



МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

## РОЛЬ ГЕОРАДАРНЫХ СКАНИРОВАНИЙ В КОМПЛЕКСЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КАЛИНИНГРАДА

Аносов Г.И.<sup>1</sup>, Бугаевский А.Г.<sup>2</sup>, Дементьев Ю.В.<sup>1</sup>, Денисов Р.Р.<sup>3</sup>,  
Немов В.И.<sup>2</sup>, Чугаевич В.Я.<sup>1</sup>, Шаумян А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО Центр Инженерных Изысканий «ИМПУЛЬС – М»,  
г. Калининград, e-mail: centerimpuls@gmail.com

<sup>2</sup>ООО «Центр геодинамических исследований» (ООО «ЦГИ»), г. Москва,  
e-mail: 7273677@yandex.ru

<sup>3</sup>www.georadar-expert.ru, e-mail: georadar@mail.ru

### Реферат

Настоящее сообщение обосновывает роль георадарных сканирований в комплексе геофизических исследований для строительства на территориях, грунты которых формируются отложениями низинных болот и имеют повышенную (более 10 м) мощность торфяника. Комплекс основывается на результатах экспериментальных работ и представлен методикой низкочастотного зондирования микросейсами (метод Накамура). При наличии песчаной подушки, перекрывающей открытую дневную поверхность торфяников, применение георадарного сканирования строения этой подушки представляется наиболее важным.

**Ключевые слова:** низинное болото, торфяник, георадарное сканирование, зондирование, микросейсмы.

## THE ROLE OF GEORADAR SKANNING RELATED TO THE ENGINEERING INVESTIGATIONS OVER WORKED UP LAND OF KALININGRAD'S TERRITORIES

Anosov G.I.<sup>1</sup>, Bugaevskiy, A.G.<sup>2</sup>, Dement'ev Yr.V.<sup>1</sup>, Denisov R.R.<sup>3</sup>,  
Nemov V.I.<sup>2</sup>, Chugaevich, V.Yar.<sup>1</sup>, Shaumiyan, A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engineering Study Center «IMPULSE-M», Ltd, Kaliningrad,  
e-mail: centerimpuls@gmail.com

<sup>2</sup>Geodynamics Study Center (CGI), Ltd, Moscow, e-mail: 7273677@yandex.ru

<sup>3</sup>www.georada-expert.ru, e-mail: georadar@mail.ru

### Abstract

This report is devoted to the choice of instrumental tools of the engineering study relate to the engineering investigations for the buildings aims over complexity subground site. If the peat sediments existing with the big thickness the instrumental tools must be limited by the H/V technique at all as well as recommended be SEGAME Team. In the case when the peat sediments overlying by the sand “pillow”, the using georadar scanning of the soil thickness would be likely used.

**Keywords:** low-lying swamp, peat, georadar scanning, sounding, microseims.

## Введение

Накануне чемпионата Мира по футболу ФИФА было принято решение строить новый стадион в г. Калининград на острове Октябрьский. Эта территория, расположенная практически в центре города, обладает сложным геологическим строением, которое обусловлено его расположением между двумя руслами реки Преголя (рис. 1). Старое прусское название острова, сохранившееся до середины 1940-х годов, Ломзе: слово это переводится как топь или болото [Пасека и др., 2014]. Действительно, поверхность острова веками была покрыта болотными отложениями низинного типа. Физико-механические свойства пород площадки стадиона изучались в последние годы по результатам инженерных изысканий, проведенных на районированной площадке ООО «ГТ Моргео» с привлечением ряда субподрядных организаций, в т. ч. ЗАО «НИПИ «ИнжГео», ЗАО «ЛенТисиз-Калининград».



Рис. 1. Обзорная карта острова Ломзе (Октябрьский) и окружающей территории:  
г. Калининград, 2013 г. (с высоты, юго-восток)  
(фото А. Красников: <http://a-krasnikov.Livejournal.com/1776.html>)

В геологическом строении района кристаллический фундамент, сложенный гранито-гнейсами, гранит-порфирами архей-протерозойского возраста, залегает на глубине около 2500 м. Платформенный чехол, перекрывающий кристаллический фундамент, представлен отложениями морского и континентального генезиса практически всех систем палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Дочетвертичные породы в описываемом районе залегают на глубине более 60–100 м.

Верхнемеловые отложения кампанского яруса ( $K_2cp$ ) представлены известковистыми алевролитами, переходящими в песчаники, мергелями, опоками, глинисто-карбонатно-кремнистыми породами с примесью песчано-алевритового материала до 10–40 %.

В разрезе четвертичных отложений описываемой территории выделено четыре слоя ледниковых образований, разделённые толщами межморенных отложений преимущественно озёрного и водно-ледникового происхождения. Мощность четвертичных отложений в регионе может достигать 100 м и более.

### Методика исследований

Инженерно-геологические свойства грунтов участка изысканий площадки стадиона подробно исследованы на основании бурения 104 скважин. Максимальная глубина скважин на площадке стадиона составляла 51,6 м (скв. 252). На основании полевых и лабораторных исследований на исследуемом участке выделены 19 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Учитывая имеющийся опыт [Галкин А.Н., 2016], следует отметить, что условия «низинного, пойменного болота», к которым относится участок строительства затрудняют проведение любых наземных работ, в том числе, и геофизических, сейсмогеологических из-за наличия приповерхностного обводнения и высоких (до 40 см) кочек и плотной заросли тростника. Тем не менее, после отсыпки песчаной подушки на всю территорию мощностью до 3-х метров, возможности развертывания систем наблюдений стандартной инженерной сейсморазведкой существенно возросли. Однако, имеющийся геологический разрез, содержащий более 12 метров торфа и торфосодержащих отложений, которые характеризуются резко пониженными физико-механическими и упругими параметрами, не позволяют обеспечить и глубину, и достоверность сейсмоакустических построений до глубинного уровня «минус 30 м». Показательно, что даже использование методических приемов поверхностных волн SASW или MASW не позволили выйти из толщи «песчаной подушки» (т.е. глубина исследований не более 2–3-х метров). Таким образом, основной метод исследований на строительной площадке стадиона ФИФА реализовался [Castellaro, 2016] только в формате метода низкочастотного зондирования микросейсмами (МНЧЗМ), более известный в широкой периодике как метод HVSRm (horizontal to vertical spectral ratio from microseisms) (рис. 2, справа).

### Результаты работ

По результатам проведенных исследований ООО ЦИИЗ «ИМПУЛЬС-М» (2014 г.) и ООО ЦГИ (2015 г.) было установлено, что важное значение при оценке прогнозируемой сейсмичности территории строительства, в частности, и острова, в целом, а так же при прогнозе устойчивости сформированной дневной поверхности на «искусственной песчаной подушке», которая положена на подвижное «тело торфяника», имеет знание строения этой

самой компенсирующей толщи и ее реакция на внешние природные и техногенные воздействия. Важность возникшей задачи иллюстрируется многочисленными провалами (рис. 3) дневной поверхности вокруг стадиона, обусловленными процессами «солифлюкции» или вымывания песков над поверхностью ниже залегающей толщи торфяника (?).

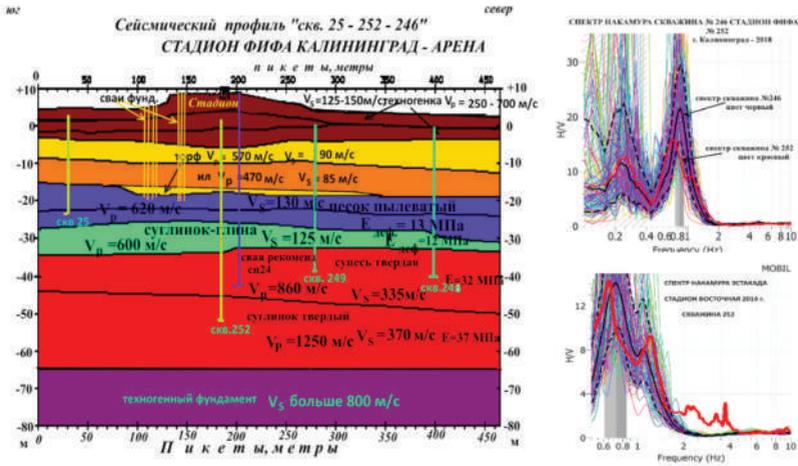


Рис. 2. Пример геологического разреза, выполненный по корреляции данных скважин инженерного бурения (слева) и экспериментальные материалы МНЧЗМ (справа)



Рис. 3. Провалы тротуарной плитки вокруг стадиона ФИФА «Калининград – Арена» (2018 г.)

Решение этой не традиционной задачи выполнялось георадарным сканированием с применением георадарного комплекта ОКО-2 с излучающими антеннами АБ 400 МГц и АБ 150 МГц. Пример таких работ представлен на (рис. 4); наблюдения выполнены вдоль вновь построенной Парадной набережной (южная сторона стадиона). На этой иллюстрации (на нижнем рисунке) на участках, отмеченных вертикальными синими линиями,

выделяются области вблизи дневной поверхности с повышенными значениями диэлектрической проницаемости, что может свидетельствовать, либо о повышенной влажности песка, либо даже о начале развития пустоты, которая обуславливает провалы тротуарной плитки.

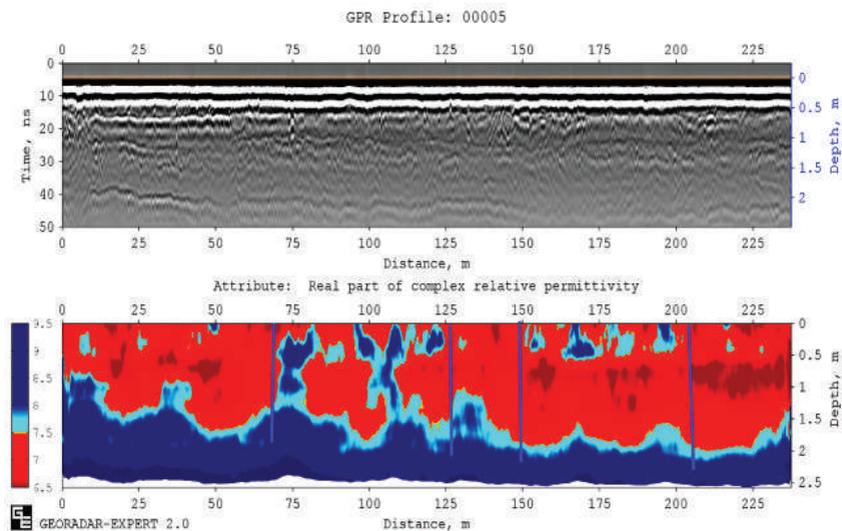


Рис. 4. Пример радарограммы вдоль парапета Парадной набережной (южная сторона стадиона) и обработка по программам Денисова Р.Р. «ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ» (атрибут «диэлектрическая проницаемость»: строение «песчаной подушки» над поверхностью торфяника. Аномальные зоны отмечены синими вертикальными линиями

Таким образом, в результате экспериментальных работ на участке строительства стадиона ФИФА «Калининград — Арена» был сформирован оптимальный комплекс методов и аппаратуры, который позволяет с высокой достоверностью результатов и с умеренной стоимостью выполнить инженерно-геофизические исследования в составе инженерно-геологических изысканий для строительства в сложных поверхностных и геологических условиях на подрабатываемых территориях, которые представлены мощным (более 10 м) разрезом озерно-болотных отложений.

### Литература

Пасака О.Н., Аносов Г.И., Дементьев Ю.В., Зиновьев В.Н., Чугаевич В.Я. Особенности изучения грунтов оснований фундаментов сооружений на острове Октябрьский, г. Калининград // Международный журнал «Геотехника», 2014, № 5–6, С. 4–12.

Галкин, А.Н. Инженерная геология Беларуси: монография: в 3 ч. / А.Н. Галкин. — Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2016. — Ч. 1: Грунты Беларуси / под науч. ред. В.А. Королева, 2016. — 367 с.

Castellaro, S. The complementarity of H/V and dispersion curves // Geotechnical and Geophysical Site characterization 5 — Lehane, Acosta-Martinez and Kelly (eds), Sydney, Australia, 2016. P. 6.