

УДК 550.34

## К ВОПРОСУ О СЕЙСМИЧЕСКОМ МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ ПЛОЩАДОК НА СЛОИСТЫХ ОСНОВАНИЯХ

Канд. техн. наук *Баскаев А.Н.*

Центр геофизических исследований Владикавказского  
научного центра РАН и Правительства РСО-Алания

*На основе теории нечетких множеств и теории планирования эксперимента получена четырехфакторная математическая модель приращения сейсмической интенсивности слоя (площадки), сложенного песчаными грунтами.*

Ранее был предложен комбинированный способ оценки приращения балльности грунтового слоя [3], при использовании которого приращение балльности обусловленное типом грунта и его состоянием определяется с помощью теории нечетких множеств и теории планирования эксперимента, а приращение балльности, зависящее от угла наклона поверхности площадки вычисляется по тригонометрической зависимости. Таким образом, окончательное приращение балльности представляется в виде двух слагаемых. Поскольку мы используем данные инженерно-геологических изысканий для оценки приращения сейсмической интенсивности, то наш подход можно отнести к методу инженерно-геологических аналогий [1].

В предыдущих работах автором на основе теории нечетких множеств Заде [5] и теории планирования эксперимента были построены четырехфакторные математические модели для слоев из крупнообломочного и глинистого грунтов. В данной работе получена соответствующая модель приращения балльности для слоя, сложенного песчаными грунтами.

Для решения поставленной задачи была использована методика построения моделей в нечеткой среде, представленная в монографии [2]. Для прогнозирования приращения сейсмической интенсивности слоя из песчаного грунта экспертом были выбраны четыре независимых фактора в виде лингвистических переменных:

$X_1$  – тип песчаных грунтов;  $X_2$  – плотность сложения песчаных грунтов;  $X_3$  – степень влажности песчаных грунтов;  $X_4$  – мощность слоя из песчаных грунтов. Эти переменные в нечетком виде представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование лингвистической переменной	Термы	Носитель нечеткого множества	Медиана терма
Тип песчаных грунтов (качественный фактор)	пылеватые мелкие средней крупности крупные гравелистые	-	-
Плотность сложения (качественный фактор)	рыхлые средней плотности плотные	-	-
Степень влажности (качественный фактор)	маловлажные влажные водонасыщенные	-	-
Мощность слоя, м (количественный фактор)	тонкий ниже среднего средний выше среднего мощный	0 – 6 4 – 16 14 – 26 24 – 36 34 – 40	3 10 20 30 37

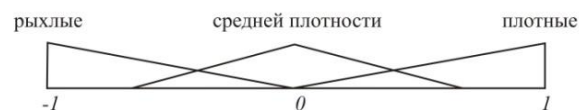
При построении модели в нечеткой среде необходимо задание лишь крайних значений шкал изменения каждого из факторов в виде "-1" и "+1". Для осуществления такого перехода исходные значения факторов согласно методике необходимо нормировать. Следует отметить, что для всех лингвистических переменных выполняется условие непрерывности во всех областях их определения. В нечетком виде рассматриваемые лингвистические переменные представлены на рисунке.

Лингвистические переменные, представленные на рисунке, закодированы следующим образом:

$X_1$  – тип песчаных грунтов



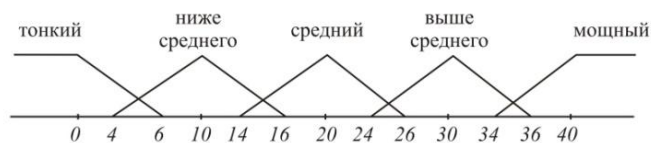
$X_2$  – плотность сложения песчаных грунтов



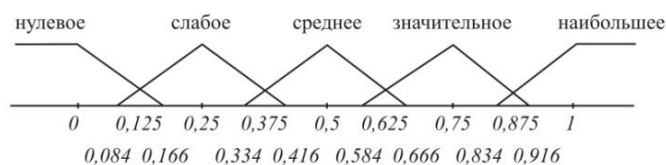
$X_3$  – степень влажности (водонасыщенность) песчаных грунтов



$X_4$  – мощность слоя из песчаных грунтов, м



$\Delta I$  – приращение сейсмической интенсивности слоя из песчаных грунтов, баллы



Факторное пространство для моделирования приращения балльности слоя сложенного песчаными грунтами.

$X_1 = -1$  для пылеватых песков,  $X_1 = -0,5$  для мелких песков,  $X_1 = 0$  для песков средней крупности,  $X_1 = +0,5$  для крупных песков,  $X_1 = +1$  для гравелистых песков.

$X_2 = -1$  для рыхлых песков,  $X_2 = 0$  для песков средней плотности,  $X_2 = +1$  для плотных песков.

$X_3 = -1$  для маловлажных песков,  $X_3 = 0$  для влажных песков,  $X_3 = +1$  для песков, насыщенных водой.

$X_4$  определяется по формуле:  $X_4 = (X_4 - 20)/20$ ;

где  $X_4$  – текущее значение мощности слоя, м.

$\Delta I$  – приращение сейсмической интенсивности, баллы.

Была сформирована матрица опроса эксперта в виде полного факторного эксперимента типа два в четвертой степени, представленная в форме крайних значений входных лингвистических переменных (табл. 2). Ответы эксперта, представленные в этой таблице, являются как бы результатами эксперимента.

Таблица 2

Матрица планирования для слоя, сложенного песчаными грунтами

№№	Тип песчаного грунта $X_1$	Плотность сложения $X_2$	Степень влажности $X_3$	Мощность слоя $X_4$	Приращение балльности $\Delta I$
1	2	3	4	5	6
1	Пылеватые	Рыхлые	Маловлажные	Тонкий	Среднее
2	Гравелистые	Рыхлые	Маловлажные	Тонкий	Между слабым и средним
3	Пылеватые	Плотные	Маловлажные	Тонкий	Между нулевым и слабым
4	Гравелистые	Плотные	Маловлажные	Тонкий	Нулевое
5	Пылеватые	Рыхлые	Водонасыщенные	Тонкий	Значительное
6	Гравелистые	Рыхлые	Водонасыщенные	Тонкий	Между средним и

					значительным
7	Пылеватые	Плотные	Водонасыщенные	Тонкий	Среднее
8	Гравелистые	Плотные	Водонасыщенные	Тонкий	Слабое
9	Пылеватые	Рыхлые	Маловлажные	Мощный	Значительное
10	Гравелистые	Рыхлые	Маловлажные	Мощный	Среднее
11	Пылеватые	Плотные	Маловлажные	Мощный	Между слабым и средним
12	Гравелистые	Плотные	Маловлажные	Мощный	Слабое

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
13	Пылеватые	Рыхлые	Водонасыщенные	Мощный	Наибольшее
14	Гравелистые	Рыхлые	Водонасыщенные	Мощный	Между значительным и наибольшим
15	Пылеватые	Плотные	Водонасыщенные	Мощный	Между средним и значительным
16	Гравелистые	Плотные	Водонасыщенные	Мощный	Среднее
17	Средней крупности	Средней плотности	Влажные	Средней мощности	Среднее

Обработку результатов опроса эксперта проводили в кодированном виде. Результирующее уравнение приращения сейсмической интенсивности слоя из песчаного грунта в кодированном виде имеет вид:

$$\Delta I = 0,5 - 0,078 X_1 - 0,172 X_2 + 0,141 X_3 + 0,109 X_4 - 0,016 X_1 X_2 X_3 + 0,016 X_1 X_2 X_4 + 0,016 X_1 X_3 X_4 - 0,016 X_2 X_3 X_4.$$

Полученная модель позволяет сравнивать между собой влияние различных факторов на приращение сейсмической интенсивности песчаного грунтового слоя по величине коэффициентов при неизвестных. Наиболее сильное воздействие на приращение балльности оказывают плотность сложения и степень влажности песчаных грунтов. Совокупное действие

нескольких факторов существенно меньше по степени влияния по сравнению с линейными факторами.

Полученная модель была применена для оценки приращения сейсмической интенсивности грунтового слоя, пройденного скважиной 6322/710,5 в г. Владикавказ [4]. Данный грунтовый слой залегает на глубине 9,3 – 13,0 м и представлен песком крупным. Слой плотный маловлажный. Значения входных закодированных лингвистических переменных можно принять равными:  $X_1 = 0,5$ ;  $X_2 = 1$ ;  $X_3 = -1$ ;  $X_4 = (3,7 - 20)/20 = -0,815$ . Приращение балльности данного слоя по математической модели, полученной в данной работе, равно 0,05 балла.

Полученная четырехфакторная математическая модель позволяет оценить приращение балльности грунтового слоя, сложенного песчаными грунтами. При этом приращение сейсмической интенсивности определяется в зависимости от физических свойств песчаного грунта и толщины его слоя. Таким образом, теория нечетких множеств в комбинации с теорией планирования эксперимента может применяться для целей сейсмического микрорайонирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. М.: Наука, 2009. 350 с.
2. Лолаев А.Б. Инженерно-геокриологические проблемы освоения криолитозоны. М.: СИП РИА, 1998. 150с.
3. Баскаев А.Н. К вопросу об определении приращения балльности площадки на основе теории нечетких множеств и теории планирования эксперимента / Труды молодых ученых, изд-во ВНИЦ РАН и РСО-А. 2010. №4. С. 97-100.
4. Отчет о сейсмическом микрорайонировании территории г. Владикавказ. Трест "Ставрополь ТИСИЗ". Том II. Книга 3. 1991. 218с.
5. Zadeh, L.A., 1975. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. I, Inf. Sci. 8: 199-249.