

<b>А. К. Некрасова, В. Г. Кособоков</b> Общий закон подобия для землетрясений: оценка сейсмической опасности и ассоциированных риск .....	88
<b>Б.Г. Пустовитенко, Э.Э. Эреджепов</b> Коэффициенты динамического усиления $\beta$ для сейсмотектонических условий Крыма (на примере г. Ялта).....	100
<b>D. Venouar</b> A methodology for the re-evaluation of the seismicity in the Maghreb countries –Algeria, Morocco, Tunisia.....	106
<b>Р.А. Магомедов</b> Сейсмотектоника и сейсмичность северо-восточного сегмента восточного Кавказа.....	114
<b>В.С. Лютикова, И.Н. Литовченко, Н.Б. Амиров</b> Активизация слабой сейсмичности, как показатель формирования очаговых зон сильных землетрясений в земной коре северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий.....	124
<b>Q.C.Yetirmişli , N.B.Xanbabayev, A.M.Quliyeva, A.N.Sultanova, N.Məmmədova, A.F.Aliyeva</b> Yevlax-Agcabədi və aşağı Kür çökəkliyində baş vermiş güclü zəlzələlərin ( $m_l \geq 4.5$ ) seysmomaqnit effektlə əlaqəsi .....	131
<b>А.Г.Рзаев, М.К.Маммедова, А.Н.Султанова</b> Анализ напряженного состояния геологической среды на площади нефте-газового и нефте-химического производства в районе Сангачалы методом магнитометрии.....	137
<b>Ж. Ш. Бозоров, Э.М. Ядигаров, Орипов Н. К.</b> Особенности изменения инженерно-геологических и сейсмических свойств просадочных грунтовых оснований с помощью метода deep soil mixing .....	140
<b>L. V. Eppelbaum, Y. I. Katz</b> Sea of Galilee seismicity and its connection with potential geophysical fields.....	149
<b>H. Drias, Y.Drias</b> Artificial intelligence for emergency transport: a case study for the 2023 Turkey earthquakes.....	166
<b>И.А. Керимов, А.С. Эльжаев, А.А. Додуев</b> Сейсмологические исследования на карбоновом полигоне Чеченской Республики.....	180
<b>О.Ю. Крицкая, В.И. Попков, А.А. Остапенко, И.Е. Дементьева</b> Сейсмотектонические деформации южного склона северо-западного Кавказа.....	186

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА DEEP SOIL MIXING

*Бозоров Жонибек Шавкатович*

*E-mail: [j.bozorov1968@gmail.com](mailto:j.bozorov1968@gmail.com)*

*Ядигаров Элдор Махмадиёрович*

*E-mail: [yadigarov1987@mail.ru](mailto:yadigarov1987@mail.ru)*

*Орипов Нозим Комилович*

*E-mail: [nozim.o.k92@mail.ru](mailto:nozim.o.k92@mail.ru)*

**Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан**

### Аннотация

В статье обсуждены результаты проведённых полевых сейсморазведочных и инструментально-сейсмометрических исследований на площадке строительства многоэтажного жилого дома, где просадочные свойства грунтовых оснований ликвидированы методом Deep soil mixing (DSM). В результате техногенного воздействия на грунтовую среду изменены инженерно-геологические и сейсмические свойства грунтовых оснований, что в конечном итоге привели к снижению значения сейсмической интенсивности и нагрузки на здание.

**Введение.** Современное развитие технологии мелиорации грунтовых оснований на базе современного оборудования позволило по-новому взглянуть на методы устройства искусственных оснований зданий и сооружений. Практика геотехнического строительства естественным образом стимулирует развитие расчетных методик, инженерных изысканий, регулирующих документов. Естественно, что многообразие природно-климатических, инженерно-геологических и организационно-правовых факторов на территории Узбекистана требует проведения всестороннего анализа, тщательных расчетов и нормативного обоснования принимаемых решений. Технология глубинного перемешивания грунта (англ. deep soil mixing, DSM) получила широкое применение в мире для устройства различного вида грунтоцементных элементов [1-2]. Методика заключается в перемешивании грунта природного сложения с вяжущим материалом практически без извлечения бурового шлама наружу (рис. 1).

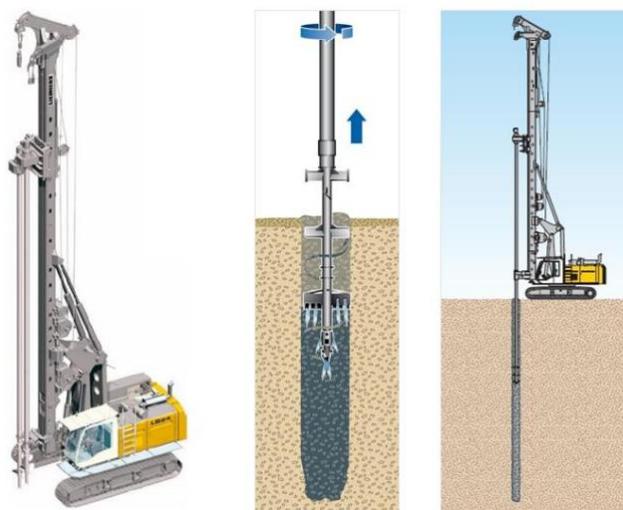
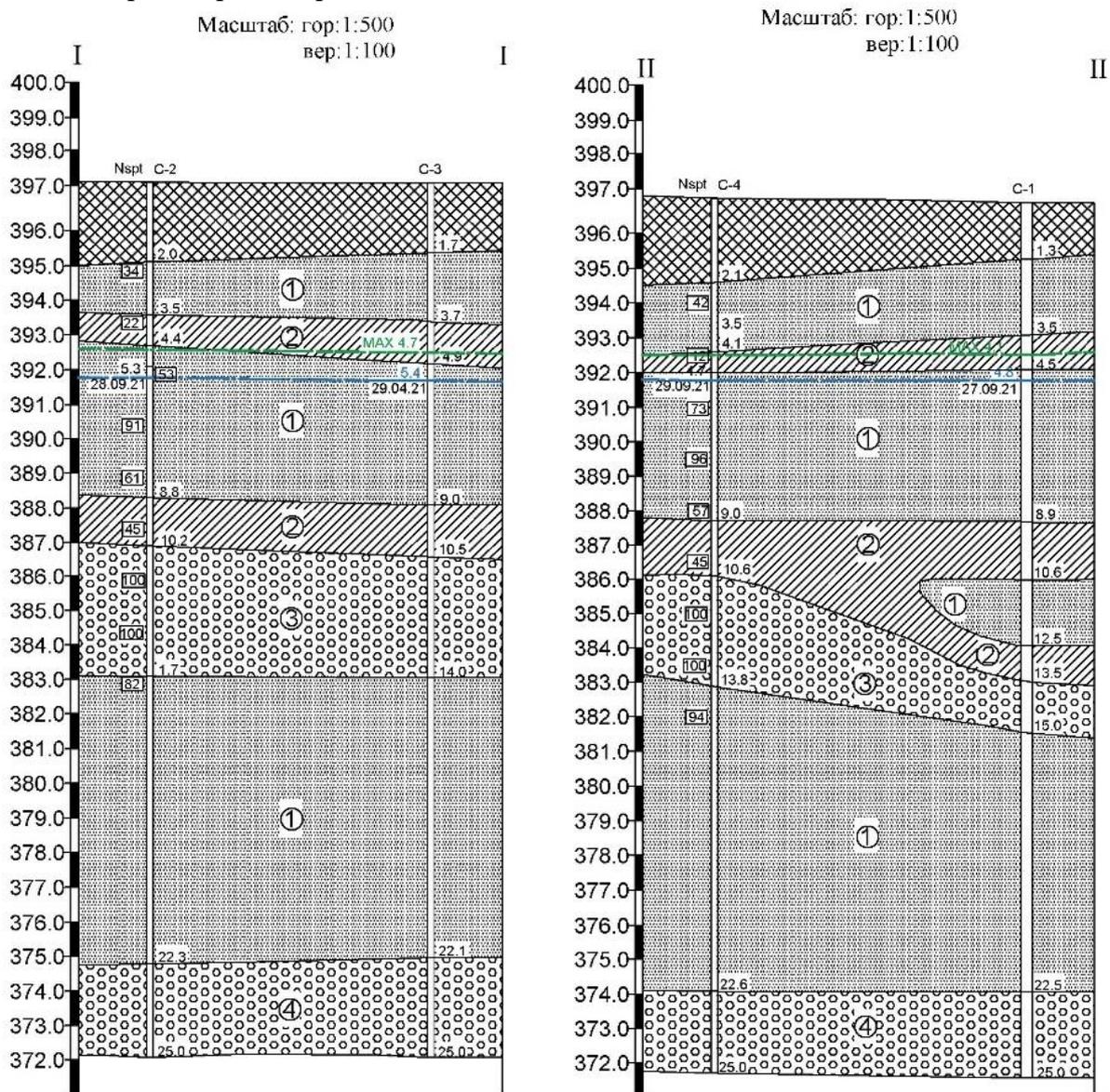


Рис.1. Схема производства работ по технологии глубинного перемешивания грунта

Deep Soil mixing (DSM)-метод, позволяющий улучшить несущую способность грунтов с помощью перемешивания цементных, глинистых, известковых смесей с местными грунтами, как метод улучшения физико-механических свойств грунтов во всем мире, особенно в Великобритании, Германии, Франции, Китае, России, Турции и ряде развитых стран мира. Это может не только снизить затраты на проект, но и устранить задержки, когда речь идет о строительных проектах. Смешивание грунта также более экологично за счет сокращения выбросов углекислого газа, чем другие методы улучшения грунта. Важно отметить, что нет необходимости добывать существующий материал на месте, а удаление отходов минимально. Существующий грунт на участке используется в качестве строительного материала, и нет необходимости транспортировать на строительную площадку дорогие материалы, что снижает движение транспортных средств.



1-рис. Геолого-литологический разрез

1-Супесс, 2-Суглинок, 3-Гравий, 4-Галечник

**Технология глубокого перемешивания грунтов.** Глубинное перемешивание грунта (ГПГ) предусматривает создание элементов закрепленного вяжущим грунта

требуемой формы, размеров, а также прочностных и деформационных характеристик. Применение технологии распространяется как на преобразование грунтовых оснований [3], так и на ограждение котлованов [4]. Смешивание грунтов по глубине - это метод улучшения состояния грунта путем механического смешивания мягких грунтов с цементным вяжущим. Смешивание таких материалов, как цемент, зола, известь или бентонит, с грунтом приводит к усилению свойств грунта.

**Анализ результатов.** Исследования проводились на строительной площадке “16-этажные жилые дома”, расположенной на пересечении улиц Туркестанская и Маварауннахр города Коканда Ферганской области. В районе исследования четвертичные отложения распространены по верхнечетвертичным отложениям голодностепского комплекса (арQIIIgl), образованным аллювиально-пролювиальным путем. На участке от поверхностной части до глубины 25 м располагаются лессовидные грунты, глины и песчаные грунты, галечники в виде небольших пластов. В результате инженерно-геологических изысканий, проведенных на участке, был составлен геолого-литологический разрез.(Рис.1).

На участке инженерно-геологический изысканий грунты разделены на 4 инженерно-геологических элемента. ИГЭ-1 Супес, ИГЭ-2 Суглинки, ИГЭ-3 Гравий ва ИГЭ-4 Галечник и определены физико-механические свойства каждого элемента.

Таблица 1

Нормативные и расчетные значения характеристик ИГЭ-1

Наименование характеристики	Еденица измерения	Значения в естественном состоянии
Плотность грунта,	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	1,55
Плотность сухого грунта,	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	1,50
Влажность,	$(W)$ , %	13,5
Пористость,	$(n)$ , %	42,9
Коэффициент пористости,	$(e)$	0,755
Угол внутреннего трения	$(\varphi)$ , град	30
Модул деформации,	$(E)$ , МПа	8

Таблица 2

Нормативные и расчетные значения характеристик ИГЭ-2

Наименование характеристики	Еденица измерения	Значения в естественном состоянии
Плотность грунта,	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	1,90
Плотность сухого грунта,	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	1,60
Влажность,	$(W)$ , %	27,2
Пористость,	$(n)$ , %	44,9
Коэффициент пористости,	$(e)$	0,807
Угол внутреннего трения	$(\varphi)$ , град	25
Модул деформации,	$(E)$ , МПа	5,6

Таблица 3

### Нормативные и расчетные значения характеристик ИГЭ-3

Наименование характеристики	Единица измерения	Значения в естественном состоянии
Плотность грунта,	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	1,90
Модул деформации,	(E), МПа	40
Коэффициент фильтрации,	(K), м/сут	50-100

Таблица 4

### Нормативные и расчетные значения характеристик ИГЭ-4

Наименование характеристики	Единица измерения	Значения в естественном состоянии
Плотность грунта,	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	2,05
Модул деформации,	(E), МПа	45
Коэффициент фильтрации,	(K), м/сут	50-150

Кроме того, на строительной площадке проводились сейсморазведочные полевые исследования. Сейсморазведочные исследования проводились методом MASW, и были получены следующие результаты. Ниже приведены графики изменения скоростей распространения поперечных волн на глубине 30 м в 2 точках. При этом установлено, что скорость распространения поперечных волн в среднем равна  $V_{s30}=300$  м/сек.

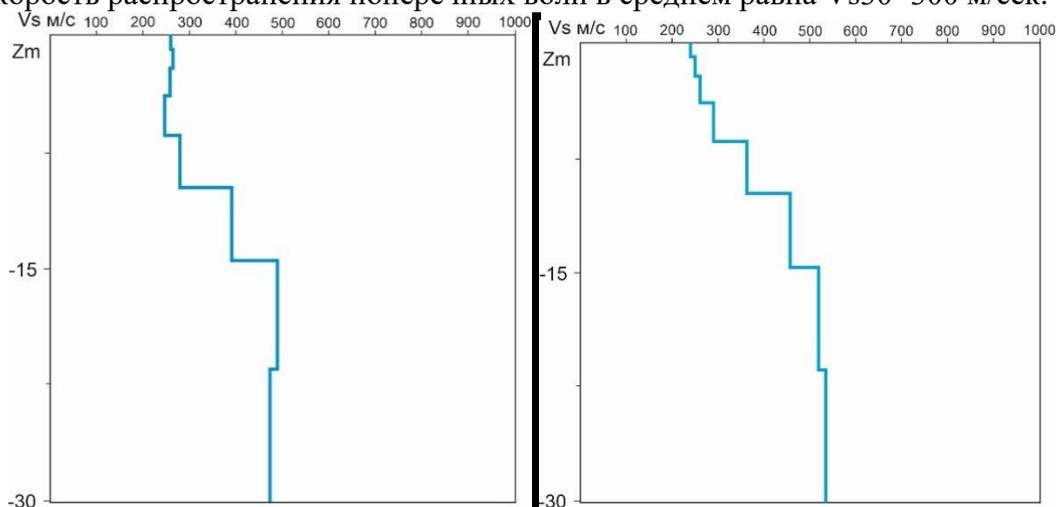


Рис. 2. Распределение  $V_{s30}$  по глубине

Таблица 5

Точка наблюдения	$V_{s30}$	$\rho_{30}$	$(V_{s_i} \cdot \rho_i)$	Сейс. жес. репер грунт (660*1,9)	$dI_{с,ж.}$
Профил-сред	300	1,75	525	1254	+0,64

Значения инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов до инженерной подготовки

Таблица 6

Наименование характеристики	Единица измерения	Значения в естественном состоянии
Плотность грунта,	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	<u>1,55-2,05</u> 1,75
Плотность сухого грунта,	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	<u>1,50-1,60</u> 1,55
Влажность,	$(W)$ , %	<u>13,5-27,2</u> 20,5
Пористость,	$(n)$ , %	<u>42,4-50,0</u> 43,2
Скорость поперечных волн,	$(V_s)$ , м/с	<u>260-350</u> 300
Сейсмическая жесткость,	$(V_{Si} \rho_i)$	495
Приращение сейсмической балльности	$(\Delta I)$ , балл	+0,64

### Повышение прочности грунтов на строительной площадке методом Deep Soil mixing

Deep Soil mixing (DSM) - это быстрый, экономичный и экологически чистый метод который улучшает деформационные свойства грунтов. Система предназначена для улучшения состояния рыхлых грунтов путем смешивания цементного вяжущего с глиной, торфом или нижележащими слоями.

Под 16-этажным жилым зданием, расположенным на пересечении улиц Туркестанская и Маварауннахр в городе Коканд, Ферганской области, на площади 620 м<sup>2</sup> размещено 154 сваи длиной 19 м, диаметром 1 м (DSM).

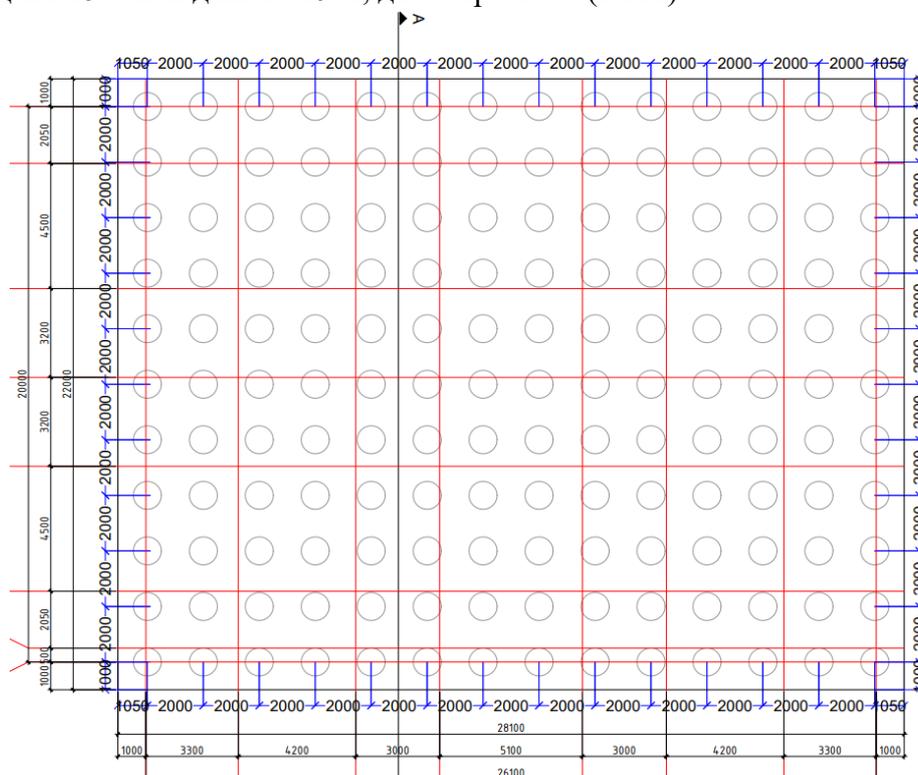


Рис.3. Схема планировки свай на строительной площадке (DSM)

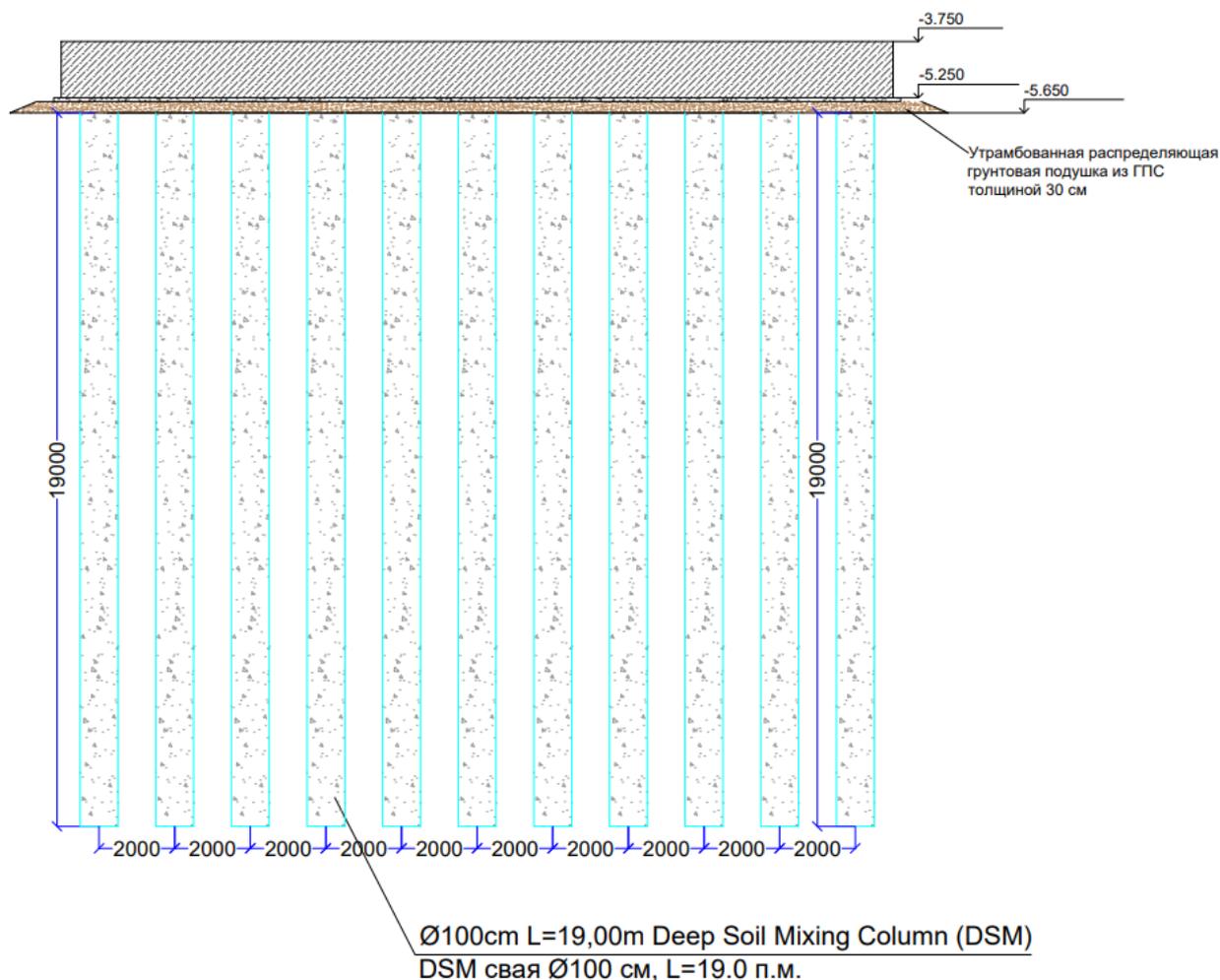


Рис.4 Разрез расположения свай DSM

В котловане, где были размещены сваи DSM, были проведены инженерно-геологические, сейсморазведочные и инструментальные полевые изыскания и получены следующие результаты. На строительной площадке были проведены сейсмометрические измерения микросейсм для определения параметров грунта по методу Накамуры.

Метод оценки приращения сейсмической интенсивности позволяет оценить спектральное соотношение  $H/V$  обработки данных с помощью программы JSesame, основанной на синхронной регистрации естественных помех в двух или более десятках точек и последующем сравнении амплитудно-спектральных характеристик микросейсмических помех. (горизонтальные и вертикальные колебания, Метод Накамуры, 1991). Во время обработки помехи, вызванные антропогенными и другими факторами, вырезаются из временной шкалы. Рассчитан коэффициент разжижения грунтов под циклическим воздействием.

$$K_g = \frac{A_p^2}{F_p}, \quad (5)$$

где, соотношение  $A$  -  $H/V$ ,  $F_p$ - основная частота грунтов

Для определения приращения интенсивности сейсмических колебаний использовалось следующее соотношение:

$$\Delta J = Lg2(A_i/A_n), \quad (6)$$

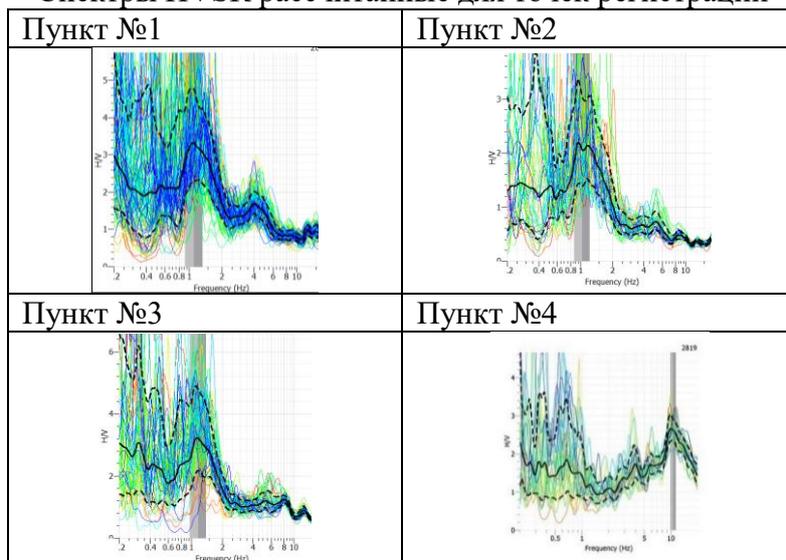
где,  $A_i$ - амплитуда сигнала в исследуемой точке,  $A_n$ -амплитуда опорной точки



Рис. 5. Расположение инструментальных точек измерения

Таблица 7

Спектры HVSR рассчитанные для точек регистрации



Расчетные параметры грунтов по методу HVSR

Таблица-8

№	HVSR	F <sub>0</sub>	K <sub>g</sub>	dI
1	4	1,5	10,6	-0,54
2	5,2	0,7	38,6	-0,11
3	8	1,1	14,5	-0,81
4	2,0	1,03	3,88	-0,43

Результаты полевых сейсморазведочных исследований после инженерной подготовки



Рис. 6. Профили сейсморазведочных исследований

Таблица 9

Точка наблюдения	$V_{S30}$	$\rho_{30}$	Сейс. жест. репер грунт (660*1,9)	$dI_{с,ж.}$
Профил-1	350	2,3	1254	+0,32
Профил -2	506	2,46	1254	0,005
Профил -3	550	2,40	1254	-0,03
Профил-средн	470	2,39	1254	0,09

Значения инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов после инженерной подготовки

Таблица 10

Наименование характеристики	Еденица измерения	Значения в естественном состоянии
Плотность грунта,	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	$\frac{2,30-2,46}{2,40}$
Плотность сухого грунта,	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	$\frac{1,65-1,75}{1,70}$
Влажность,	$(W)$ , %	$\frac{10,5-20,2}{15,5}$
Пористость,	$(n)$ , %	$\frac{34,4-39,5}{36}$
Скорость поперечных волн,	$(V_s)$ , м/с	$\frac{350-550}{470}$
Сейсмическая жесткость,	$(Vs_i \cdot \rho_i)$	1124
Приращение сейсмической балльности	$(\Delta I)$ , балл	0,09

**Вывод.** Таким образом, по результатам сейсморазведочных полевых исследований скорость распространения поперечных волн в поле перед инженерной подготовкой составляет в среднем  $V_S=300$  м/сек, а сейсмическая жесткость-  $V_{S1} \cdot \rho_1=495$ , а скорость распространения поперечных волн в поле после инженерной подготовки-в среднем  $V_s=470$  м/сек, а сейсмическая жесткость-  $V_{S1} \cdot \rho_1=1124$ . Исходя из приведенных выше данных, мы можем видеть, что изменение приращение сейсмической интенсивности уменьшилось на  $\Delta I=0,76 \approx 1$  балл.

По результатам инструментальных исследований были проанализированы результаты до и после инженерной подготовки грунтов, распространенных по строительной площадке. Перед подготовкой было установлено, что грунты по сейсмическим свойствам относятся к третьей категории[3]. Резонансная частота грунтов на строительной площадке изменяется в пределах 0,7-1,5 гц. Было обнаружено, что при расчете сейсмической интенсивности в измеренных точках в состоянии после инженерной подготовки наименьшее значение снижается в третьей точке, то есть на  $\Delta I=0,81$  балла.

#### **Список использованной литературы**

1. Bell A., Kirsch K. 2012. //Ground improvement//. – 3rd ed. – CRC Press,
2. Корпач А.И., Лофицкий А.В. 2015. //Возможности применения технологии глубинного перемешивания грунта DSM для ограждения котлованов// Геотехника. — № 3 – С. 16–22.
3. Ф.Ф. Захниева, Д.А. Внуков, А.И. Корпач. 2017. //Преобразование грунтовых оснований с применением технологии глубинного перемешивания грунта// Т. 8, № 4 – С. 116–125. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.4.12
4. Богданов О.И., Корпач А.И. 2013 г. //Применение технологии глубинного перемешивания грунта DSM для усиления грунтовых оснований// Инновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике: материалы науч.-техн. конф. с междунар. участием, Липецк, 27–29 октября – М.: Палеотип, 2013 – С. 271–276.
5. Исмаилов В.А. 2017. //О приращении сейсмической интенсивности при инженерной подготовке лессовых оснований зданий и сооружений// Вестник НУУз. – Ташкент: НУУз, - № 3/1. – С. 290-296.
6. Кригер Н.И., Кожевников А.Д., Миндель И.Г. 1994. //Сейсмические свойства дисперсных пород// (сейсмолитозэкологический подход). – М.: ИНЖЭКО,– 195 с.
7. КМК 2.01.03-19 1998. //Строительство в сейсмических районах// Строительные нормы и правила–Ташкент: ИВЦ «АQATM» Госархитектстрой РУз, – 121 с.
8. Укрепление слабых грунтовых оснований способом глубинного перемешивания грунта по технологии DSM (Deep Soil Mixing): стандарт организации. – М., 2015

Formatı: 70\*100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Həcmi: 24 ş.ç.v

Tirajı: 80

Direktor: Eyvazov Səməd

Texniki redaktor: Xəlilov Mail

Cildçi:Ruhəngiz Hacıyeva

“OPTİMİST” MMC -də çap olunmuşdur.

Azərbaycan, Bakı şəhəri, Nəsimi rayonu,

D. Əliyeva küç., 239.