

**Семеновна Екатерина Сергеевна,**  
магистрант, Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург  
Ekaterina S. Semenenko, student, St. Petersburg University  
of Architecture and Civil Engineering

**Летова Татьяна Алексеевна,**  
магистрант, Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург  
Tatiana A. Letova, student, St. Petersburg University  
of Architecture and Civil Engineering

**Заводчикова Мария Борисовна,**  
Кандидат геолого-минералогических наук,  
Доцент кафедры Геотехники Санкт-Петербургского государственного  
архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург  
Mariia B. Zavodchikova, Department of Geotechnics,  
St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering

**ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ  
ПОДГОТОВКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
EVALUATION OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL DATA WITH THE  
PURPOSE OF CREATING A GEOTECHNICAL INFORMATION MODEL**

**Аннотация:** Целью данной работы являлась демонстрация эффективной методики обработки исходных данных по геологии на примере оцифровки, проверки и контроля качества исходных данных конкретного объекта в городе Санкт-Петербурге на основе классификатора описания инженерно-геологической информации для дальнейшего использования в информационном моделировании и решения задач территориального планирования.

**Abstract:** The purpose of this study was to demonstrate an effective methodology of structuring geological data with an example of digitization, revision



and quality control of a construction object located in Saint-Petersburg using geological descriptive classifier with a purpose of further usage of structured data in information moduling and territorial planning.

**Ключевые слова:** информационное моделирование, инженерно-геологические изыскания, основания и фундаменты, обработка исходных данных.

**Keywords:** information moduling, engineering and geological surveys, foundations, initial data.

**Введение:** Основой любого проекта, независимо от сферы деятельности, является исходная информация – именно на основе полученных входных данных строятся концепции и разрабатываются первоначальные решения. Отрицать же важность должного обеспечения проекта исходной информацией в таких сферах, как строительство – невозможно: качественные исходные данные являются основой качественных расчетов, лучшего прогнозирования рисков и тем самым повышают надежность и инвестиционную привлекательность проекта.

Постановление Правительства №2357 от 20.12.2022 [1] обозначает обязательным обеспечение объектов капитального строительства информационной моделью, таким образом на законодательном уровне утверждая необходимость должной информационной обеспеченности. Информационная модель, представляет собой совокупность всех данных об объекте, размещаемых в общей среде, и является достоверным источником информации об объекте на протяжении всего его жизненного цикла [2,3], . Информационное моделирование может служить инструментом решения вопросов территориального планирования, стратегического планирования[4,5], способствовать более точному прогнозированию рисков еще на этапе разработки, а также значительно экономить временные и финансовые ресурсы – но для построения качественной модели, выполняющей все эти функции, необходимо первоначально обеспечить качественные исходные данные.



Какие же критерии определяют качество исходных данных? Для эффективной работы необходимо, чтобы информация, вводимая в модель, соответствовала как минимум трем данным – унифицированность, пространственная увязка и возможности совместного использования [6]. Как правило, предоставленные архивные данные этим критериям не соответствуют, поэтому перед тем, как использовать их в проекте, необходимо произвести обработку, переходя от уровня архивных данных к уровню фондовых. Вопрос создания единой методики обработки исходных данных в настоящее время является актуальным.

**Экспериментальная часть:** В данной части работы приведен пример обработки исходных данных геологии города Санкт-Петербурга путем оцифровки и обработки архивных данных для конкретного объекта. Обработка исходной архивной информации произведена при помощи разработанного для города Санкт-Петербурга классификатора описания инженерно-геологической информации (А.В. Кузьмин, Е.А. Ломакин, С.Я. Нагорный) с целью дальнейшей разработки информационной модели и использования ее для последующих расчетов.

### **1-й этап: Оцифровка архивных данных.**

Первым этапом был выполнен перенос данных инженерно-геологических изысканий с бумажных носителей, до сих пор хранящих большую часть информации о скважинах, в цифровое пространство. Средой для выполнения данной задачи была выбрана программа Microsoft EXCEL. В столбцы таблицы последовательно заносится информация об инженерно-геологическом разрезе отдельно для каждой скважины. Чтобы обеспечить возможность динамического исправления ошибок, столбцы 4, 5, 6 и 7 рассчитываются при помощи встроенных функций Microsoft EXCEL. (рис.2.)

### **2-й этап: Картирование оцифрованных данных по функции 3D-ИГЭ.**

Следующим этапом было произведено картирование каждого слоя разреза по функции 3D-ИГЭ в соответствии с классификатором [6]. Принцип формирования картируемой функции представлен на рис.1 .





*Рисунок 1. Принцип картирования*

Данный принцип обработки информации позволяет в краткой и компактной форме емко отобразить все необходимые данные о картируемом объекте с необходимым для конкретной задачи приближением. Так, например, в данной работе картирование производится до третьей функции.

Именно отображение ИГЭ в форме картированной функции и унифицирует данные – представленные в подобной форме, они больше не различаются от организации к организации и не зависят от возраста изысканий и особенностей записей того периода. Также подобная форма впоследствии позволяет решить и не менее важную задачу пространственной увязки данных. В результате таблица приобретает вид, представленный на рисунке 2.

**Разрезы скважин по параметру 3D-ИГЭ**

| НОМЕР СКВАЖИНЫ | КООРДИНАТЫ СКВАЖИНЫ | ОТМЕТКА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ | ОТМЕТКА КРОВЛИ | ОТМЕТКА ПОДОШВЫ | ГЛУБИНА КРОВЛИ | ГЛУБИНА ПОДОШВЫ | МОЩНОСТЬ ИГЭ | ИГК | ИГЭ       |
|----------------|---------------------|----------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------|-----|-----------|
| 1              | 2                   | 3                          | 4              | 5               | 6              | 7               | 8            | 9   | 10        |
| 2429-02-135    | x=                  | 3,11                       | 3,11           | 1,11            | 0              | 2               | 2 {1/70}     |     | {1/70}.3  |
|                | 113952,00           |                            | 1,11           | -0,09           | 2              | 3,2             | 1,2 {6/11}   |     | {6/11}.3  |
|                | y=                  |                            | -0,09          | -1,59           | 3,2            | 4,7             | 1,5 {6/6}    |     | {6/6}.2   |
|                | 95014               |                            | -1,59          | -6,89           | 4,7            | 10              | 5,3 {6/11}   |     | {6/11}.3  |
|                |                     |                            | -6,89          | -8,29           | 10             | 11,4            | 1,4 {6/21}   |     | {6/21}.4  |
|                |                     |                            | -8,29          | -9,39           | 11,4           | 12,5            | 1,1 {6/5}    |     | {6/5}.2   |
|                |                     |                            | -9,39          | -11,09          | 12,5           | 14,2            | 1,7 {6/11}   |     | {6/11}.3  |
|                |                     |                            | -11,09         | -15,29          | 14,2           | 18,4            | 4,2 {7/21}   |     | {7/21}.6  |
|                |                     |                            | -15,29         | -20,89          | 18,4           | 24              | 5,6 {7/32}   |     | {7/32}.5  |
|                |                     |                            | -20,89         | -22,69          | 24             | 25,8            | 1,8 {7/21}   |     | {7/21}.4  |
|                |                     |                            | -22,69         | -23,89          | 25,8           | 27              | 1,2 {7/11}   |     | {7/11}.3  |
|                |                     |                            | -23,89         | -65,89          | 27             | 69              | 42 {8/27}    |     | {8/27}.3  |
|                |                     |                            | -65,89         | -66,59          | 69             | 69,7            | 0,7 {10/11}  |     | {10/11}.2 |
|                |                     |                            | -66,59         | -68,29          | 69,7           | 71,4            | 1,7 {10/22}  |     | {10/22}.4 |
|                |                     |                            | -68,29         | -75,09          | 71,4           | 78,2            | 6,8 {10/21}  |     | {10/21}.4 |
|                |                     |                            | -75,09         | -76,69          | 78,2           | 79,8            | 1,6 {17/37}  |     | {17/37}.1 |
|                |                     |                            | -76,69         | -87,49          | 79,8           | 90,6            | 10,8 {17/38} |     | {17/38}.2 |

*Рисунок 2. Таблица оцифровки единичной скважины*



### 3-й этап: Составление таблицы представленных на объекте ИГЭ:

На основе всех полученных картируемых функций была составлена общая таблица по объекту. В нее были внесены все выделенные для конкретного объекта ИГЭ, а также их физико-механические характеристики.

### 4-й этап: Проверка достоверности.

Согласно принципу обратной связи, во время составления общей таблицы также проводится дополнительная проверка полученных данных путем их сопоставления с описанием общей инженерно-геологической ситуации города и классификатором. В результате подобной проверки были исключены из дальнейшей обработки скважины, где была не точно отражена информация и те ИГЭ, которые на территории Санкт-Петербурга не встречаются. Это позволило отразить реальную инженерно-геологическую ситуацию города.

Примером может послужить отличие ИГЭ глинистых грунтов возраста лужской морены до и после проведения проверки:

|    |                              |      |                              |            |                  |      |          |          |
|----|------------------------------|------|------------------------------|------------|------------------|------|----------|----------|
| 71 | Лужские ледниковые отложения | гФПЦ | Супесь с гравием и галькой   | Твердая    | 8/17             | 1    | {8/17}.1 |          |
| 72 |                              |      |                              | Пластичная | 8/17             | 2    | {8/17}.2 |          |
| 73 |                              |      |                              | Текучая    | 8/17             | 3    | {8/17}.3 |          |
| 74 |                              |      | Суглинок с гравием и галькой |            | Полутвердый      | 8/27 | 2        | {8/27}.2 |
| 75 |                              |      |                              |            | Тугопластичный   | 8/27 | 3        | {8/27}.3 |
| 76 |                              |      |                              |            | Мягкопластичный  | 8/27 | 4        | {8/27}.4 |
| 77 |                              |      |                              |            | Текучепластичный | 8/27 | 5        | {8/27}.5 |

Рисунок 3. Вид общей таблицы, ИГЭ лужской морены, до проверки

|    |                              |      |                              |         |                 |      |         |          |          |
|----|------------------------------|------|------------------------------|---------|-----------------|------|---------|----------|----------|
| 71 | Лужские ледниковые отложения | гФПЦ | Песок средний                | Плотный | 8/4             | 1    | {8/4}.1 |          |          |
| 72 |                              |      | Супесь с гравием и галькой   |         | Твердая         | 8/17 | 1       | {8/17}.1 |          |
| 73 |                              |      |                              |         | Пластичная      | 8/17 | 2       | {8/17}.2 |          |
| 74 |                              |      | Суглинок с гравием и галькой |         | Полутвердый     |      | 8/27    | 2        | {8/27}.2 |
| 75 |                              |      |                              |         | Тугопластичный  |      | 8/27    | 3        | {8/27}.3 |
| 76 |                              |      |                              |         | Мягкопластичный |      | 8/27    | 4        | {8/27}.4 |

Рисунок 4. Вид общей таблицы, ИГЭ лужской морены, после проверки



## 5-й этап: Проверка качества архивных данных.

Дополнительно проверить качество переноса архивных данных и проведенных изысканий позволила система, разработанной на основе классификатора и базе программного комплекса Microsoft EXCEL. Мы назвали систему «Светофор».

Данная система сравнивает полученные при изысканиях физико-механические характеристики каждого ИГЭ с его характеристиками нормативными, и окрашивает ячейку таблицы, в зависимости от результата, в соответствующий цвет.

Зеленый и желтый цвета обозначают достаточное качество полученных данных, красный же свидетельствует о том, что данные подлежат дополнительной проверке – либо изыскания были проведены с нарушением технологии или данные оказались неточными, либо данный слой является отдельным новым ИГЭ, не внесенным в таблицу.

Таким образом, при помощи данной системы выделяются скважины с достоверными данными и те, к которым стоит отнестись с большим вниманием. Скважина, данные изысканий для которой считаются пригодными к использованию, будет иметь вид:

| НОМЕР СКВАЖИНЫ | ОТМЕТКА ВЕРХНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ | ОТМЕТКА КРОЕВЛИ | ОТМЕТКА ПОДЛОЖИНЫ | ГЛУБИНА КРОЕВЛИ | ГЛУБИНА ПОДЛОЖИНЫ | МОЩНОСТЬ ИГЭ | ИГЭ      | ЧИСЛО ПЛАСТИЧНОСТИ (ср) |     |             |      |       | ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕКУЧЕСТИ (ср) |     |             |      |      | ЕСТЕСТВЕННАЯ ВЛАЖНОСТЬ (%) |      |             |      |      |       |       |      |
|----------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------|----------|-------------------------|-----|-------------|------|-------|---------------------------|-----|-------------|------|------|----------------------------|------|-------------|------|------|-------|-------|------|
|                |                             |                 |                   |                 |                   |              |          | НОРМАТИВНОЕ             |     | ФАКТИЧЕСКОЕ |      |       | НОРМАТИВНОЕ               |     | ФАКТИЧЕСКОЕ |      |      | НОРМАТИВНОЕ                |      | ФАКТИЧЕСКОЕ |      |      |       |       |      |
|                |                             |                 |                   |                 |                   |              |          | MIN                     | MAX | MIN         | MEД  | MAX   | MIN                       | MAX | MIN         | MEД  | MAX  | MIN                        | MAX  | MIN         | MEД  | MAX  |       |       |      |
| 1              | 2                           | 5               | 6                 | 7               | 8                 | 9            | 11       | 12                      | 13  | 14          | 15   | 16    | 17                        | 18  | 19          | 20   | 21   | 22                         | 23   | 24          | 25   | 26   |       |       |      |
| 2429-02-135    | 3.11                        | 3.11            | 1.11              | 0               | 2                 | 2            | [1/70]3  | 0                       | -   | -           | 3    | 6.92  | 11                        | 0   | -           | -    | 0.09 | 1.12                       | 2    | 0           | 25   | 27   | 1     | 24.90 | 127  |
|                |                             | 1.11            | -0.09             | 2               | 3.2               | 1.2          | [6/11]3  | 1                       | 1   | 7           | 0.04 | 5.60  | 10.7                      | 1   | 1           | >    | 0.2  | 1.01                       | 2.1  | 1           | 40   | >    | 3.7   | 41.10 | 172  |
|                |                             | -0.09           | -1.59             | 3.2             | 4.7               | 1.5          | [6/6]2   | 0                       | -   | -           | 4    | 7.00  | 13                        | 0   | -           | -    | 0.80 | 1.25                       | 1    | 32.5        | 35   | 2    | 34.08 | 120   |      |
|                |                             | -1.59           | -6.89             | 4.7             | 10                | 5.3          | [8/11]3  | 1                       | 1   | 7           | 0.04 | 5.60  | 10.7                      | 1   | 1           | >    | 0.2  | 1.01                       | 2.1  | 1           | 40   | >    | 3.7   | 41.10 | 172  |
|                |                             | -6.89           | -8.29             | 10              | 11.4              | 1.4          | [6/21]4  | 1                       | 7   | 17          | 0.4  | 8.55  | 11                        | 0   | 0.5         | 0.75 | 0.33 | 0.96                       | 1.75 | 1           | 27.5 | 30   | 21.3  | 29.13 | 45.9 |
|                |                             | -8.29           | -9.39             | 11.4            | 12.5              | 1.1          | [6/5]2   | 1                       | -   | -           | -    | -     | -                         | 1   | -           | -    | -    | -                          | -    | 1           | 20   | 22.5 | 18.15 | 21.29 | 24   |
|                |                             | -9.39           | -11.09            | 12.5            | 14.2              | 1.7          | [6/11]3  | 1                       | 1   | 7           | 0.04 | 5.60  | 10.7                      | 1   | 1           | >    | 0.2  | 1.01                       | 2.1  | 1           | 40   | >    | 3.7   | 41.10 | 172  |
|                |                             | -11.09          | -15.29            | 14.2            | 18.4              | 4.2          | [7/21]6  | 1                       | 7   | 17          | 5    | 7.75  | 9                         | 0   | 1           | >    | 0.56 | 0.71                       | 0.84 | 1           | 25   | 27.5 | 22    | 26.28 | 30   |
|                |                             | -15.29          | -20.89            | 18.4            | 24                | 5.6          | [7/21]5  | 0                       | 17  | 8           | 0.2  | 12.78 | 19                        | 1   | 0.75        | 1    | 0.7  | 0.98                       | 1.3  | 1           | 32.5 | 35   | 22    | 33.48 | 46   |
|                |                             | -20.89          | -22.69            | 24              | 25.8              | 1.8          | [7/11]4  | 1                       | 7   | 17          | 5    | 11.39 | 16                        | 1   | 0.5         | 0.75 | -    | 0.61                       | 1.28 | 2           | 30   | 32.5 | 14    | 29.74 | 43.1 |
|                |                             | -22.69          | -23.89            | 25.8            | 27                | 1.2          | [7/11]3  | 0                       | 1   | 7           | -    | -     | -                         | 1   | 1           | >    | -    | -                          | -    | 1           | 20   | 22.5 | 18.15 | 21.29 | 24   |
|                |                             | -23.89          | -65.89            | 27              | 69                | 42           | [8/27]3  | 1                       | 7   | 17          | 6    | 8.65  | 15                        | 1   | 0.25        | 0.5  | -    | 0.35                       | 0.56 | 1           | 18   | 20   | 16    | 19.61 | 36   |
|                |                             | -65.89          | -66.59            | 69              | 69.7              | 0.7          | [10/11]2 | 0                       | 1   | 7           | -    | -     | -                         | 0   | 0           | 1    | -    | -                          | -    | 1           | 25   | 27.5 | 21    | 25.23 | 29   |
|                |                             | -66.59          | -68.29            | 69.7            | 71.4              | 1.7          | [10/22]4 | 1                       | 7   | 17          | 9    | 9.00  | 9                         | 0   | 0.5         | 0.75 | -    | -                          | -    | 1           | 25   | 27.5 | 21    | 25.23 | 29   |
|                |                             | -68.29          | -75.09            | 71.4            | 78.2              | 6.8          | [10/21]4 | 1                       | 7   | 17          | 8    | 10.00 | 13                        | 1   | 0.5         | 0.75 | 0.54 | 0.54                       | 0.54 | 1           | 25   | 27.5 | 21    | 25.23 | 29   |
|                |                             | -75.09          | -76.69            | 78.2            | 79.8              | 1.6          | [17/37]1 | 0                       | 17  | >           | 12   | 13.00 | 14                        | 1   | <           | 0    | -0.3 | -0.28                      | 0.12 | 1           | 16   | 18   | 15    | 17.67 | 20   |
|                |                             | -76.69          | -87.49            | 79.8            | 90.6              | 10.8         | [17/38]2 | 0                       | 17  | >           | 9    | 12.00 | 16                        | 0   | 0           | 0.25 | -    | -                          | -    | 1           | 12   | 14   | 10    | 13.35 | 17   |

Рисунок 5. Вид таблицы оцифровки скважины с качественными исходными данными

**Выводы:** В ходе проведения обработки исходных данных объекта были получены следующие результаты:



- исходные данные о скважинах перенесены с бумажных носителей в цифровой формат и подготовлены к дальнейшей работе путем унификации при помощи функции картирования.

- произведена проверка достоверности и качества исходных данных, исправлены ошибки, возникшие на основе человеческого фактора и неточностей изысканий.

- выявлены скважины, исходные данные по которым требуют дополнительной проверки.

- подготовлена цифровая основа для дальнейшего создания объемной информационной модели и последующего проведения расчетов по полученным данным.

**Итог:** После произведения всех этапов обработки исходных данных получена унифицированная информация, проверенная на достоверность и компактно отраженная, но при этом содержащую все необходимую информацию. Данные такого вида можно считать достаточно качественными, чтобы на их основе строить информационную модель, используя различные программные комплексы, а также проводить расчеты, которые благодаря обработке информации согласно принципам работы с ней, будут точнее и займут меньше времени и потребуют меньше бюджетных средств, что позволит повысить инвестиционную привлекательность будущих объектов.

Данная методика работы с исходной информацией универсальна и доступна к внедрению. Это один из самых простых шагов столь необходимой цифровизации строительной отрасли.

#### *Список литературы:*

1. Постановление Правительства №2357 от 20.12.2022
2. Статья 57.5. Информационная модель объекта капитального строительства
3. СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве»





4. Закон о стратегии социально-экономического развития города Санкт-Петербурга до 2035 года от 19.12.2018
5. Т. В. Крамакова, «Территориальное и стратегическое планирование: основные проблемы и тенденции развития законодательства», 2013
6. Е.А. Ломакин, М.Б. Заводчикова, «Учебное пособие Проектно-изыскательское управление в градостроительстве (на примере концепции комплексного использования объектов подземного пространства)», 2023

