



Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет  
кафедра геотехники

# Подходы к стандартизации данных инженерно-геологических изысканий при внедрении ТИМ в практику изысканий

**Ланько Сергей Владимирович**

к.т.н., доцент, доцент кафедры геотехники

# Принципы BIM (ТИМ) технологий

**Информационное моделирование зданий (BIM)** — это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта.

BIM (ТИМ) — это общий ресурс знаний для получения информации об объекте, который служит надежной основой для принятия решений в течение его жизненного цикла, который определяется как существующий от самой ранней концепции до сноса.

В общем понимании технологии информационного моделирования зданий необходимы при формировании цифровых двойников зданий на всех этапах жизненного цикла.

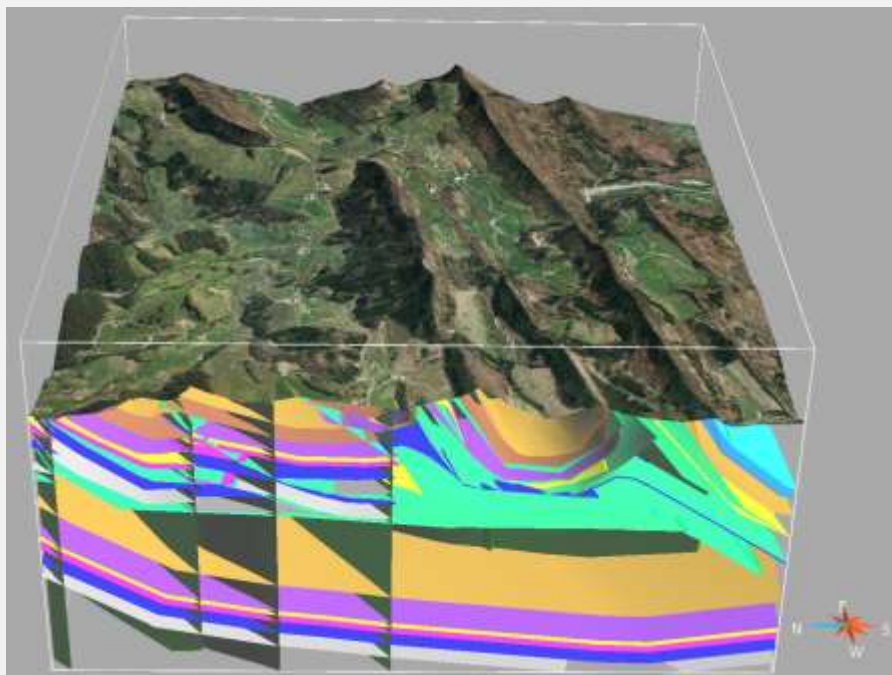
Цифровой двойник предполагает наполнение модели не только конструктивными или архитектурными элементами, а также документацией, системой мониторинга и др. элементами жизни здания.

Аналог из машиностроения – **PLM** – project life management



# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

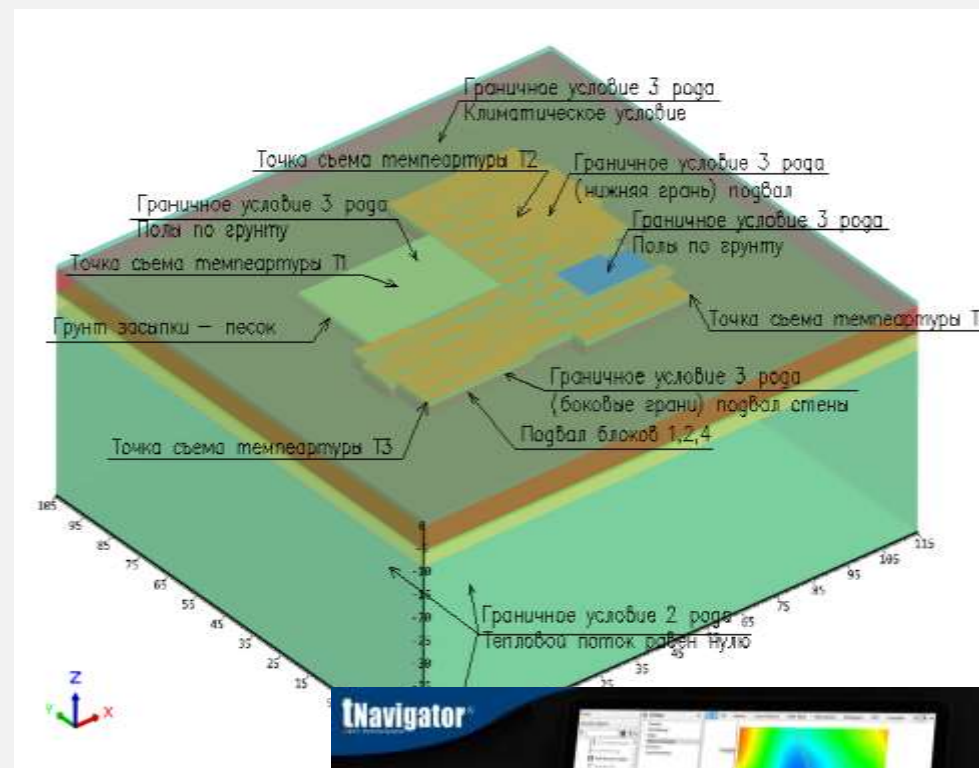
Расчетчики делают двойную работу – повторяют разрезы или вводят скважины так, как это уже сделали геологи



Импорт моделей



В расчетное ПО



Один из примеров двойной работы:

Площадка 300x800 м

Кол-во скважин ~ 400 шт

Кол-во термоскважин - ~ 200 шт

Данные термометрии – PDF таблица + график



Заполнение вручную!



# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

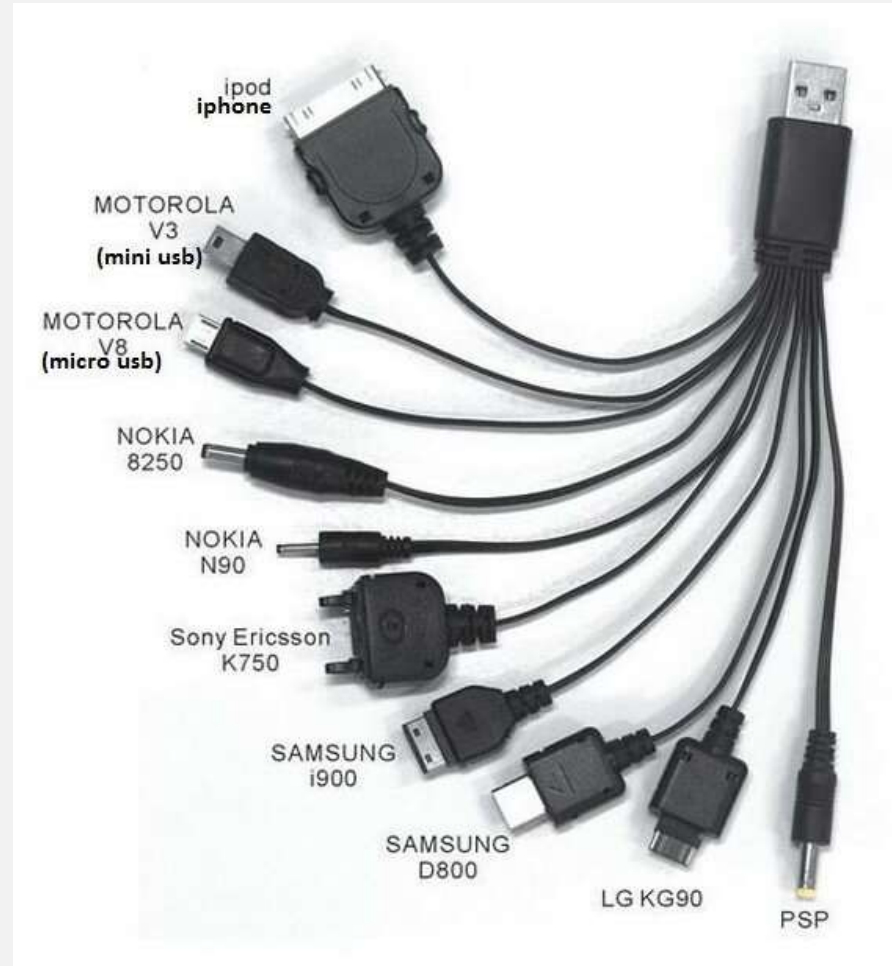
Для того, чтобы 3D-модели были функциональными и «рабочими», данные ИГИ-отчетов нужно стандартизировать и структурировать.

В качестве примера приведем зарядные устройства для телефонов:

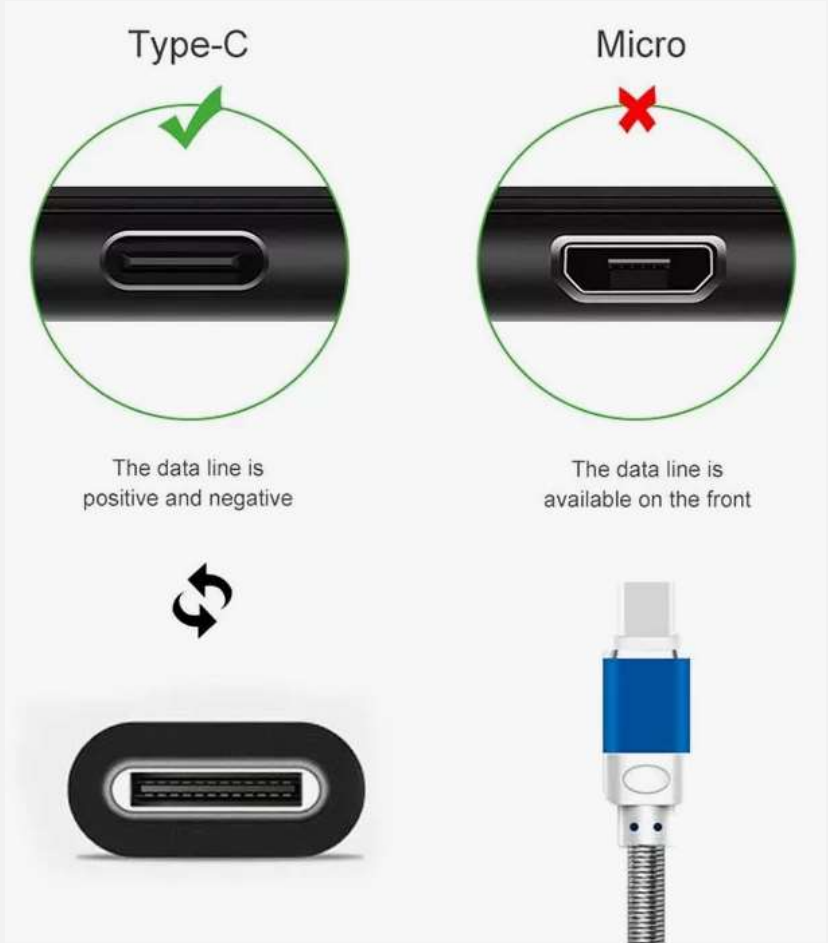
До перехода на кабель типа USB (type C) у каждого производителя была «своя зарядка», которая выполняла одну и ту же функцию у всех – зарядить телефон от розетки в 220 В и передать данные (фото и тп при такой возможности).

Сейчас не нужно искать «зарядку» для NOKIA или LG – нужен только кабель USB

Структура данных: **сейчас**



Структура данных: **как нужно**





# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Примеры оформления данных разных отчетов

Таблица 10.1- Нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик грунтов

№ Элемента	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д. е.	Число пластичности	Показатель текучести	Прочность	
			$\rho_n$	$\rho_l$	$\rho_{II}$					$\phi_n$	$\phi_l$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1а	Насыпные грунты несжавшиеся	$t_{IV}$	$R_0 = 0,80 \text{ МПа} (1,5 \text{ кгс/см}^2)$								
1	Насыпные грунты сжавшиеся	$t_{IV}$	$R_0 = 0,15 \text{ МПа} (1,5 \text{ кгс/см}^2)$								
1б	Торфа среднеразложившиеся	$b_{IV}$	-	-	-	-	3,505	В качестве основания не			
2	Суглинки текучие	$m, l_{IV}$	1,91	1,90	1,90	0,869	0,315	0,103	$\frac{1,11}{0,45}$	8	7
2а	Супеси пластичные	$m, l_{IV}$	1,97	1,96	1,96	0,729	0,267	0,054	$\frac{0,96}{0,29}$	13	12
3	Пески пылеватые плотные	$m, l_{IV}$	2,06	2,04	2,06	0,550	1,97	-	-	34	31
3а	Пески средней крупности средней плотности	$m, l_{IV}$	1,99	1,97	1,99	0,652	0,237	-	-	35	32
3б	Пески пылеватые средней плотности	$m, l_{IV}$	2,01	1,98	2,01	0,602	0,214	-	-	32	29
3в	Среднезатерфованные грунты	$m, l_{IV}$	-	-	-	-	0,968	0,236	$\frac{1,33}{-}$	В качестве	
4	Суглинки текучие, ленточные	$lg_{III}$	1,82	1,81	1,82	1,108	0,398	0,157	$\frac{1,07}{0,49}$	9	9
5	Суглинки текучепластичные, слоистые	$lg_{III}$	1,94	1,93	1,93	0,813	0,293	0,111	$\frac{0,84}{0,32}$	11	11
6	Супеси пластичные, с гравием и галькой до 10 %	$g_{III}$	2,14	2,14	2,14	0,470	0,172	0,064	$\frac{0,25}{0,01}$	20	19
7	Суглинки полутвердые, с гравием и галькой до 10 %	$g_{III}$	2,13	2,12	2,13	0,497	0,174	0,082	$\frac{0,15}{-0,07}$	17	16
7а	Суглинки тугопластичные, с гравием и галькой до 10 %	$g_{III}$	2,10	2,09	2,10	0,540	0,190	0,085	$\frac{0,35}{0,12}$	10	9



$$E = \frac{P_{i+1} - P_i}{\epsilon_{i+1} - \epsilon_i} \times \beta = \frac{0,3 - 0,1}{0,058 - 0,039} \times 0,57 = 6,0 \text{ МПа} \quad m_0 = 0,165 \text{ МПа}^{-1}$$

# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Примеры оформления данных разных отчетов

Таблица 5.3.1. Нормативные и расчетные показатели характеристик грунтов по выделенным ИГЭ

№ ИГЭ	Номенклатура согласно ГОСТ 25100	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %						Число пластин, I <sub>p</sub>	Коэффициент пористости, e	Коэффициент водонасыщения, д.е.	Показатель текучести, д.е.	по ДальНИИС				По рез-там полевых испытаний				Удельное сцепление, С, МПа		
			Угол внутреннего трения (расчетный), J, град		Удельное сцепление (расчетное), С, МПа		Модуль деформации	Угол внутреннего трения (расчетный), J, град					Удельное сцепление (расчетное), С, МПа		Модуль деформации								
			КД	НН	КД	НН		НН					ПП	НН		ПП							
1	Насыпной неоднородный грунт - суглинок легкий пылеватый с дресвой (28.8%) твердой консистенции, включения строительного мусора, tQ <sub>IV</sub>	Нормативное	2.70	2.10	1.87	12.2	31.5	19.5	12.0	0.443	0.76	-	-	-	-	26	21	14	0.059	0.052	26,9	-	
		Расчетное для 0,85		2,08													21	14	0,059	0,052			
		Расчетное для 0,95		2,06													18	12	0,039	0,035			
2	Суглинок тяжелый пылеватый с включением дресвы (21.2%) твердой консистенции, dQ <sub>IV</sub>	Нормативное	2.72	2.07	1.85	12.3	30.7	18.5	12.2	0.479	0.70	-	-	-	-	22	17	12	0.071	0.070	24,3	-	
		Расчетное для 0,85		2,02													17	12	0,071	0,070			
		Расчетное для 0,95		1,99													15	10	0,047	0,047			
3а	Современные оползневые отложения - Суглинок легкий пылеватый дресвяный (47.7%) твердой консистенции с включением глыб известняка, dpQ <sub>IV</sub>	Нормативное	2.73	2.17	1.90	14.3	29.6	17.7	11.8	0.445	0.87	-	-	-	-	22	22	17	0.037	0.029	22,3	-	
		Расчетное для 0,85		2,01													22	17	0,037	0,029			
		Расчетное для 0,95		1,99													19	15	0,025	0,019			
3	Современные оползневые отложения - Суглинок легкий песчанистый дресвяный (29.6%) твердой консистенции с включением глыб известняка, dpQ <sub>IV</sub>	Нормативное	2.73	2.17	1.92	12.6	29.6	18.4	11.2	0.409	0.83	-	-	-	-	26	21	15	0.057	0.049	28,1	-	
		Расчетное для 0,85		2,15													21	15	0,057	0,049			
		Расчетное для 0,95		2,13													18	13	0,038	0,033			
4	Древнеоползневые отложения Суглинок легкий песчанистый с дресвой (22.1%) твердой консистенции, dpQ <sub>III-IV</sub>	Нормативное	2.71	2.19	1.94	12.3	27.5	17.3	10.2	0.407	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,3	0.028	
		Расчетное для 0,85		2,17																			0,023
		Расчетное для 0,95		2,16																			0,020
	Бесструктурный элювий:	Нормативное																					

Результаты определения характеристик сжимаемости

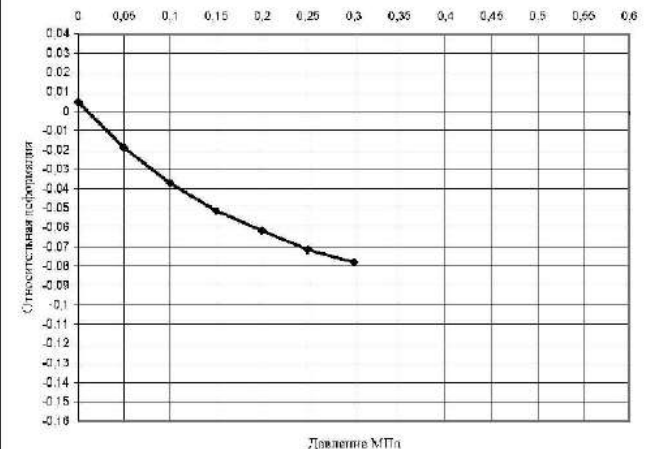
Скважина: 5  
Глубина, м: 2,00  
Прибор: 1-101

Грунт - суглинок:

Влажность, %	27,0
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,69
Угол внутреннего трения (расчетный), град	1,87
Удельное сцепление (расчетное), С, МПа	1,47
Пористость, %	45,3
Коэфф. порист.	0,890
Степень аэлон.	0,874
Граница текучести, %	38,3
Граница раскатывания, %	22,1
Число пластин, %	16,2
Показ. текучести природной	0,30

Вертикальное давл., Мпа	При водонасыщении			
	Относительная деформ. д.е.	Коэфф. пористости	Коэфф. сжимаемости	Модуль деформаций, Мпа
0,00	-0,005	0,639		
0,05	0,019	0,795		
0,10	0,037	0,762		
0,15	0,051	0,736		
0,20	0,062	0,717	0,450	4,000
0,25	0,072	0,699		
0,30	0,078	0,688		
0,35				
0,40				
0,45				
0,50				
0,55				
0,6				

График испытания грунта в компрессионном приборе



# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Примеры оформления данных разных отчетов

№ п/п	Наименование показателей	Един. измерения	ИГЭ 1	ИГЭ 4а	ИГЭ 4в	ИГЭ 16	ИГЭ 18	ИГЭ 19
1.	Свойства по лабораторным данным (приложение Д): Гранулометрический состав песка по фракциям, мм, с учетом материалов прошлых лет: 2,0 – 1,0 1,0 – 0,50 0,5 – 0,25 0,25 – 0,10 менее 0,10 Коэффициент фильтрации водой Природная влажность Влажность на границе текучести Влажность на границе раскатывания Число пластичности Показатель текучести Плотность частиц грунта Плотность Плотность сухого грунта Кoeff. пористости Кoeff. водонасыщения Удельное сцепление Угол внутреннего трения Компрессионный модуль деформации в интервале нагрузок 1-2 кгс/см <sup>2</sup> при компрессионных испытаниях Модуль деформации (с учетом корректировочного коэффициента $m_{оed}$ )	% % % % м/сут. % % % % д.ед. д.ед. г/см <sup>3</sup> д.ед. д.ед. д.ед. д.ед. кПа град. МПа МПа	0,4 1,3 24,4 50,2 23,7 3,87 - - - - - - - - - - - - - - -	- 1,7 16,1 50,1 32,1 3,09 9,5 - - - - 2,66 1,75 1,60 0,663 0,38 - - - -	- - 1,2 16,4 50,6 31,8 3,21 21,4 - - - 2,66 1,94 1,60 0,663 0,86 - - - -	- - - - - - 0,55 2,68 1,96 1,62 0,654 0,86 14 26 7,5	- - - - - - 0,60 2,69 1,94 1,51 0,781 0,97 21 20 6,8	- - - - - - 0,33 2,70 1,99 1,59 0,698 0,97 45 31 8,2
2.	Удельный вес грунта	кН/см <sup>3</sup>	-	17,2	19,0	19,2	19,0	19,5
3.	Удельное сопротивление грунта погружению конуса при статзондировании	МПа	5,2	5,9	5,3	3,8	1,7	2,3

ИГЭ	Теплопроводность грунта в талом состоянии, Вт/(м*С)	Теплопроводность грунта в мерзлом состоянии, Вт/(м*С)	Объемная теплоемкость талого грунта, Дж/(м*С)	Объемная теплоемкость мерзлого грунта, Дж/(м*С)	Коэффициент, принятый для песчаных грунтов равным 1,0, а для глинистых - по таблице Г.1 СП 25-13330.2012, в зависимости от значения теплоемкости и средней температуры грунта, С	Средняя по многолетним данным температура воздуха за период отрицательных температур, С	Продолжительность периода отрицательных температур, ч	Влажность грунта, д.е.	Влажность за счет плавящейся воды, считается для глинистых грунтов, мерзлых	Плотность сухого грунта, кг/м <sup>3</sup>	Средняя по многолетним данным температура воздуха за период положительных температур, С	Продолжительность периода положительных температур, ч	Температура начала замораживания грунта, С	Формула Г.5 СП 25-13330.2012	Формула Г.10 СП 25-13330.2012	Теплота таяния (замораживания) грунта, Дж/м	Расчетная температура поверхности грунта в летний период, С	Расчетный период положительных температур, ч	Нормативная глубина сезонного оттаивания, м	Нормативная глубина сезонного промерзания, м																																																																																																										
	$\lambda_{th}$	$\lambda_f$	$C_{th}$	$C_f$	$k_m$	$T_{ср}$	$t_{ср}$	$W_{от}$	$W_w$	$\rho_d$	$T_{th,m}$	$t_{th,m}$	$T_{из}$	$q_1$	$q_2$	$L_v$	$T_{th,c}$	$t_{th,c}$	$d_{th,n}$	$d_{f,n}$																																																																																																										
	1,45	1,6	1,9	1,7	1	-23,257	5088	0,11	0	1910	9,84	3672	-0,1	16805	16827	16808	16,176	4583	3,59	4,67																																																																																																										
ИГЭ - 1 Насыпной щебенчатый грунт малой степени водонасыщения	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">№ ИГЭ (слой)</th> <th rowspan="3">Номенклатура грунта</th> <th colspan="15">Нормативные и расчетные характеристики</th> <th rowspan="3">R<sub>о</sub>, кПа</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">w %</th> <th rowspan="2">J<sub>p</sub> %</th> <th rowspan="2">J<sub>L</sub></th> <th rowspan="2">e</th> <th rowspan="2">E Мпа</th> <th rowspan="2">F<sub>г</sub> г/см<sup>3</sup></th> <th rowspan="2">σ<sub>n</sub> кПа</th> <th rowspan="2">φ<sub>n</sub> град</th> <th colspan="3">α = 0,95</th> <th colspan="3">α = 0,85</th> </tr> <tr> <th>F<sub>г</sub> г/см<sup>3</sup></th> <th>c<sub>и</sub> кПа</th> <th>φ<sub>и</sub> град</th> <th>F<sub>г</sub> г/см<sup>3</sup></th> <th>c<sub>и</sub> кПа</th> <th>φ<sub>и</sub> град</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>Влажность</td> <td>Число пластичности</td> <td>Консистенция</td> <td>Коэффициент пористости</td> <td>Модуль деформации</td> <td>Плотность грунта</td> <td>Удельное сцепление</td> <td>Угол внутреннего трения</td> <td>Плотность грунта</td> <td>Удельное сцепление</td> <td>Угол внутреннего трения</td> <td>Плотность грунта</td> <td>Удельное сцепление</td> <td>Угол внутреннего трения</td> <td>Расчетные сопротивления грунтов оснований</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Насыпной щебенчатый грунт незасоленный, талый, малой степени водонасыщения</td> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td>0,42</td> <td>29,01</td> <td>2,04</td> <td>27,9</td> <td>21</td> <td>1,99</td> <td>25</td> <td>19</td> <td>2,01</td> <td>28</td> <td>21</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>1м</td> <td>Насыпной щебенчатый грунт незасоленный, твердомерзлый, слабодлистый, при оттаивании средней степени водонасыщения</td> <td>7</td> <td>4</td> <td></td> <td>0,33</td> <td>42,1</td> <td>2,16</td> <td>28,2</td> <td>16,5</td> <td>2,11</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>2,13</td> <td>28</td> <td>16</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>2м</td> <td>Песчанник очень низкой прочности (дресвяный грунт с песчаным заполнителем), твердомерзлый, слабодлистый, при оттаивании средней степени водонасыщения</td> <td>9</td> <td>4</td> <td></td> <td>0,43</td> <td>29,04</td> <td>2,06</td> <td>58</td> <td>29</td> <td>2,02</td> <td>53</td> <td>26</td> <td>2,04</td> <td>58</td> <td>29</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table>																				№ ИГЭ (слой)	Номенклатура грунта	Нормативные и расчетные характеристики															R <sub>о</sub> , кПа	w %	J <sub>p</sub> %	J <sub>L</sub>	e	E Мпа	F <sub>г</sub> г/см <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> кПа	φ <sub>n</sub> град	α = 0,95			α = 0,85			F <sub>г</sub> г/см <sup>3</sup>	c <sub>и</sub> кПа	φ <sub>и</sub> град	F <sub>г</sub> г/см <sup>3</sup>	c <sub>и</sub> кПа	φ <sub>и</sub> град			Влажность	Число пластичности	Консистенция	Коэффициент пористости	Модуль деформации	Плотность грунта	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Плотность грунта	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Плотность грунта	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Расчетные сопротивления грунтов оснований	1	Насыпной щебенчатый грунт незасоленный, талый, малой степени водонасыщения	6			0,42	29,01	2,04	27,9	21	1,99	25	19	2,01	28	21	250	1м	Насыпной щебенчатый грунт незасоленный, твердомерзлый, слабодлистый, при оттаивании средней степени водонасыщения	7	4		0,33	42,1	2,16	28,2	16,5	2,11	25	15	2,13	28	16	250	2м	Песчанник очень низкой прочности (дресвяный грунт с песчаным заполнителем), твердомерзлый, слабодлистый, при оттаивании средней степени водонасыщения	9	4		0,43	29,04	2,06	58	29	2,02	53	26	2,04	58	29	400
№ ИГЭ (слой)	Номенклатура грунта	Нормативные и расчетные характеристики															R <sub>о</sub> , кПа																																																																																																													
		w %	J <sub>p</sub> %	J <sub>L</sub>	e	E Мпа	F <sub>г</sub> г/см <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> кПа	φ <sub>n</sub> град	α = 0,95			α = 0,85																																																																																																																	
										F <sub>г</sub> г/см <sup>3</sup>	c <sub>и</sub> кПа	φ <sub>и</sub> град	F <sub>г</sub> г/см <sup>3</sup>	c <sub>и</sub> кПа	φ <sub>и</sub> град																																																																																																															
		Влажность	Число пластичности	Консистенция	Коэффициент пористости	Модуль деформации	Плотность грунта	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Плотность грунта	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Плотность грунта	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Расчетные сопротивления грунтов оснований																																																																																																														
1	Насыпной щебенчатый грунт незасоленный, талый, малой степени водонасыщения	6			0,42	29,01	2,04	27,9	21	1,99	25	19	2,01	28	21	250																																																																																																														
1м	Насыпной щебенчатый грунт незасоленный, твердомерзлый, слабодлистый, при оттаивании средней степени водонасыщения	7	4		0,33	42,1	2,16	28,2	16,5	2,11	25	15	2,13	28	16	250																																																																																																														
2м	Песчанник очень низкой прочности (дресвяный грунт с песчаным заполнителем), твердомерзлый, слабодлистый, при оттаивании средней степени водонасыщения	9	4		0,43	29,04	2,06	58	29	2,02	53	26	2,04	58	29	400																																																																																																														



# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Примеры оформления данных разных отчетов

Описание грунтов	Наименование характеристик	ЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК			
		По лабораторным данным	По данным статического зондирования	По СП 22.13.330.2016	Рекомендуемые нормативные значения
ИГЭ-1 Насыпные грунты: пески коричневые мелкие, влажные включением строительного мусора до 5%	Плотность прир. грунта, г/см <sup>3</sup>				
	Показатель текучести, д.е.	Расчетное сопротивление грунта R <sub>0</sub> = 180 кПа			
	Коэффициент пористости				
	Удельное сцепление, кПа				
	Угол внутр. трения, град				
	Модуль деформации, Мпа				
ИГЭ-2 Пески коричневые пылеватые средней плотности насыщенные водой	Плотность прир. грунта, г/см <sup>3</sup>	1,92	1,89	-	1,89
	Показатель текучести, д.е.	-	-	-	-
	Коэффициент пористости	0,666	0,692	-	0,692
	Удельное сцепление, кПа	-	-	3	3
	Угол внутр. трения, град	-	29,7	28	28
	Модуль деформации, Мпа	-	20,7	15,1	15,1
ИГЭ-4 Супеси серовато-коричневые песчаные текучие	Плотность прир. грунта, г/см <sup>3</sup>	1,92	-	-	1,92
	Показатель текучести, д.е.	1,34	-	-	1,34
	Коэффициент пористости	0,722	-	-	0,722
	Удельное сцепление, кПа	-	16,8	-	16,8
	Угол внутр. трения, град	-	26,8	-	26,8
	Модуль деформации, Мпа	-	19,6	-	19,6
ИГЭ-5 Пески серые мелкие средней плотности насыщенные водой	Плотность прир. грунта, г/см <sup>3</sup>	-	1,88	-	1,88
	Показатель текучести, д.е.	-	-	-	-
	Коэффициент пористости	-	0,698	-	0,698
	Удельное сцепление, кПа	-	1	-	1
	Угол внутр. трения, град	-	31,2	30	30
	Модуль деформации, Мпа	-	23,2	23,2	23,2
ИГЭ-6 Пески серые средней крупности плотные насыщенные водой	Плотность прир. грунта, г/см <sup>3</sup>	1,92	-	-	1,92
	Показатель текучести, д.е.	-	-	-	-
	Коэффициент пористости	0,633	-	-	0,633
	Удельное сцепление, кПа	-	-	1	1
	Угол внутр. трения, град	-	35	35	35
	Модуль деформации, Мпа	-	-	31,7	31,7
ИГЭ-7 Суглинки темно-серые легкие пылеватые мягкопластичные	Плотность прир. грунта, г/см <sup>3</sup>	1,95	-	-	1,95
	Показатель текучести, д.е.	0,62	-	-	0,62
	Коэффициент пористости	0,758	-	-	0,758
	Удельное сцепление, кПа	15*	22	20	15
	Угол внутр. трения, град	15*	21	18	15
	Модуль деформации, Мпа	7,0*	12,3	11,7	7,0

Скважина 4 Глубина 3,0 м

Описание выработки: ИГЭ-16 Супесь пылистая с ожелезнением в прослойках песка

Таблица физико-механических характеристик грунта

Плотность частиц	2,66 г/см <sup>3</sup>	Природная влажность	20,7%
Плотность грунта	1,95 г/см <sup>3</sup>	На границе текучести	23,2%
Плотность сухого грунта	1,62 г/см <sup>3</sup>	На границе раскатывания	18,1%
Коэф. пористости	0,642 д.е.	Число пластичности	5,1*
Коэф. водонасыщенности	0,86 д.е.	Показатель текучести	0,31*
Модуль деформации	6,3 МПа		
Коэф. уплотнения	0,260 1/МПа		
Сцепление	0,014 МПа		
Угол внутр. трения	24 град		

Гранулометрический состав, %

> 2,0 мм	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005
----------	---------	---------	----------	-----------	-----------	-----------	------------

Результаты испытаний на срез

Давление Р, МПа	0,10	0,15	0,20
Сопротивление срезу τ, МПа	0,060	0,080	0,105

Результаты вычисления по таблицам

Р, МПа	α	β	τ <sub>с</sub> , МПа
0,000	0,000	0,642	1,320
0,025	0,020	0,609	0,840
0,050	0,033	0,568	0,400
0,10	0,045	0,508	0,260
0,20	0,061	0,342	0,220
0,30	0,074	0,320	0,140
0,40	0,083	0,306	

График τ = f(σ)

График σ = f(ε)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА

Испытание произведено на приборах - компрессионном и срезе

Диаметр кольца - 87,5 мм (сжатие) и 72 мм (срез)  
Высота кольца - 25 мм (сжатие) и 35 мм (срез)

ГОСТ 12248-2010

Физические свойства грунта

Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости, д.е.	Коэффициент водо-насыщенности, д.е.	Влажность, %			Число пластичности, %	Показатель текучести, д.е.
					природная	на границе раскатывания	на границе текучести		
2,12	1,82	2,71	0,485	0,90	16,20	23,10	11,50	11,60	0,41

Опорометрический модуль деформации E<sub>0,02</sub>, МПа: 4,55

Модуль деформации компрессионный E<sub>0,1-0,2</sub>, МПа: 2,73

Модуль деформации с учетом τ<sub>с</sub> E<sub>0,1-0,2</sub>, МПа: 13,6

Опорометрический модуль деформации (в зонах сжижения) E<sub>0,02</sub>, МПа:

Модуль деформации компрессионный (в зонах сжижения) E<sub>0,1-0,2</sub>, МПа:

Модуль деформации (в зонах сжижения) с учетом τ<sub>с</sub> E<sub>0,1-0,2</sub>, МПа:

Относительная проницаемость при Р = МПа

Начальное поровое давление P<sub>0</sub>, МПа

Относительное набухание (ПНН), д.е.:

Влажность набухания (ПНВ), %

Давление набухания (ПНД), МПа

Составные грунта

Вид среза	Природное консолидированный-дренированный срез			
	средняя нагрузка, кН	касательное напряжение τ, МПа	средняя нагрузка, кН	касательное напряжение τ, МПа
нормальное давление Р, МПа				
0,1	0,0	0,06		
0,2	0,0	0,11		
0,3	0,1	0,15		

Угол внутр. трения, град: 24,23

Удельн. сцепление, кПа: 16,67

График τ = f(σ)





# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Литологические колонки скважин являются наиболее «одинаковыми» данными в отчетах ИГИ.

Колонки скважин отнесем условно к элементу «Скважина»

Скважины можно отнести к **первичной и достоверной информации** исходя из структуры процесса изысканий.

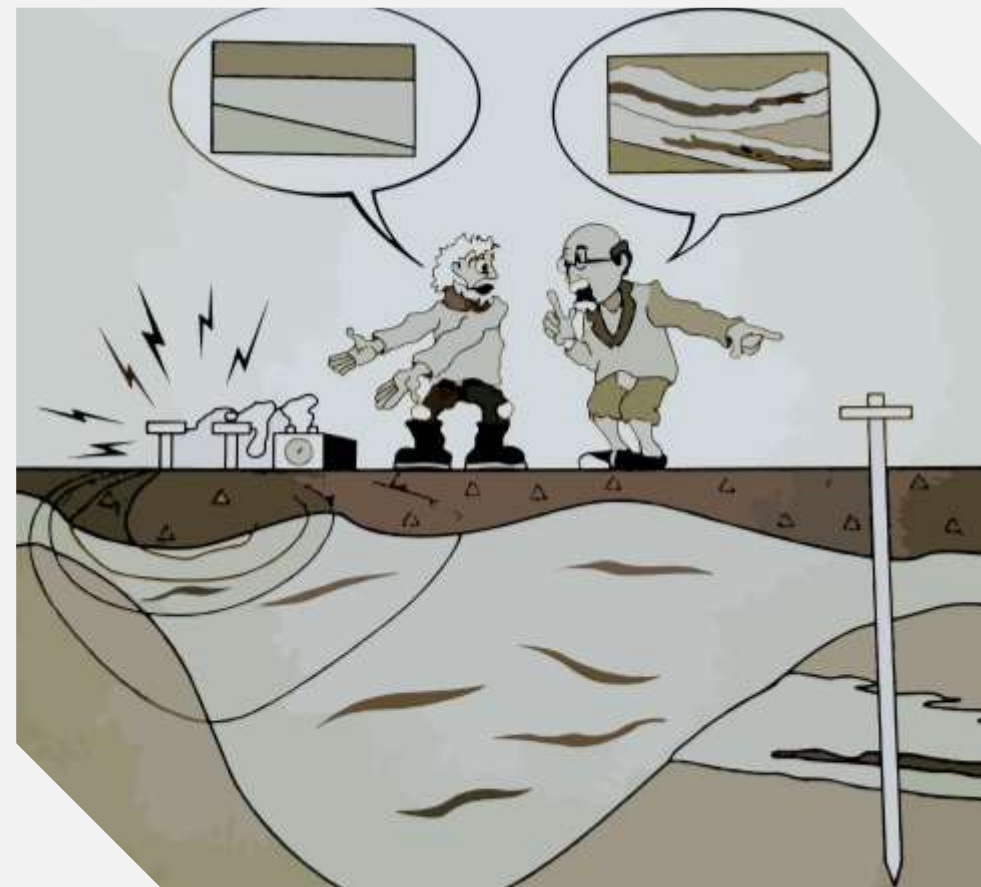
**«ВСЁ ЧТО МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ – ФАНТАЗИЯ ГЕОЛОГА\*»**

\*не потому что геологи плохие» (© Ланько С.В.)

Построение моделей (разрезов) производится «по скважинам».

При этом можно задавать разные алгоритмы построения и распределения данных между скважинами, в том числе с применением различных вероятностных моделей, искусственного интеллекта.

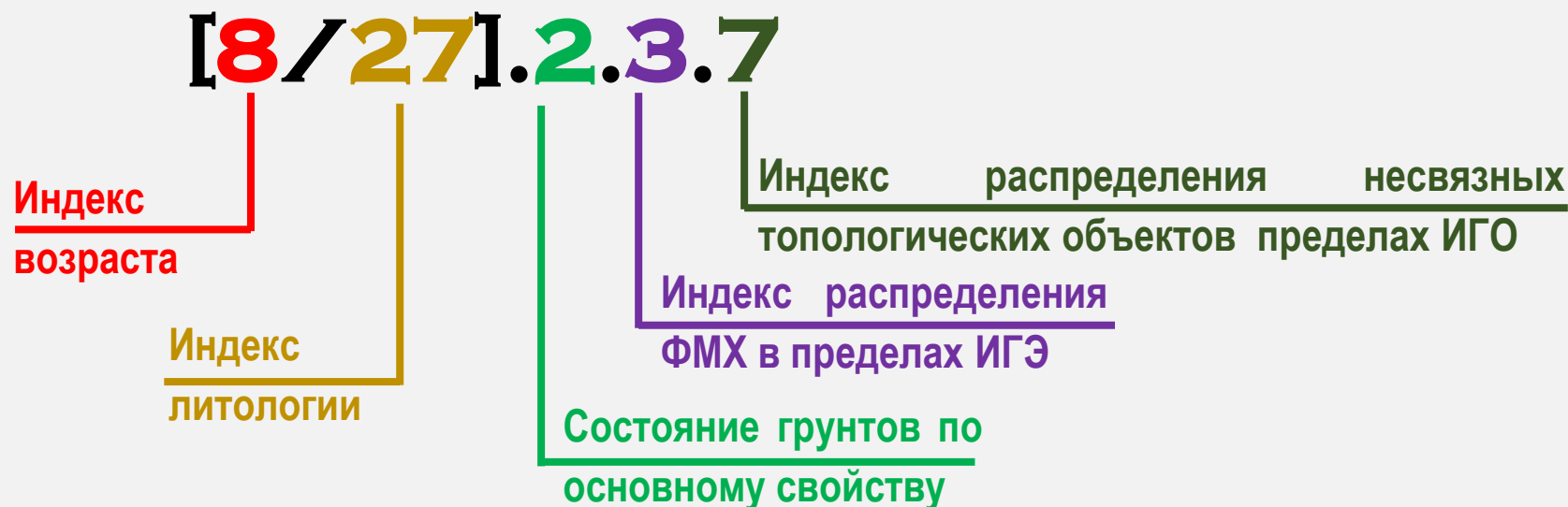
Таким образом необходимо структурировать процесс получения информации при ИГИ, разбивая его на отдельные «элементы» данных, которые будут иметь единый стандарт



Источник: Rosmining (картинка из запрещённой соцсети)

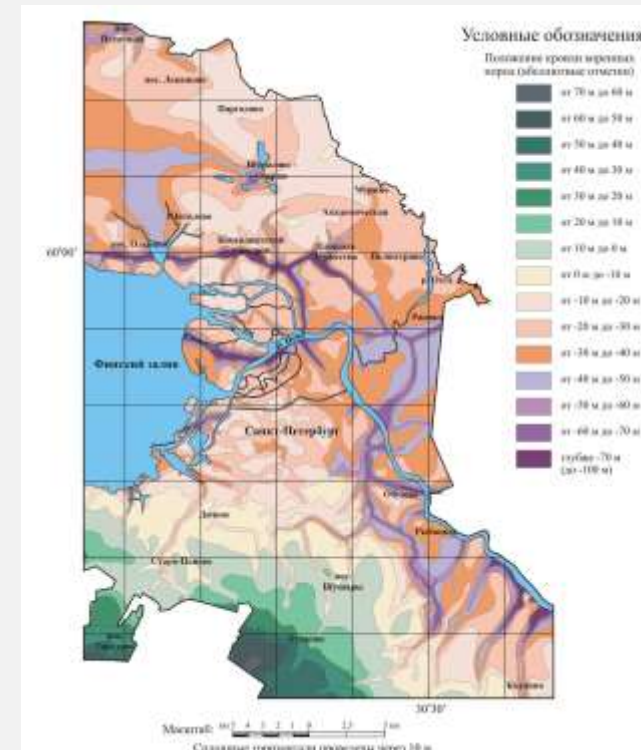
# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Маркировка, разработанная для СПб (Ломакин Е.А. и др.)



Расшифровка указанной маркировки:

- 8 – Отложения Лужской морены (Лужские ледниковые Отложения);
- 27 - Суглинок с гравием, галькой и редкими валунами;
- 2 – Полутвердая консистенция (как основное свойство для глинистых грунтов)
- 3 – Повышенные характеристики для данного типа
- 7 – Линза №7, встреченная в какой-либо скважине и т.п.



Данный подход позволяет унифицировать обозначения грунтов для возможности их расшифровки и «сшивки» в глобальные модели, которым не требуется детализация (из-за большого объема данных)

В качестве примера первой глобальной модели можно привести «карту Заварзина» с залеганием коренных пород на территории СПб и ЛО



# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Необходимо ввести единое наименование свойств в виде переменных в ПО, либо в атрибутах

Пример стандартизации наименований

Наименование показателей состава и свойств грунтов	Обозначение	Обозначение в коде	Размерность	Принятые на международном уровне наименования на английском языке
1) Влажность	w	water_cont	ед.	Water content (moisture)
5) Влажность на границе раскатывания	w <sub>p</sub>	water_plastic	ед.	Plastic limit
6) Влажность на границе текучести	w <sub>L</sub>	water_liquid	ед.	Liquid limit
14) Коэффициент переуплотнения	OCR	OCR	ед.	Overconsolidation ratio
28) Плотность грунта	ρ	density	г/см <sup>3</sup>	Bulk density (unit weight)
31) Плотность скелета (сухого) грунта	ρ <sub>d</sub>	density_dry	г/см <sup>3</sup>	Dry soil density
49) Число пластичности	I <sub>p</sub>	index_plastic	ед.	Plasticity index

Обозначение в отчетах: буквенное, либо текстовое

Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е.	Число пластичности	I
		ρ <sub>n</sub>	ρ <sub>I</sub>	ρ <sub>II</sub>				
2	3	4	5	6	7	8	9	
Насыпные грунты неслежавшиеся	<i>t<sub>IV</sub></i>							R <sub>0</sub> = 0,80МП
Насыпные грунты слежавшиеся	<i>t<sub>IV</sub></i>							R <sub>0</sub> = 0,15 МП
Торфа среднеразложившиеся	<i>b<sub>IV</sub></i>	-	-	-	-	3,505		
Суглинки текучие	<i>m, l<sub>IV</sub></i>	1,91	1,90	1,90	0,869	0,315	0,103	

Влажность на границе текучести	%	-	-	-	23,1
Влажность на границе раскатывания	%	-	-	-	18,4
Число пластичности	%	-	-	-	4,7
Показатель текучести	д.ед.	-	-	-	0,55
Плотность частиц грунта	д.ед.	-	2,66	2,66	2,68
Плотность	г/см <sup>3</sup>	-	1,75	1,94	1,96

# Подходы к обработке материалов изысканий для стандартизации данных

Пример обозначений в атрибутах формата IFC

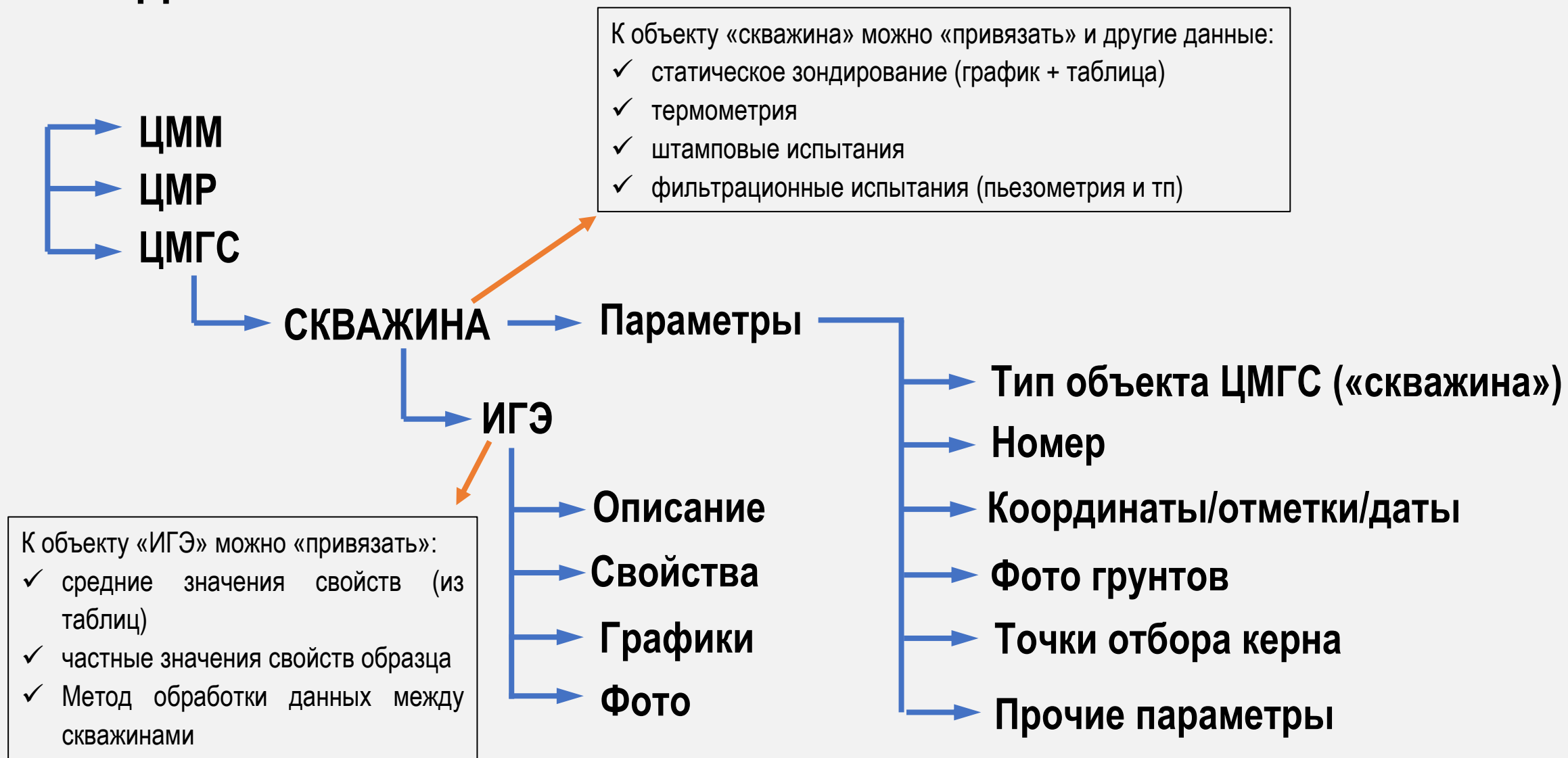
Name	Value
<b>Element Specific</b>	
Guid	2RI3XfbRT6QOE9Sp05eedb
IfcEntity	IfcGeographicElement
Name	GL_11
PredefinedType	NOTDEFINED
<b>GeologyRuShort_Pset</b>	
Возраст	g III
№ ИГЭ	11
Описание ИГЭ	Супеси пылеватые серые с гравием, галькой, валунами с гнездами песка с прослоями суглинка пластичные (по Св полутвердые) с прослоями твердых
C, кПа	42
e	0.401
E, МПа	18.5
F, град.	26
IL	0.05
Ip	0.06
p, т/м3	2.20
W, д. ед.	0.15

Name	Value
<b>Разное</b>	
Вид (подвид)	
Вид специфического грунта	
Генезис	E1
Дополнительная штриховка	
Категория по разработке	
Категория по трудоемкости бурения	
<b>Класс (подкласс)</b>	
Кф - Коэффициент фильтрации, м/сут	
Масштаб дополнительной штриховки	1
Масштаб штриховки	1
Наименование	
Описание	Глины пылеватые твердые (по Св твердые) голубовато-серые с прослоями песчаника
Плотность	NONE
Просадочность	NONE
Разновидность	
Сложность ИГ условий	FIRST
Состояние	SOLID
Статус	EXISTING
Тип (подтип)	
Цвет	191

Цвет дополнительной штриховки	
Шифр	8
Штриховка	
c - Сцепление	95
cSat - Сцепление (замач.)	0
e - Коэффициент пористости	0,550
E - Модуль деформации	23
IL - Показатель текучести	-0,32
Ip - Число	0,17

У каждой организации – свой стиль оформления в части наименования свойств

# Информационная модель геологической среды: архитектура баз данных







Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет  
кафедра геотехники



**Ланько Сергей  
Владимирович**  
[s.v.lanko@yandex.ru](mailto:s.v.lanko@yandex.ru)

