

## О НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СВОЙСТВ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ.

Приведены результаты оценки изменчивости свойств геологической среды в зоне влияния множества источников за длительный период времени. Параметры авторегрессии изменяются во времени.

**Ключевые слова:** изменчивость, авторегрессия, геологическая среда.

There are results of study the change geological environment in zone impact of set sources for long time. The parametries of avtoregression were change

**Key words:** change, avtoregress, geological environment.

Наведені результати оцінки змін властивостей геологічного середовища в зоні впливу множини джерел за тривалий термін часу. Параметри авто регресії набули змін.

**Ключові слова:** мінливість, авто регресія, геологічне середовище.

**Введение.** Изменение состояния и свойств геологической среды городов является актуальной проблемой, предметом обсуждения на международных конгрессах и конференциях [1]. Методические основы обработки результатов инженерно-геологических исследований были заложены в работах Бондарика Г.К., Коломенского Н.А., Комарова И.С. и других ученых [2-6]. Особенность инженерно-геологических данных: их малочисленность, разобщенность. Систематизация информации о состоянии и свойствах грунтов может позволить уточнить критерии допустимого риска возникновения нежелательных последствий, приводящих к экономическим потерям. Создание моделей изменчивости состава и свойств геологической среды базируется на представлении о “значении геологического параметра как сочетания детерминированной и недетерминированной компонент” [2. с.17]. “Совокупность геологических представлений... для объяснения...изменчивости геологического параметра...можно рассматривать как геостатистическую гипотезу” [2, с. 9]

При длительных управляемых техногенных воздействиях необходима трансформация гипотез о факторах изменчивости состава и свойств грунтов. Совокупность результатов определения свойств однородного по геологическим критериям объекта представляет собой многомерный массив данных – реализацию пространственных переменных, под которыми можно понимать множество характеристик, важных для оценки состояния. На ограничения и условность в привлечении методов математической статистики к оценкам пространственной переменной при геологических исследованиях указывал Ж. Матерон [7]. Выбор переменных, описывающих состояние объекта в условиях техногенного воздействия, должен определяться, в том числе, возможностью выполнения процедуры оценивания. Переменные должны определяться массово, изменяться достаточно быстро, связи между переменными также должны изменяться. Для описания изменчивости применяется аппарат теории случайных процессов. Автор теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных

пород [2, стр. 80] пришел к выводу о связи между уровнем изучаемого объекта и режимом изменчивости. “Нестационарный режим ... получают на значительных участках, размеры которых соизмеримы с иррегулярностями низшего порядка”. В условиях сосредоточенных техногенных воздействий гипотеза о режиме изменчивости, связи с уровнем детализации нуждается в подтверждении.

**Объект исследований.** Проанализированы результаты инженерно-геологических изысканий, выполненных в 1976 г. на территории, застроенной малоэтажными зданиями и повторные изыскания, выполненные в 2005г. Разрез изучен до глубины 49.0 м. Территория расположена в зоне сочленения структурного плато и террасового комплекса р. Днепр. В составе геологической среды выделены климатолиты, отвечающие пяти климатическим ритмам. Залегание невыдержанное, в связи с фациальным замещением кайдакского и тясминского климатолитов днепровским. В сферу взаимодействия сооружений вовлечены подучастки с разным чередованием палеопочвенных и лессовых климатолитов, закономерностями распределения свойств.

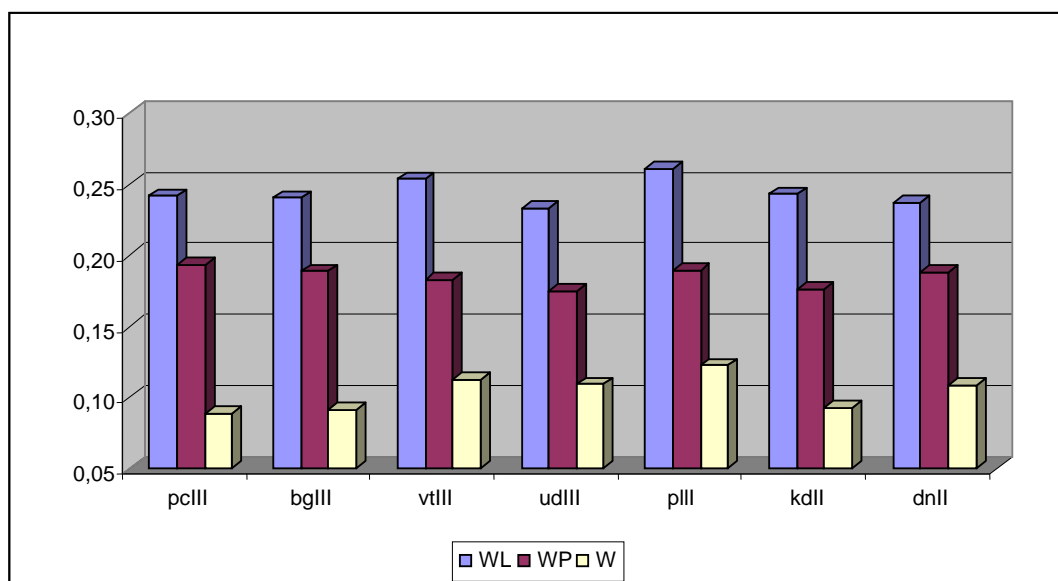


Рис. 1. Средние значения показателей природной влажности и пределов пластичности горизонтов (1976 г).

**Изложение основного материала.** Изменчивость свойств грунтов массива была тщательно изучена в 1976 г. Грунтовые воды не были встречены. Физические свойства изменялись в соответствии с генетическими факторами (рис.1). Средние значения плотности (частиц и грунта) лессовых горизонтов меньше по значениям, чем у палеопочвенных, за исключением удайского лесса.

Асимметрия, вариация и эксцесс выше в палеопочвенных климатолитах, за исключением причерноморского. Высокая просадочность присуща отложениям причерноморского и бугского горизонта. Днепровский горизонт характеризуется слабо выраженными просадочными свойствами, кайдакский не обладает просадочностью. Максимум просадочных деформаций достигается в разных интервалах давлений. Высокие значения угла внутреннего трения (консолидированный сдвиг грунта естественной влажности) характерны кайдакскому горизонту. Удельное сцепление максимально у прилукского, минимально у днепровского климатолитов. Экспериментально установлены значения коэффициента анизотропии, средние значения по разрезу составили 1, 28 - 1,37. Глубина, на которой зафиксированы экстремальные значения коэффициента анизотропии в днепровском и тясминском климатолитах (2,69 и 5,13), практически одинакова: 16,0 и 15.6 м.

Признаками нестационарности поля геологического параметра являются

изменчивость среднего и дисперсии. Эти условия выполняются, так как асимметричность распределений свойств и изменчивость средних по разрезу очевидна (см. рис.1). Выборочные совокупности результатов лабораторных определений физических, физико-химических и физико-механических свойств были разделены на две группы по приуроченности к участку выдержанного или нарушенного строения. Главный критерий деления территории на участки: наличие или отсутствие кайдакского и тясминского горизонтов.

В зоне выдержанного разреза степень однородности выше, нормальный закон распределения выполняется для показателей: плотность, влажность, нижний предел пластичности по всему разрезу плейстоценовых лессовидных суглинков. Эффект мультиколлинеарности не выражен, кластеры первого порядка образуют данные из одной скважины, в некоторых случаях данные, относящиеся к одному климатолиту. Корреляция выражена между показателями плотности, глубиной отбора и просадочными свойствами лучше, чем между плотностью и деформационными свойствами. Приведение данных к стандартному виду мало влияет на корреляционные связи. Уравнения регрессии между показателями физических свойств и глубиной отбора по изученному разрезу выражаются преимущественно степенным законом. Связи между показателями: плотность частиц и грунта, природная влажность, пределы пластичности, глубина отбора являются характеристическими, указывают на изменчивость показателей фазового и минералогического состава по глубине, при прочих равных условиях пропорциональной времени формирования. Изменение состояния (состояние полного водонасыщения, давления, превышающие природные) приводит к изменению вида и набора, переменных в уравнении множественной регрессии. Характеристические уравнения получены в виде линейных уравнений множественной регрессии влажности, пределов пластичности (зависимые и независимые переменные) глубины отбора и плотности частиц. Парная зависимость деформационных и просадочных свойств от глубины линейна. Показатели прочности зависят от верхнего предела пластичности грунта. Самый высокий коэффициент корреляции между начальным просадочным давлением и глубиной отбора. Исследована выборка среднего объема (количество частных значений 49), количество природных климатических ритмов, определяющих изменчивость свойств по разрезу, пять, данных достаточно для анализа реализации случайной функции пространственной переменной. Выявлена периодическая компонента в распределении характеристик плотности, просадочности и прочности по глубине (табл. 1). Автокорреляция влажностей разного рода не выявлена. Данные были упорядочены по номеру слоя, глубине, абсолютным отметкам

В зоне невыдержанного разреза нормальный закон выполняется у распределений плотности и нижнего предела пластичности. Эффект мультиколлинеарности присутствует. Кластеры первого порядка чаще образуют данных из климатолитов, а не из скважин. Парные уравнения регрессии по не стандартизированным значениям физических свойств получены в виде нелинейных зависимостей значений показателей от глубины. Периодическая компонента не выявлена. Характеристические уравнения (адекватные по значениям средней погрешности и значимые по критерию Фишера) множественной регрессии получены в виде (1):

$$W=-0,9971-0,0007Z+0,0706WL+0,3127WP+0,2825PLS+0,1651PL \quad (1)$$

**Параметры уравнений авторегрессии распределений физических и механических свойств по разрезу (1976 г.)**

Таблица 1

Переменная	Уравнение тренда	Вид модели	Параметр авторегрессии p(1)		Параметр авторегрессии p(2)	
			Значение	Вероятность p	Значение	Вероятность p
PL	1,599 + 0.004t	1,0,0	0.444	0.002		
PLS	2.663+0.000t	1,0,0	0.468	0,001		
PSL	0,565+006*t	1,0,0	0,54	0,0001		
ESL0.05	0.0119-0.0002t	1,0,0	0.479	0.001		
ESL0.1	0.0259-0.0006t	1,0,0	0.591	0.001		
ESL0.15	0.0382-0.0009t	1,0,0	0.588	0.001		
C1	0.012+0.001t	2,0,0	0.734	0.00	-0.354	0.041

Примечание: t – шаг по опробованию; PL- плотность грунта, г/см<sup>3</sup>; PLS – плотность частиц, г/см<sup>3</sup>; PSL – начальное просадочное давление, МПа; ESL0.05 – коэффициент относительной просадочности, д.ед.; C1 - удельное сцепление, МПа.

Обработка данных по отдельным климатолитам показывает, что максимально выражена асимметричность распределений физических свойств у палеопочвенных горизонтов. Наибольшая однородность выявлена у удайского климатолита. Разуплотнение кайдакского горизонта на подошве и в кровле слоя выявлено при построении модели изменения плотности по глубине. Интервал давлений, в котором коэффициенты относительной просадочности приобретают нормальный закон распределения, различен. У удайского и днепровского горизонта интервал начинается со значений, меньших начального просадочного давлений. У причерноморского, бугского и прилукского горизонтов такой закономерности нет. Связь между характеристиками прочности и просадочности является более тесной, чем между деформационными и прочностными свойствами. Зависимая переменная характеристического уравнения связи между показателями физических свойств определяется двояко. Как показатель «влажность» в климатолитах, где влажность выше среднего по разрезу значения (причерноморский, прилукский, днепровский) и как показатель «плотность», если влажность меньше средней по разрезу. Автокорреляция значений плотности частиц и плотности грунта бугского горизонта снимается при удалении линейного тренда. Периодичность вызвана изменчивостью гранулометрического состава.

По результатам обработки данных, полученных через 30 лет, средние значения показателей пластичности по разрезу не изменились, незначителен рост влажности. Причина константности массива заключается в особенностях геологического строения, не способствующего развитию подтопления. Закон распределения влажности соответствует нормальному. Корреляция между глубиной и нижним пределом, пределами пластичности хуже, чем в 1976 г. В распределениях влажности автокорреляция значений отсутствует, а в распределениях пределов пластичности выявлена автокорреляция второго порядка. Преобразование данных степенной функцией с показателем 1,2, снятие линейного тренда снимает автокорреляцию остаточных значений при принятии моделей вида ARIMA (0,0,2).

Нелинейность процесса просадки, зависимость показателей просадочности от влажности, физических свойств детально рассмотрены в работе [8, с. 80]. Показатель степени основного уравнения деформирования, вычисляемый по результатам компрессионных испытаний [8, с. 82], в общем случае, не является целым. Среднее значение показателя анизотропии по площадке составило 1,2.

Выводы:

- Распределение показателей физических и механических свойств грунтов, находящихся в сфере влияния природно-технической системы локального уровня избирательно описывается нормальным законом.
- Связи между показателями физических и механических свойств внутри различных групп и между группами, по глубине преимущественно нелинейные.
- Длительное техногенное воздействие приводит к появлению периодической компоненты в распределении природной влажности и пределов пластичности, что не соответствовало распределениям этих показателей в условиях менее интенсивных техногенных воздействий.

**Библиографические ссылки:**

1. 10th IAEG International Congress, IAEG2006, Nottingham, United Kingdom, September, 2006.- <http://www.iaeg.info/iaeg2006/start.htm>
2. Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. - М.: Недра, 1971, - 272 с.
3. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород, том 2./ Под ред. Е.М. Сергеева, - М.: Недра, 1984, - 438 с.
4. Коломенский Н.А. Специальная инженерная геология...- М: Недра, 1969, - 336с.
5. Дж. Дэвис. Статистический анализ данных в геологии. В 2 книгах. Т.1,2.- М.:Недра, 1990. Кн.1. - 390 с.
6. Комаров И.С. Многомерный статистический анализ в инженерной геологии. – Комаров И.С., Н.М. Хайме, А.П. Бабеньшев.- М. Недра, 1976, - 199 с.
7. Ж. Матерон. Основы прикладной геостатистики. М.Мир, 1968 – 407 с.
8. А.А. Мустафаев. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах: Учебное пособие для вузов.- М.:ВШ, 1979.-368 с.  
*Надійшла до редколегії 4.01.11*