

## **НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ НАПРЯЖЕННОСТИ ЕДИНОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ПРИ СОЗДАНИИ МОДЕЛЕЙ ПОЛЕЙ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

Выполнен стохастический анализ результатов испытаний свойств неоднородных дисперсных грунтов полевыми и лабораторными методами с применением непараметрического корреляционного анализа, регрессионного анализа (метод пошаговой регрессии). Обоснованы и уточнены возможности интерпретации результатов определения ЕИЭМПЗ для построения модели геологической среды в инженерно-геологических целях.

*Ключевые слова: ЕИЭМПЗ, стохастический анализ, модель.*

Виконано стохастичний аналіз результатів випробувань властивостей неоднорідних дисперсних ґрунтів польовими і лабораторними методами із застосуванням непараметричного кореляційного аналізу, регресійного аналізу (метод покрокової регресії). Обґрунтовані і уточнені можливості інтерпретації результатів визначення ПЕМПЗ для побудови моделі геологічного середовища в інженерно-геологічних цілях.

*Ключові слова: ПЕМПЗ, стохастичний аналіз, модель.*

Performed stochastic analysis of the test results grained soils properties of inhomogeneous field and laboratory methods using non-parametric correlation analysis, regression analysis (stepwise regression method). Substantiated and refined possibilities for interpreting the results of determination EIEMPZ to construct a model of the geological environment in geotechnical purposes.

*Key words: EIEMPZ, stochastic analysis model.*

**Постановка проблемы.** Методология создания качественных структурных моделей геологической среды – одна из актуальных проблем инженерно-геологических исследований, решению которой посвящены многочисленные публикации [1–3]. Изучение и моделирование инженерно-геологических особенностей анизотропных (трещиноватых, крупнообломочных, слоистых) сред представляет сложную задачу [4]. Стохастический анализ результатов различных методов получения и обработки информации позволяет решать комплексные и частные задачи на качественно ином уровне, что особенно важно при создании сложных моделей геологической среды и полей ее параметров, в частности, физических свойств.

**Актуальность исследования.** Область применения дистанционных методов, в том числе геофизических исследований с регистрацией напряженности единого импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) расширяется. Применение данного метода для построения модели распределения значений плотности сдерживается немногочисленностью попыток совместной интерпретации результатов геофизических и лабораторных исследований физических грунтов.

**Анализ публикаций.** Обзор истории развития методов геофизических исследований, применяющихся для создания моделей, выполнен в работе [5]. Метод анализа напряженности единого электромагнитного поля Земли имеет большую область применения: от задач прогноза сейсмической активности до анализа и прогноза опасности оползневых явлений [6].

**Новизна досліджень.** Вперше к обробці матеріалів визначення напруженості поля ЕМПЗ і лабораторним методам застосована методологія [3]. Це дозволило охарактеризувати стан геологічної середовища за ступенем техногенної порушеності і вибірково побудувати модель розподілу значень щільності неоднорідних тріщинуватих гірських порід. В даній роботі виконана математична обробка результатів польових і лабораторних досліджень делювіальних і елювіальних глинистих відкладень тавричеської серії, вивчених на одній з будівельних площадок Південного берега Криму на глибину 12,0–25,0 м. Виконані статистичний, кореляційно - регресійний аналіз результатів визначення фізичних властивостей ґрунту. Методика статистичного аналізу, оцінки однорідності і симетричності розподілів, рангового кореляційного і множинного регресійного аналізу описана в роботі [3]. Виконаний аналіз просторового розподілу областей екстремумів інтенсивності ЕМПЗ.

**Изложение основного материала.** Об'єкт вивчення представляє собою площадку, розташовану в межах Головної гряди Кримських гір. В складі геологічної середовища присутні сучасні техногенні, делювіальні і мезо-кайнозойські елювіальні відкладення. Відкладення переважно глинистого складу, вміст включень крупнообломочного виветреного матеріалу змінюється від 31 до 37 %. Лабораторне вивчення фізичних властивостей делювіальних і елювіальних відкладень включало визначення стандартних показників фізичних властивостей і гранулометричного складу.

Результати статистичної обробки вибіркового розподілу показників показали, що, незважаючи на високу статистичну однорідність розподілів (за коефіцієнтом варіації), нормальний закон розподілу не підтверджується. Статистична однорідність показників фізичних властивостей дуже висока, коефіцієнт варіації перевищує гранично допустимі значення тільки в вмісті крупнообломочних фракцій. Асиметричність розподілів фізичних властивостей (щільності ґрунту  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>) делювіального горизонту (за глибиною) виражена епізодично, в скважині, пройденій поблизу зони отримання локального оползневого тіла (табл. 1).

Таблиця 1

Статистики показників фізичних властивостей відкладень різного генетичного типу

Способ группировки данных	Индекс	Показатель	Статистики			r
			A	E	V	
В объеме стратиграфо-генетической разности	dp Q <sub>3-4</sub>	$\rho$	0	0	0,02	0
По скважине (скважина 3)			-2	5	0,01	0,87
В объеме стратиграфо-генетической разности		$\omega$	0	0	0,35	-0,68
		$\omega_L$	0	0	0,12	-0,6
			0	0	0,01	0,47
По скважине (скважина 4)	e T <sub>3</sub> -J <sub>1</sub>	$\rho$	0	0	0,01	-0,84
По скважине (скважина 2)			0	0	0,01	0,88

**Примечания.**

1. A, E, V – коефіцієнт асиметрії, ексцеса і варіації вибіркового розподілу.

2.  $r$  - коэффициент парной ранговой корреляции, д. ед., зависимой переменной (показатель) с глубиной отбора.

Корреляционный непараметрический ранговый анализ показал, что состояние массива по плотности связано с распределением зон экстремальных значений напряженности ЕМПЗ, зон сжатия – разуплотнения (рис.1) дисперсных элювиальных глин на границах микроблоков. Характер корреляционной связи между значениями плотности грунта и глубиной определения значения плотности (далее – глубиной) в зонах сжатия – разуплотнения разного знака. В скважине 4 значения напряженности поля с глубиной уменьшаются, корреляция значений плотности грунта с глубиной обратная. В скважине 2 значения напряженности поля с глубиной увеличиваются, корреляция плотности грунта и глубины отбора – прямая. Связь закономерной изменчивости физического состояния глин, в зависимости от приуроченности к зоне определенной геодинамической активности, подтверждена, для элювиальных отложений теснота связей оценивается как средняя ( $r$  изменяется от 0,47 до – 0,68).

Корреляция плотности и глубины отбора делювиальных отложений высока в отдельных точках, где присутствует управляющий фактор, например, в головной части зоны отрыва современного локального оползневого тела (скв. 3, табл. 1). В объеме стратиграфо-генетического горизонта  $dpQ_{3-4}$  отсутствует упорядоченность плотности по глубине.

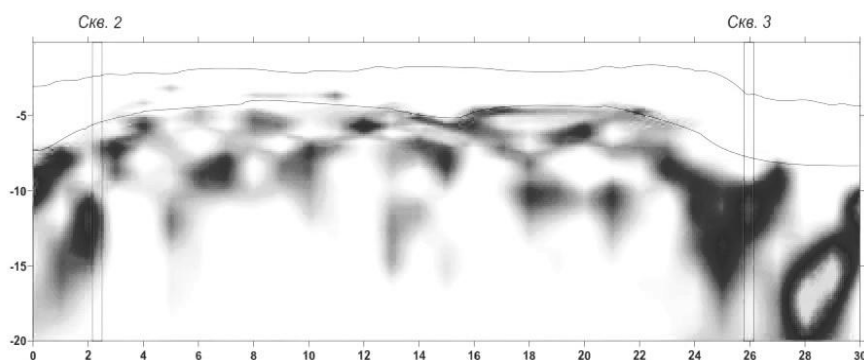



Рис. 1. Схема распределения значений напряженности поля ЕИЭМПЗ на участке исследований по глубине, м.

Обозначения:

1.  – участки повышенных, относительно фоновых, значений напряженности поля ЕИЭМПЗ.
2. Ось ординат – глубина, м; ось абсцисс – расстояние, м.

Соответствие статистических особенностей распределения показателей особенностям распределения аномалий поля ЕИЭМПЗ показывает, что модель распределения физических свойств представляется достаточно сложной, что необходимо учитывать при проектировании сооружений в районах широкого распространения в зоне влияния сооружений элювиальных глин.

Анализ степени детерминизма системы признаков, влияющих на характеристические переменные (показатели групп плотности – влажности, координат), позволил оценить состояние грунтов разного генезиса.

Параметры и вид модели изменчивости плотности грунта с глубиной в общем случае указывают на близость состояния к хаотическому. Не удалось построить модель изменчивости плотности грунта (делювиальные отложения) от глубины отбора, не зависимо от уровня изучения. Как в объеме слоя, так и в отдельной скважине, связь значений переменной с временем образования не выражена. Связь плотности и верхнего предела текучести указывает на влияние дисперсности и состояния по влажности (современного состояния) на уплотненность делювиальных глин,

Модели, характеризующие распределение плотности элювиальных суглинков по глубине, на участках аномалий напряженности поля ЕИЭМПЗ показывают закономерное увеличение и уменьшение плотности (табл. 2), имеют достаточно высокие параметры, что подтверждает связь между физическим состоянием глин и напряженностью поля. Мало достоверными являются модели, отражающие распределение влажности и верхнего предела пластичности с глубиной.

#### Основные выводы

- Статистические особенности распределения показателей физических свойств отражают генетические особенности формирования и современного состояния пылеватоглинистых отложений разного генезиса.

- Регрессионные модели могут быть применены для интерпретации состояния массива при построении геодинамической модели.

- Создание прогнозных (динамических) моделей распределения физических свойств методами классического регрессионного анализа неправомерно,

Таблица 2

Модели изменчивости показателей физических свойств делювиальных и элювиальных отложений с глубиной

Уровень изучения	Индекс	Зависимая переменная	Модель регрессии	Параметр $AR^2$
Стратиграфо-генетический горизонт	$dp Q_{3-4}$	$\rho$	$\rho = 1,989 + 0,515 \omega_L$	0,673
Скважина 3			-	-
Стратиграфо-генетический горизонт		$\omega$	$\omega = 0,181 - 0,005 Z$	0,372
		$\omega_L$	$\omega_L = 0,213 - 0,003 Z$	0,346
		-	-	-
Скважина 4			$\rho = 2,236 - 0,006 Z$	0,716
Скважина 2	$e T_3 - J_1$	$\rho$	$\rho = 1,956 + 0,0168 Z$	0,661

Примечание: (-) – модель не была получена.

переменные из стандартного набора показателей физических и физико-химических свойств включены в модель избирательно.

- Для создания прогнозных моделей необходимо применение других методов, в частности, индуктивного моделирования.

#### Перспективы использования материалов исследований

Результаты исследований показывают, что применение методов стохастического моделирования при обработке материалов полевых

дистанционных и лабораторных методов позволяет получить математические модели пространственного распределения важнейших показателей физических свойств, что приведет к повышению точности прогноза механического поведения и снижению геодинамического риска.

### Библиографические ссылки

1. **Рац М. В.** Структурные модели в инженерной геологии / М. В. Рац. – М.: Недра, 1973. – 216 с.
2. **Антонов В. В.** Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии / В. В. Антонов. – Л.: ЛГИ, 1983. – 87 с.
3. **Мокрицкая Т. П.** Формирование и эволюция геологической среды Приднепровского промышленного региона / Т. П. Мокрицкая. – Д.: АртПресс, 2013. – 274 с.
4. **Дубинчук В. Т.** Ядерно-геофизические методы в гидрогеологии и инженерной геологии / В. Т. Дубинчук, В. А. Поляков, Н. Д. Корниенко и др. – М.: Недра, 1988. – 223 с.
5. **Болтинцев В. Б.** / Построение структурной модели природно-технических объектов по данным электромагнитного импульсного свершироко-полостного зондирования / В. Б. Болтинцев. – Автореферат на соискание н. ст. канд. т. н., спец. 05.13.18 – математическое моделирование. – Красноярск, 2006. – 21 с.
6. **Кузьменко Е. Д.** Прогнозування активізації зсувних процесів за геолого-геофізичними дослідженнями / Е. Д. Кузьменко, І. В. Крив'юк, М. В. Штогрин // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – ІФ: ІФІНГ. – 2007. – № 2 (23). – 160 с.

*Надійшла до редколегії 10.05.2014 р.*