при определенных условиях уплотнения всей толщи может и не происходить. В связи с этим подобные явления возможны для всяких типов грунтов, кроме плотных глин. Деформации сдвига могут иметь место даже в тех случаях, когда вибрации являются слабыми, а усилие, передаю-

щеся на грунт, не достигает предельного значения [1, 6]. При этом деформации протекают с весьма малой постоянной или слабо затухающей скоростью в течение всего времени действия вибрации и, накапливаясь, могут достичь ощутимых величин. Именно этим можно объяснить появление дополнительных динамических осадок зданий, вызванных сотрясениями от движущегося транспорта и другими слабыми вибрациями, так как эти осадки связаны не с уплотнением всей толщи грунта основания, а с образованием в ней малых пластических сдвигов.

При уровне вибрации меньше 46 дБ при измерении виброскорости (реально это соответствует отсутствию регулярного автомобильного движения) имеет место воздействие низкого уровня. При уровне виброскорости 46–73 дБ (постоянное движение автотранспорта, движение рельсового транспорта) воздействие следует определять как воздействие среднего уровня. При уровне вибрации, превышающем 73 дБ при измерении виброскорости (движение рельсового транспорта, особые условия движения автомобильного транспорта), речь идет о высоком уровне вибрационного воздействия на геологическую среду [3, 5].

Для оценки вибрационного воздействия использовался способ поквдратной оценки территорий. Для этого изучаемая территория разбивается на квадраты (1000×1000 м) и в пределах каждого из них определяются параметры, характеризующие рассматриваемое воздействие. В качестве основных оценочных характеристик вибрационного воздействия выбраны величины плотности сети магистралей, интенсивности транспортного потока на них и уровня вибрации, создаваемой движущимися транспортными средствами. Плотность сети магистралей представляет собой суммарную длину автомобильных магистралей, трамвайных и железнодорожных линий, а также линий метрополитена, отнесенную к единичной площади территории.

Поскольку автомобильный транспорт оказывает вибрационное воздействие в основном при движении почти непрерывного потока транспортных средств, каждое из которых возбуждает относительно малоамплитудные колебания, для элементарного квадрата определяются, как уже говорилось выше, плотность сети магистралей (с делением по интенсивности транспортного потока), интенсивность транспортной нагрузки для каждой из учтенных магистралей и удельный уровень вибрации.

Оценка вибрационного воздействия, оказываемого рельсовым транспортом (в рассматриваемом случае железной дорогой

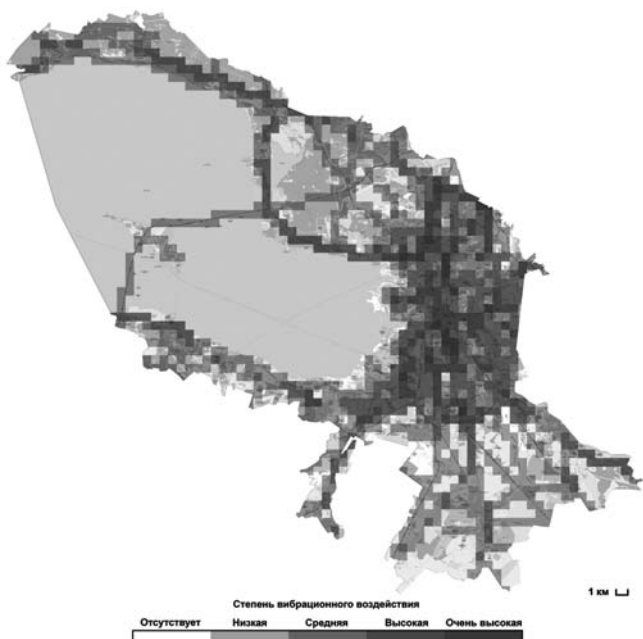
и трамваем), включает определение в пределах квадрата площади зон, непосредственно примыкающих к источнику, с различным уровнем вибрации. Интенсивность движения при этом считается неизменной, поскольку источники подобного рода оказывают воздействие на геологическую среду главным образом в результате периодического возбуждения интенсивных колебаний.

Оценка вибрационного воздействия проводится для каждого вида транспорта отдельно. Это связано с тем, что механизм вибрационного воздействия, создаваемого автомобильным и рельсовым транспортом, несколько различается. Конечная оценка выполнена с учетом суммирования вибрационного воздействия от различных источников для каждого квадрата.

Оценка транспортного вибрационного воздействия показала, что значительная часть территории города является областью со средним уровнем воздействия. Эта область занимает почти всю территорию города в пределах кольцевой автомобильной дороги что отражает равномерность распределения сети автомобильных магистралей в черте города. Внутри этой области встречаются отдельные разрозненные участки, где зафиксировано вибрационное воздействие высокого уровня. Суммарная площадь таких участков, в пределах которых находятся, как правило, крупные железнодорожные узлы и пересечения трамвайных линий (которые и являются причиной существования сильного вибрационного воздействия), составляет всего около 8% от общей площади. Участки, характеризующиеся низким уровнем вибрационного воздействия, занимают 15% всей территории и также не формируют единой области. На отдельных участках (20% от общей площади) вибрационное воздействие практически отсутствует.

На рисунке представлена картосхема вибрационного поля Санкт-Петербурга. В качестве нормирующей единицы принят квадрат со стороной 1000 м. Для каждого квадрата оценено сочетание параметров вибрационного воздействия. Участки, где отсутствует влияние выделенных факторов, рассматриваются как без вибрационного воздействия. Для зон, где отмечено воздействие одного фактора – низкий уровень воздействия; два – средний уровень; три – высокий; четыре – очень высокий.

При низком уровне вибрации негативных последствий вибрационного воздействия на геологическую среду не наблюдается. При среднем уровне воздействия предполагается, что геологическая среда может претерпевать изменения, не выхо-



*Картосхема вибрационного поля Санкт-Петербурга*

дящие за рамки допустимых изменений. В этом случае мероприятия, направленные на оптимизацию инженерно-геологических условий при их негативных изменениях при вибрационном воздействии соответствуют инженерной подготовке территории. Воздействие высокого уровня отвечает такому воздействию, которое может вызывать изменения геологической среды, выходящие за рамки предельно допустимых. В такой ситуации поддержание нормального состояния геологической среды, испытывающей вибрационное воздействие, требует осуществления специальных мероприятий применительно к конкретным созданным условиям [3, 5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вознесенский Е. А.* Динамическая неустойчивость грунтов. – М.: Изд-во «Эдиториал», 1999. – 264 с.
2. *Гениев Г. А.* Вопросы динамики сыпучей среды. – М.: Госстройиздат, 1958. – 122 с.
3. *Жигалин А. Д.* Техногенные физические поля и их роль в изменении геологической среды городов / Гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории городов. – М.: Наука, 1989. – С. 31–37.

4. Иванов П. Л. Разжижение песчаных грунтов. — Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 260 с.

5. Локшин Г. П., Чеснокова И. В. Транспортные магистрали и геологическая среда (оценка техногенного воздействия). — М.: Наука, 1992. — 112 с.

6. Осипов В. И. Природа прочности и деформационных свойств глинистых грунтов. — М.: Изд-во МГУ, 1979. — 232 с. **ПАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Панкратова Ксения Викторовна — кандидат геолого-минералогических наук, ассистент, e-mail: pan-ksenia@yandex.ru, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 4, pp. 211–216.

UDC 624.131:  
551.252

**K.V. Pankratova**

#### **VIBRATION FIELD IN SAINT-PETERSBURG**

Provided the sources of vibration loads on the territory of St. Petersburg: transport (cars, trains, trams and underground), construction and industrial equipment. The features of vibration impact on a soil mass in St. Petersburg. Considered action on the foundation of statistical and dynamic loads, leading to change the state of the ground, presents cohesive and incoherent soils. The system distinguishes between three phases: compaction, formation of the initial shifts and destruction. For evaluation of vibration effects were used the square method of assessment areas. As the main performance characteristics of the vibration exposure of the selected quantity of the density of highway network, traffic flow on them and the level of vibration generated by moving vehicles. Presents a map of the vibration field in St. Petersburg.

Key words: vibration impacts, technogenesis, ground, deformation, transport.

#### AUTHOR

Pankratova K.V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant, e-mail: pan-ksenia@yandex.ru, National Mineral Resource University «University of Mines», 199106, Saint-Petersburg, Russia.

#### REFERENCES

1. Voznesenskiy E. A. *Dinamicheskaya neustoychivost' gruntov* (Dynamic instability of soils), Moscow, Izd-vo «Editorial», 1999, 264 p.

2. Geniev G. A. *Voprosy dinamiki sypuchey sredy* (The problems of dynamics of granular media), Moscow, Gosstroyizdat, 1958, 122 p.

3. Zhigalin A. D. *Gidrogeologicheskie i inzhenerno geologicheskie usloviya territorii gorodov* (Hydrogeological and engineering geological conditions of the territory of cities), Moscow, Nauka, 1989, pp. 31–37.

4. Ivanov P. L. *Razzhizhenie peschanykh gruntov* (Liquefaction of sandy soils), Leningrad, Gosenergoizdat, 1962, 260 p.

5. Lokshin G. P., Chesnokova I. V. *Transportnye magistrali i geologicheskaya sreda (otsenka tekhnogenogo vozdeystviya)* (Transport routes and geological environment (assessment of anthropogenic impact)), Moscow, Nauka, 1992, 112 p.

6. Osipov V. I. *Priroda prochnosti i deformatsionnykh svoystv glinistykh gruntov* (Nature of strength and deformation properties of clayey soils), Moscow, Izd-vo MГУ, 1979, 232 p.