

стових вод та компонентному складі водорозчинених газів викликані негерметичністю свердловин та зосереджені у їх пристовбурних ділянках і не мають площинного

розповсюдження. Отже, покриття штучного покладу герметична, впливу циклічної експлуатації газосховища на контрольні горизонти не відбувається.

Література

1. Марчук Я.С. Развитие та перспективи підземного зберігання природного газу в УМГ "Київтрансгаз" / Марчук Я.С., Андрійшин М.П., Яцків М.П. // Наук. вісник ІФНТУНГ: конф. "40 РОКІВ ПЗГ В УКРАЇНІ", м. Яремча, 2-4.6.2004р. – 2(8) 2004. – С. 22–28.
2. Правила створення та експлуатації підземних сховищ газу в пористих пластах: СТК 320.20077720.009-99. – [чинний від 1999-09-31]. – К.: НАК "Нафтогаз України", 1999. – 15 с. (Стандарт НАК "Нафтогаз України").
3. Савків Б.П. Технологічні особливості створення ПСГ України / Савків Б.П., Гімер Р.Ф. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: сер. транспорт і зберігання газу: наук.-техн. зб. – Івано-Франківськ, 1998. – № 35. – том 5. – С. 15–34.

УДК 624.1 (035.5)

Сейфзельдин Гаффар Хасан, В.Г. Таранов

Национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

Ф.В. Чомко

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ НАБУХАЮЩИХ ГРУНТОВ СУДАНА

Предложен новый способ составления прогнозов для набухающих грунтов. Способ базируется на использовании факторного анализа. Применение этого метода позволяет прогнозировать возникновение негативных процессов в набухающих грунтах и избежать их разрушающего действия на здания и другие инженерные сооружения. Метод опробован на набухающих грунтах Судана.

Ключевые слова: Набухающие грунты, многомерный статистический анализ, прогнозирование.

Сейфзельдин Гаффар Хасан, Таранов В.Г., Чомко Ф.В. ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОВИМІРНОГО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НАБУХАЮЩИХ ГРУНТІВ СУДАНУ. Запропонований новий спосіб складання прогнозів для набухаючих ґрунтів. Спосіб базується на використанні факторного аналізу. Використання цього методу дозволяє прогнозувати виникнення негативних процесів в набухаючих ґрунтах і запобігати їх руйнівній дії на будинки і другі інженерні споруди. Метод випробуваний на набухаючих ґрунтах Судану.

Ключові слова: Набухаючі ґрунти, багатовимірний статистичний аналіз, прогнозування.

Seifeldin Goffar Khasan, V. Taranov, F. Chomko. EMPLOYMENT OF THE MULTIMEASURED STATISTICAL ANALYSIS IN SWELLING GROUNDS IN SUDAN. It was proposed the new way of the forecast formation for the swelling grounds. This way is based on the employment of the factor analysis, The employment of this method makes possible to do the forecast of the beginning of the negative processes in the swelling grounds and to avoid their ruined work on the buildings and the other engineering structures. The method was tested on the swelling grounds in Sudan.

Keywords: swelling grounds, multimeasured statistical analysis, forecast.

Постановка проблеми. Среди всех африканских стран Судан имеет наибольший ареал распространения набухающих грунтов – около 25 млн. га. В первую очередь это территория Большого Хартума (столицы) и штата эль Д'Жезира (область между Белым и Голубым Нилом). Здесь ведется наиболее интенсивное строительство, и потому, вопросы проектирования и прогнозирования на набухающих грунтах имеют первостепенное значение.

Для страны в целом и для Хартума в частности массовое строительство сводится

к возведению относительно легких сооружений: двух-, трехэтажных коттеджей и зданий производственно-хозяйственного назначения. Однако зачастую, после завершения строительства, остаются «выпуски» арматуры колонн для последующего увеличения этажности. Каких-либо специальных мероприятий при строительстве на набухающих грунтах не предусматривается. При таком строительстве через несколько лет здания, возведенные на этих грунтах, начинают претерпевать различные деформации. В табл. 1. приведена информация об объек-

тах, получивших повреждения разной степени вследствие регулярного проявления негативных свойств набухающих грунтов, а

рисунки 1 и 2. иллюстрируют типичные примеры разрушения конструкций зданий.

Таблица 1.

Информация о поврежденных сооружениях

	Здание	Местоположение	К-во этажей	Год строительства	Тип фундамента
1	Университет Д'жезира – жилье штата	Штат Д'жезира, г.Вад Медани	2	1975	Монолитный, отдельно стоящий
2	Хлопковая фабрика Дружба	Штат Д'жезира	2	~70-х	Монолитный, отдельно стоящий
3	Административное здание проекта Рахад	Штат Д'жезира	1	1977	Ленточный
4	Фабрика Асаляя	Штат Белый Нил	3	–	Монолитный, отдельно стоящий
5	Администрация изучения почв – с/х корпорация	Штат Д'жезира, г.Вад Медани	2	1968	Монолитный, отдельно стоящий
6	Библиотека, дворец президента	г. Хартум	2	1995	Ленточный
7	Лабораторный комплекс, университет Рибата	г. Хартум	4	2002	Монолитный отдельностоящий
8	Хлопковая фабрика «Дружба»	г. Хасахиса	2	1981	Ленточный

Ежегодный ущерб от повреждения конструкций зданий оценивается в десятки миллионов суданских фунтов. Расходы на ремонт и восстановление конструктивных элементов объекта №4 (табл. 1) настолько высоки, что рекомендовано перенести фабрику на другую площадку, сложенную не набухающими грунтами.

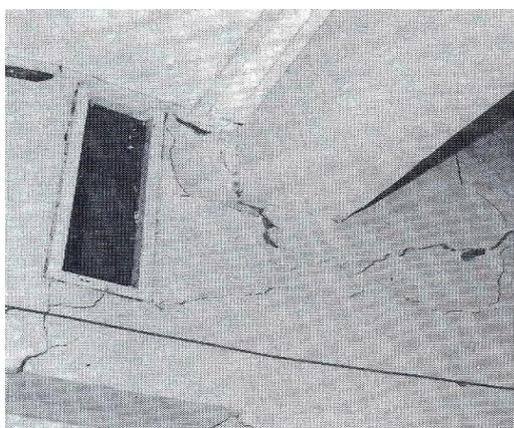


Рис.1. Разрушение кирпичной стены админ. здания (объект №3).

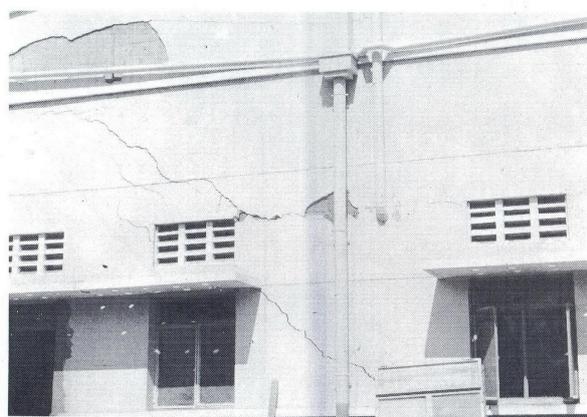


Рис.2. Фрагмент разрушения кирпичной стены на хлопковой фабрике «Дружба» (объект №8)

Поэтому в настоящее время остро стоит вопрос прогноза изменения инженерно-геологических свойств набухающих грунтов.

Анализ публикаций и определение не решенных проблем. Многие исследователи (Elsayed A.E., Potts D.V. and Zdrakovis L., Poulus H.G., El Turabi, M.A. Сорочан Е.А., Шутенко Л.Н., Гильман А.Д., Лупан Ю.Т.) изучали инженерно-геологические свойства набухающих грунтов этого региона в естественных и нарушенных условиях [1-7]. Ранее набухающие грунты в Судане назывались черными тропическими глинами (черными хлопковыми почвами). В последнее время, все чаще в литературе встречается название – expansive soil, что, по мнению суданских специалистов, более соответствует природе этих грунтов [1]. Эти грунты могут быть отнесены к сильно набухающим грунтам ($\varepsilon_{sw}^o \geq 0,12$). По данным некоторых исследователей подъем поверхности земли в сезон дождей происходит на 50-60 см [1].

Вопросу проектирования и строительства зданий и сооружений на суданских набухающих грунтах и ликвидации их негативного влияния посвящены работы Elsayed A.E., El Turabi, M.A., Сейфэльдина Г.Х., Таранова В.Г. [1, 5, 8, 9].

Литературы по вопросу составления прогнозов изменения набухающих грунтов в Судане нет.

Цель исследований. Для прогноза изменения инженерно-геологических свойств набухающих грунтов в настоящее время используются различные аналитические методы и математическое моделирование.

Инженерно-геологические свойства грунтов является конечным продуктом воздействия не одного, а целой совокупности природных и техногенных процессов (условий формирования, обводнения, антропогенной нагрузки и т.д.). Влияние этих процессов сказывается на взаимосвязанном изменении свойств набухающих грунтов и на характере связей между ними. Однако, эти связи в наблюдаемых компонентах грунтов в "чистом виде" не сохраняются. Корреляционные зависимости между наблюдаемыми значениями переменных фактически яв-

ляются конечным результатом действия всей совокупности процессов. Поэтому, чтобы установить, какие процессы действительно являются определяющими в изменении инженерно-геологических свойств, мы и применили факторный анализ – один из методов многомерного статистического анализа.

Этот метод является одним из самых эффективных средств выявления закономерностей, скрытых в массивах данных, поскольку в инженерной геологии, как правило, отсутствует возможность непосредственного наблюдения и измерения процессов-факторов. О них можно судить лишь по конечным результатам проявления процессов, отражающихся в значениях различных характеристик грунтов [7, 8, 9, 10].

Методика факторного анализа. Важное место среди методов многомерного анализа занимают факторный и компонентный анализы. Они представляют собой весьма эффективное средство сжатия информации путем перехода от исходных данных к новым переменным – факторам (компонентам). Изучение структуры факторов позволяет проверить имеющиеся и выдвинуть новые гипотезы о причинах, порождающих взаимосвязи между наблюдаемыми переменными и тем самым дать причинно-следственную интерпретацию полученных результатов [7,8].

Метод главных компонент используется как самостоятельный, так и в виде элемента во всех современных схемах факторного анализа. Фундаментальное различие между компонентным и факторным анализами заключается в способе нахождения факторов и предположениях, касающихся природы остатков. В компонентном анализе факторы определяются в соответствии с критерием максимизации их вклада в суммарную дисперсию всех переменных. В собственно факторном анализе факторы находятся по принципу максимизации связей между переменными. Можно сказать, что компонентный анализ состоит в исследовании дисперсий, а собственно факторный анализ – в изучении корреляций между переменными. В компонентном анализе предполагается, что остаточные члены ее малы, а в факторном анализе этого предположения

не делается. Следовательно, в компонентном анализе считается, что основная часть дисперсии переменной важна для исследования и связана с другими наблюдаемыми переменными. В факторном анализе наоборот, предполагают, что исходным данным присуща значительная доля "специфичности" и используют только ту составляющую переменной, которая коррелируется с другими переменными. В обоих методах считается, что остатки не коррелируют с факторами. Однако в компонентном анализе никаких предположений о корреляции между остатками не делается, в то время как в факторном анализе основываются на том, что они не коррелируют между собой.

Факторный анализ позволяет получить минимальное число новых переменных, являющихся линейными комбинациями исходных, причем эти новые переменные содержат то же количество информации.

Методы факторного анализа делятся на два больших класса – R-модификация и Q-модификация. Первый связан с исследованием соотношений между переменными и основан на выделении собственных значений и собственных векторов из ковариационной или корреляционной матриц, второй – с изучением соотношений между объектами и часто используется для исследования их внутренней структуры для представления в многомерном пространстве.

Первый шаг в обеих модификациях факторного анализа – это преобразование исходной матрицы данных в квадратную, симметричную матрицу, которая выражает либо степень взаимосвязей между переменными (R-модификация), либо то же между объектами, на которых эти значения определены (Q-модификация). Это делается путем умножения слева или справа матрицы данных на транспонированную к ней матрицу. Матрица данных состоит из N строк наблюдений и M столбцов переменных. Умножая слева матрицу данных $[x]$ на транспонированную к ней матрицу $[x]'$, получим квадратную матрицу R ($R=[x]'*[x]$), имеющую порядок $M \times M$. Элементы матрицы R состоят из суммы квадратов парных произведений M переменных, представленных в исходной матрице:

$$r_{ik} = \sum_{j=1}^n x_{ij} x_{jk} \quad k, j = 1 \dots m, \quad (1)$$

где j и K – номера столбцов матрицы данных.

Если данные стандартизованы, т.е. каждая переменная имеет нулевое среднее и стандартное отклонение, равное 1, то матрица R будет корреляционной матрицей M переменных.

Умножение матрицы данных $[x]$ справа на транспонированную к ней матрицу $[x]'$ приводит к квадратной матрице Q ($Q = [x] * [x]'$) порядка $N \times N$.

Если матрица данных $[x]$ содержит необработанные наблюдения, то матрица Q включает квадраты и парные произведения всех пар объектов, просуммированные по переменным.

В большинстве исследований используется больше объектов, чем переменных, так что матрица Q будет большего порядка, чем матрица R , несмотря на то, что они построены по одной исходной матрице данных $[x]$.

Применение факторного анализа в инженерной геологии основано на нахождении собственных значений и собственных векторов либо для матрицы R , либо для матрицы Q . Очевидно, что имеется тесная связь между ними, так как обе матрицы порождены одним и тем же набором данных.

Анализ начинается с вычисления корреляции между данным числом N измеренных переменных. Матрица коэффициентов корреляции обрабатывается по методу главных компонент (R-модификации) факторного анализа. В результате этого получается некоторое число значимых факторов, которыми можно "объяснить" всю изменчивость выборки в терминах новых переменных или факторов. Факторные нагрузки выражают "состав" факторов через исходные переменные. Поскольку эти факторы трудно интерпретировать, то для усиления роли переменных, вносящих существенный вклад в фактор, и уменьшения роли переменных с незначимым вкладом принято использовать вращение полученных на первом этапе осей (используется метод варимакс).

Каждое из чисел, расположенных в фиксированном столбце матрицы факторных нагрузок означает вклад определенной

переменной в состав данного фактора. То есть фактически можно считать, что каждый столбец представляет собой факторное уравнение, в котором нагрузки являются коэффициентами при соответствующих исходных переменных.

Алгоритм вычислений состоит из следующих этапов [8]:

А. Исходная матрица данных X нормализуется, т.е. приводится к стандартному виду по формуле:

$$X_{ik}^s = \frac{x_{ki} - \bar{x}_k}{\sigma_k}, \quad (2)$$

где: X_{ki} – значение k -го признака i -й строки; \bar{x}_k – среднее значение k -го признака; σ_k – среднеквадратическое отклонение k -го признака; k – номер столбца; i – номер строки матрицы данных.

Б. На основе нормализованной матрицы X^s вычисляется корреляционная матрица R путем умножения ее слева на транспонированную к ней матрицу.

В. Находят собственные векторы (Z) матрицы R , которые являются не чем иным, как главными компонентами:

$$Z_j = \sum_{i=1}^p A_{ji} X_{ji}^s \quad j = 1 \dots P, \quad (3)$$

где: P – количество главных компонент (равно количеству параметров в исходной матрице); A_{ji} – вес j -й компоненты в i -й переменной (или наоборот).

Г. Из собственных векторов конструируется ортогональная матрица, связывающая признаки и факторы. Факторные нагрузки являются коэффициентами корреляции между признаками и факторами.

Д. Факторы ранжируют по убыванию дисперсии. Полученная матрица факторных нагрузок и является основой для инженерно-геологической интерпретации.

Е. Для оценки степени проявления различных факторов на разных участках пространства рассчитывается матрица значений факторов в точках наблюдения (скважинах):

$$F_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^M f_{jk} \cdot X_{ik}^s}{\lambda_j}, \quad (4)$$

где: F_{ij} – значение j -го фактора в i -й точке; f_{jk} – факторная нагрузка j -го фактора

на k -ю переменную; X_{ik}^s – значение k -й переменной в i -й точке; λ_j – вектор собственных значений корреляционной матрицы, или сумма квадратов факторных нагрузок j -го фактора; M – количество переменных.

Основные результаты факторного анализа. Вычислительная процедура факторного анализа реализована пакетом программ «СТАТИСТИКА», разработанной на кафедре гидрогеологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. По этому пакету были обработаны данные о физико-технических свойствах грунтов на разных участках в г.г. Хартрум и Д`жезира.

Исходная матрица данных содержит информацию о физико-технических свойствах образцов грунтов из 57 инженерно-геологических скважин. Для каждого образца были определены: удельная масса, угол внутреннего трения, естественная влажность, влажность набухания, давление набухания, относительная набухаемость, сцепление, нижний и верхний предел текучести и число пластичности. Эти основные компоненты описывают состояние набухающих грунтов. Анализ их совокупности, характера связей между ними должен установить природу процессов, являющимися определяющими в изменении инженерно-геологических свойств.

Для оценки силы связи между отдельными показателями инженерно-геологических свойств набухающих грунтов без учета влияния остальных переменных нами проведен парный корреляционный анализ. Данные анализа приведены в табл. 2. Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции показал, что значимые положительные связи установлены:

- для числа пластичности с верхним пределом (0,97);
- влажности набухания с нижним пределом (0,91);
- относительного набухания с верхним пределом (0,91);
- числа пластичности с давлением набухания (0,89);
- естественной влажности с влажностью набухания (0,84);

- относительного набухания с давлением набухания (0,83);
- относительного набухания с числом пластичности (0,82);
- относительного набухания с нижним пределом (0,59).

Установлена отрицательная связь сцепления с углом внутреннего трения (-0,63). Зависимость удельной массы со всеми другими элементами отсутствует.

Таблица 2

Данные парного корреляционного анализа физико-механических свойств набухающих грунтов

Физико-механические свойства	Удельная масса	Верхний предел	Нижний предел	Естественная влажность	Число пластичности	Влажность набухания	Угол внутреннего трения	Сцепление	Относительное набухание	Давление набухания
Удельная масса	1,00	0,04	-0,10	0,08	0,06	0,01	-0,27	0,15	-0,12	0,07
Верхний предел	0,04	1,00	0,39	0,03	0,97	0,32	0,21	0,02	0,91	0,91
Нижний предел	-0,10	0,39	1,00	0,67	0,15	0,91	0,15	0,13	0,59	0,32
Естественная влажность	0,08	0,03	0,67	1,00	-0,14	0,84	-0,11	0,19	0,20	0,07
Число пластичности	0,06	0,97	0,15	-0,14	1,00	0,10	0,19	-0,01	0,82	0,89
Влажность набухания	0,01	0,32	0,91	0,84	0,10	1,00	-0,02	0,21	0,48	0,29
Угол внутреннего трения	-0,27	0,21	0,15	-0,11	0,19	-0,02	1,00	-0,63	0,25	0,16
Сцепление	0,15	0,02	0,13	0,19	-0,01	0,21	-0,63	1,00	0,02	0,04
Относительное набухание	-0,12	0,91	0,59	0,20	0,82	0,48	0,25	0,02	1,00	0,83
Давление набухания	0,07	0,91	0,32	0,07	0,89	0,29	0,16	0,04	0,83	1,00

Однако выявленные особенности распределения связей компонентов не позволяют с достаточной уверенностью судить о количественной роли каждого из них.

Более полная информация была получена с помощью метода главных компонент, или R-модификации факторного анализа, результаты которого приведены в табл. 3.

По результатам факторного анализа выделено ряд факторов, на долю которых

приходится 100 % суммарного воздействия на изучаемые показатели физико-технических свойств набухающих грунтов. Существенный вклад при этом вносят только три фактора, веса которых после вращения матрицы больше 10 %. Они отражают вклад каждого из факторов в суммарную дисперсию исследуемой выборки.

Таблица 3.

Факторные нагрузки после вращения (R-модификация)

Элементы	Факторы		
	Ф 1	Ф 2	Ф 3
Удельная масса	-0,068978	0,037214	0,138759
Верхний предел	-0,191672	-0,512390	-0,042167
Нижний предел	0,400961	0,093466	0,891289

Естественная влажность	0,738074	0,100484	0,137497
Число пластичности	0,724027	-0,172343	-0,070449
Угол внутреннего трения	0,048338	0,045934	0,966581
Сцепление	-0,002466	0,717359	0,142884
Давление набухания	0,171705	-0,748681	-0,038446
Влажность набухан.	0,039216	0,158950	0,195642
Количество скважин	57	57	57
Веса факторов, %	22,65	15,09	10,50

Анализируя данные табл. 3, можно установить следующее:

1. Первый фактор (вес 22,65 %) содержит такие свойства грунтов: естественная влажность (сила связи 0,738074), число пластичности (сила связи 0,724027) и нижний предел (сила связи 0,400961). Остальные элементы по силе связи сколько-нибудь заметного вклада в этот фактор не вносят. Характерными элементами первого фактора является естественная влажность и нижний предел.

2. Во второй фактор (вес 15,09 %) входит давление набухания (сила связи -0,748681), сцепление (0,717359) и верхний предел (-0,512390). Давление набухания и верхний предел входят в этот фактор с от-

рицательной силой связи. Остальные элементы по силе связи сколько-нибудь заметного вклада в этот фактор не вносят. Характерными элементами второго фактора является давление набухания и сцепление.

3. К третьему фактору (вес 10,50 %) принадлежат угол внутреннего трения (сила связи 0,966581) и нижний предел (0,891289). Это основные элементы, характеризующие третий фактор.

Для анализа распределения выделенных факторов на территории г.г. Хартрум и Д жезира определялись нагрузки каждого фактора по всем скважинам с помощью Q-модификации факторного анализа. Результаты этого анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Факторные нагрузки после вращения (Q-модификация)

Место отбора	№ участка	№ скважины	Факторные нагрузки		
			Ф 1	Ф 2	Ф 3
1	2	3	4	5	6
Харт. (елм)	1	1	4,244	1,8489	-1,17051
Харт (елм)	3	5	-1,148	0,2400	0,03031
Харт (Бур)	8	1	-11,590	-2,3875	1,84462
Харт (Бур-2)	12	1	27,464	5,8482	-1,35575
Харт (Бур-3)	13	1	3,321	1,5213	-0,97620
Харт (елм)	1	2	4,347	1,2746	-1,07738
Харт (елм)	1	6	-3,727	-0,2709	-0,07245
Харт (елм)	1	3	2,308	1,2361	-0,82390
Харт (Рия)	4	5	-3,766	0,5397	-0,18354
Харт (Бур)	8	2	14,486	3,3824	-1,33397
Харт (Соб)	10	2	5,832	1,7480	-0,96654
Харт (Нила)	11	5	-2,962	0,0842	-0,70522
Харт (Нила)	11	4	-0,488	0,0893	-0,66825
Харт (Нила)	11	1	4,927	1,5784	-1,64387
Харт (Бур-2)	12	2	14,486	3,3824	-1,33397
Харт (Бур-3)	13	2	9,463	2,7702	-0,27716
Харт (елм)	1	7	13,566	2,9572	0,53421

Харт (елм)	1	5	2,626	1,4022	-0,08128
Харт (Бур)	8	3	-0,939	-0,2432	-0,67461
Харт (Бур-2)	12	3	-0,939	-0,2432	-0,67461
Харт (Бур-3)	13	3	0,222	0,6463	0,14357
Харт (елм)	1	7	6,419	1,4120	1,95265
Харт (Соба)	10	1	10,398	2,3816	-0,15525
Харт (Соба)	10	2	2,492	0,9193	0,46056
Харт (Нила)	11	3	-9,068	-1,7925	0,19443
Харт (Нила)	11	6	-13,504	-2,7289	0,95932
Харт (Соб)	10	4	1,741	1,0300	1,15034
Харт (Нила)	11	2	-1,229	0,2974	-0,63272
Д`жез (Синдж)	6	2	2,473	0,6224	-0,02205
Д`жез (Мадан)	2	3	-1,251	-0,1714	-0,41467
Д`жез (Мадан)	2	7	8,121	1,5050	-0,35174
Д`жез (Синдж)	6	1	15,363	4,0659	-1,38290
Д`жез (Манаг)	16	2	-0,628	-2,1258	-0,46665
Д`жез(Манаг)	16	1	-1,715	-1,1326	-0,97207
Харт (елм)	19	3	4,079	-1,1482	-0,33926
Харт (елм)	19	4	7,939	0,6885	-0,41249
Харт (елм-2)	20	9	-12,726	-1,7619	0,89217
Харт (елм-2)	20	2	13,934	1,8659	-0,50861
Д`жез (елниц)	23	2	1,270	-1,0264	-1,40405
Д`жез (Мадан)	2	5	-1,290	-0,0393	-0,38683
Д`жез (Синдж)	6	3	7,392	1,5064	-0,38432
Д`жез (Синдж)	6	1	11,295	3,4567	-0,90312
Д`жез (елниц)	22	4	-2,963	-0,8358	-0,54967
Д`жез (елниц)	22	5	-4,330	-2,6033	0,20024
Харт (еламар)	9	1	-3,568	-0,2762	0,37260
Харт (еламар)	9	2	-4,948	-0,5705	0,56719
Д`жез (елниц)	22	5	-7,083	-1,9033	-0,47665
Д`жез (елниц)	22	1	11,594	1,6521	-0,70836
Д`жез (елниц)	22	2	-0,134	-1,8151	-1,09803
Д`жез (елниц)	22	4	3,184	-0,2564	-0,52038
Харт (Джбра)	18	3	-8,698	-2,1314	0,76429
Харт (Джбра)	18	1	-4,970	-0,1666	0,09471
Д`жез (Манаг)	7	5	0,417	-2,6084	1,26239
Д`жез (елниц)	22	1	-5,042	0,2227	-0,50291
Д`жез (елниц)	22	3	-5,190	-2,0430	-0,00207
Д`жез (Синдж)	6	1	3,529	0,3825	-0,25917
Д`жез (Синдж)	6	2	2,970	-0,2765	-0,55043

Распределение значений этих трех факторов на территории исследования иллюстрирует рис. 2. По расположению изолинии этих факторов на территории стройплощадок в г.г. Хартруме и Д`жезира можно сделать следующие заключения:

1. Первый фактор имеет положительную нагрузку на стройплощадках №№8, 11, 12, 13, 19 и 20, а также на площадках №№ 1

и 10 в Хартруме и на площадках №5 в Д`жезире. Отрицательные значения этого фактора зафиксированы на площадках №№4, 9, 11, 18 в Хартруме и на площадках №№5, 16 и 22 в Д`жезире. Максимальные положительные значения установлены на площадках №12 (27,464), №6 (15,363), №8 (14,486), №20 (13,934) и №7 (13,566), а от-

рицательные – на площадках №11 (-13,504) и №20 (-12,726).

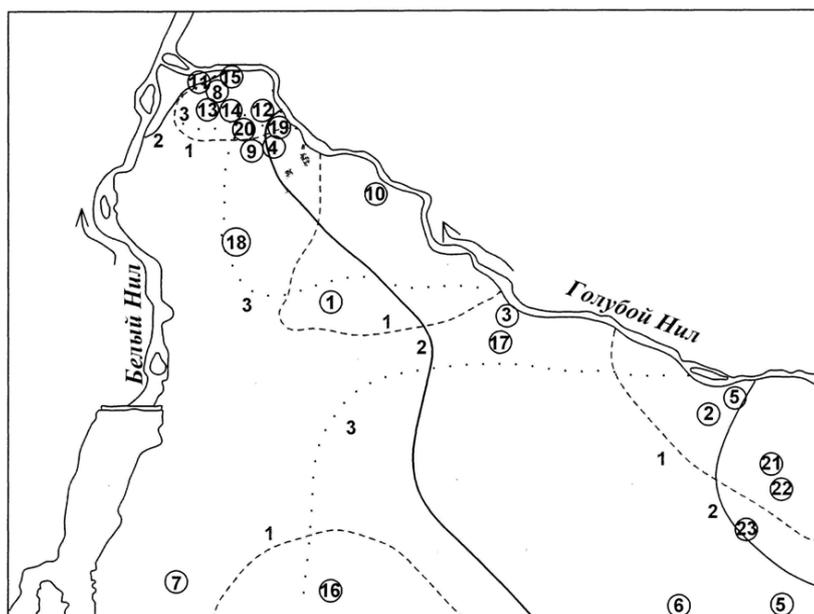


Рис. 3 Схема распространения факторов

Условные обозначения: ① - № участка
 ---- - первый фактор
 ——— - второй фактор
 - третий фактор
 ——— - река

2. Значения второго фактора имеют положительную нагрузку на площадках №№ 8, 10, 11, 12, 13 и 20 в Хартруме и №№2, 5 и 6 в Д`жезире. Отрицательные значения этого фактора зафиксированы на площадках №№11, 18, 19 в Хартруме и на площадках №№6 и 22 в Д`жезире. Максимальные положительные значения этого фактора установлены на площадках №12 (5,848), № 20 (1,865), №1 (1,952) и №10 (1,150) в Хартруме и на площадках №6 (4,065), (3,456) и (1,506), №22 (1,652) в Д`жезире. А большие отрицательные значения установлены на площадках №8 (-24,387), №11 (-2,729) и (-1,792) и №20 (-1,761) в Хартруме и на площадках №22 (-2,608), (-2,603), (-1,903) в Д`жезире.

3. Третий фактор характеризуется отрицательными значениями как на площадках Хартрума, так и на площадках Д`жезиры. Исключение составляют некоторые скважины на площадках №1, №8, №10, №11, №13, №18 и №20 в Хартруме и на площадке №22 в Д`жезире. Максимальные положительные значения этого фактора ус-

тановлены на площадках №1 (1,952) и №8 (1,844) в Хартруме и на площадке №22 (1,262) в Д`жезире. А большие отрицательные значения установлены на площадках № 11 (-1,644) и №8 (-1,339) в Хартруме и на площадках №22 (-1,404) и (-1,098) в Д`жезире.

Это позволило провести нулевую изолинию и оконтурить положительные и отрицательные значения всех факторов.

Выводы. Анализируя совместное распределение всех трех факторов на исследуемой территории, можно выявить несколько участков, где действуют два или три фактора.

Так в районе площадок №18 и №10 в Хартруме пересекаются первый и второй факторы. Это же наблюдается и на территории между площадками №5 и №22 в Д`жезире. В районе площадки №3 и площадок №20 и №19 в Хартруме пересекаются второй и третий факторы. Пересечение этих же факторов наблюдается и на территории между площадками №3 и №16 в Д`жезире. Первый и третий факторы пересекаются в

районе площадки №9 в Хартруме. Пересечение этих же факторов наблюдается и на территории между площадками №3 и №5. Это свидетельствует о сходных инженерно-геологических процессах, проходящих в этих районах.

Из приведенного выше анализа можно сделать вывод, что при обнаружении любого негативного проявления инженерно-геологических условий в Хартруме по карте распределения факторных нагрузок можно будет дать прогноз возможного такого же их проявления и в Д`жезире и наоборот.

Литература

1. *Proceeding of the Seminar on Expansive Clay Soils Problem in the Sudan. – University of Khartoum 1983. 89 p.*
2. *Elsayed A.E. Soil Michanic / Cairo: Sientific House Corporation, 1999. 730 p.*
3. *Potts D.V. and Zdrakovis L. “ Finite Element Analysis sn Geotechnical engineering” – Application – Publisher: Thomas Telford, London, 2001.*
4. *Poulus H,G. “Piled Rafts in Swelling or Consolidating Soils” Journal of Geotechnical Engineering Vjl. 119, №2,1993.*
5. *El Turabi, M.A. “A Study on Exhansive Soils in Sudan”. F Nthesis submitted for Degree of M.Sc. Civil Engineering BRRI, U/ of K., Khartoum – Sudan, 1985.*
6. *Сорочан Е.А. Строительство сооружений на набухающих грунтах. М., Стройиздат, 1989. 312 с.*
7. *Сейфэльдин Г.Х., Таранов В.Г. Фундаменты на набухающих грунтах Судана. // Коммунальное хозяйство городов: сб. науч. тр. – Харьков, НАГХ, 2008. вып. 81. с. 76-83.*
8. *Сейфэльдин Г.Х. Ренгенография набухающих грунтов Судана. Коммунальное хозяйство городов: сб. науч. тр. – Харьков, НАГХ, 2007. вып. 80. с. 45-51.*
9. *Шутенко Л.Н., Гильман А.Д, Лупан Ю.Т. Основания и фундаменты./ К., 1989, 328 с.*
10. *Девис Д.С. Статистический анализ данных в геологии. Пер. с англ. М., Недра, 1990, 319с.*
11. *Искенрог К.Г., Клован Д.И., Реймент Р.А. Геологический факторный анализ. – Л., Недра, 1980. – 223 с.*
12. *Чомко Д.Ф., Решетов И.К., Чомко Ф.В., Чомко Р.Ф. Многомерный статистический анализ при исследовании техногенного загрязнения подземных вод. Геологічний журнал, ІГН НАН України, №2, К., 2002, с. 73-80.*
13. *Чомко Ф.В., Решетов І.К., Чомко Д.Ф., Чомко Р.Ф. Багатовимірний статистичний аналіз у гідрогеології. Навчальний посібник. Видавничий центр Київ. нац. ун-ту, К., 2004, 114 с.*