

*С. Б. ХВЕДЧЕНЯ***СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ПОДЗЕМНЫХ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ**

Характерной чертой развития современной картографической науки является применение методов других областей знаний для совершенствования методики картографических исследований. Этот процесс связан с установлением прочных связей между картографией, математикой, историей. Одно из наиболее перспективных современных направлений историко-картографического исследования состоит в изучении картографических произведений прошлых эпох с точки зрения их исторического и источниковедческого значения. Однако неравноточность разновременных картографических изображений вызывает определенные трудности при их совместном анализе. Кроме того, точность отдельных изображений вообще неизвестна. Поэтому прежде чем перейти к детальному их анализу, необходимо предварительно исследовать точность каждого изображения.

Из курса теории вероятностей математической статистики известно, что при совместном анализе точности массовых наблюдений наиболее целесообразно применение методов теории случайных функций [3].

Наиболее эффективным методом изучения планов прошлых эпох является метод сравнения разновременных картографических произведений. Данный метод применен для исследования динамики развития подземных лабиринтов Киево-Печерского государственного историко-культурного заповедника. Метод сравнительного анализа разновременных планов в комплексе с историко-источниковедческим анализом и статистическим анализом старых планов позволил получить наиболее полную информацию об исследуемых картографических произведениях.

Тщательному анализу и оценке подвергнуты десять планов Ближних пещер и девять планов Дальних пещер заповедника. Такое обилие планов XVII—XX вв. создало прочный фундамент для картографического исследования.

Наибольший исторический интерес представляют древнейшие печатные планы, опубликованные в книге Афанасия Кальнофойского «Тератургима», изданной в 1638 г. в типографии Киево-Печерской Лавры. В книге, кроме двух планов пещер, помещен план древнего Киева. Данное обстоятельство сказалось на судьбе первых изображений подземных лабиринтов,

так как пристальный интерес ученых долгое время был прикован только к изучению плана Киева, а изображения пещер оставались как бы в тени. План Ближних пещер 1638 г. представлен на рис. 1.

Наиболее важным критерием оценки степени пригодности планов для данного картографического исследования является геометрическая точность картографических произведений прошлых эпох. Большое влияние на точность оказывает масштаб, определяющий детальность изображения и объем информации. На большинстве старых планов масштаб указан, но его необходимо проверять из-за встречающейся разномасштабности отдельных участков картографического изображения. Для упро-

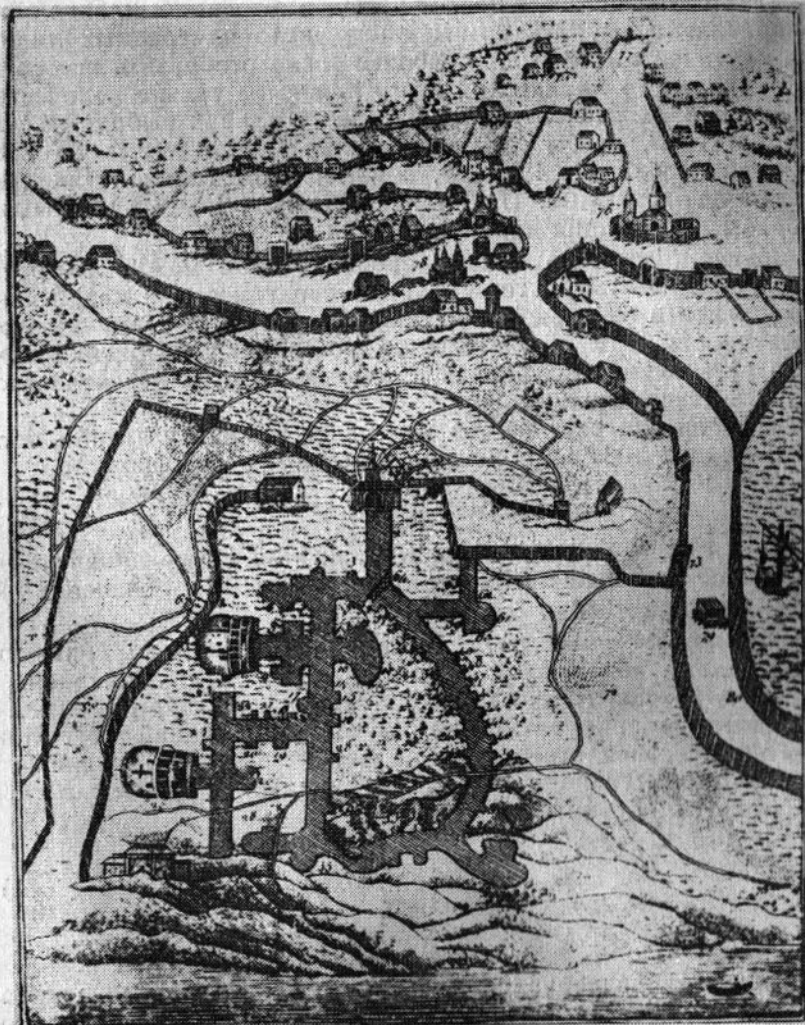


Рис. 1. План Ближних пещер 1638 г.

щения работы со старыми планами потребовалось перейти к метрическим мерам. Масштабы старых планов различны и изменяются от 1 дюйма:10 футов ($\approx 1:120$) и до 1 дюйма:6 сажень ($\approx 1:504$).

Геометрическая точность определена путем сравнения длин линий между жесткими контурами на старых планах с соответствующими величинами на планах масштаба 1:100, составленных Киевским госуниверситетом в 1984 г. Горногеометрическая съемка пещер 1984 г. произведена самыми современными методами с использованием новейших геодезических приборов. Погрешность измерения горизонтальных углов составила приблизительно $45''$, а погрешность измерения линий — 6 мм.

Для получения объективных выводов о точности планов важно правильно выбрать оптимальное число измеряемых линий. Задача такой выборки — наиболее точно отобразить все свойства изучаемого плана. Для этого важно не только количество точек, но и их расположение. Точки на планах выбраны с таким расчетом, чтобы они равномерно располагались по всей площади изображения пещер, а измеряемые линии были приблизительно равными. На планах Ближних и Дальних пещер выбраны по 20 линий длиной около 14 м.

Общее количество планов прошлых эпох можно рассматривать как некоторую генеральную совокупность, а каждый из этих планов в отдельности — как случайную выборку из этой совокупности. Это обстоятельство позволяет для оценки точности разновременных планов применить методы вероятностно-статистического анализа.

Из сравнения результатов измерений линий на старых планах и планах 1984 г. получены значения Δ_{ij} по формуле

$$\Delta_{ij} = x_{ij} - X_j, \quad (1)$$

где $i = \overline{1, k}$; k — число планов; $j = \overline{1, n}$; n — номер линии; x — измеренное значение j -й линии на i -м плане; X — значение j -й линии на плане 1984 г.

Средние значения $\bar{\Delta}_j$ позволяют приблизительно сравнить старые планы по точности на данной ступени исследования.

Для дальнейшего анализа внутренней структуры значений Δ_{ij} применим аппарат теории случайных функций [3]. Как известно, основной статистической характеристикой случайного процесса является корреляционная функция, значение которой определяется по формуле

$$k_{l,p} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta_i \Delta_p; \quad (2)$$

где $l \neq p$.

Значения корреляционной функции, полученные для планов Ближних пещер ($k=10$; $n=20$), приведены в таблице, где по главной диагонали расположены дисперсии, характеризующие

Таблица значений корреляционных функций, полученных для планов Ближних пещер

t	1910	1868	1825	1820	1810	1753	1744	1674	1661	1638
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7,26	9,56	5,48	2,51	3,93	1,03	2,44	5,84	5,02	7,66
2		15,88	6,21	6,34	7,84	4,42	7,76	11,40	10,85	14,82
3			5,15	-0,54	1,00	-1,21	-0,29	2,89	2,03	4,21
4				8,41	8,02	6,43	6,92	6,90	7,29	8,60
5					9,12	6,18	6,63	7,57	8,23	11,42
6						9,00	7,31	5,78	6,57	5,36
7							9,64	8,70	9,07	8,45
8								11,36	11,13	13,69
9									11,36	14,18
10										31,15

точность каждого из планов. Значения этой функции найдены также и для планов Дальних пещер ($k=9$; $n=20$).

Для более полного анализа точности планов Ближних и Дальних пещер получены значения нормированных корреляционных функций [1], графики которых приведены на рис. 2,

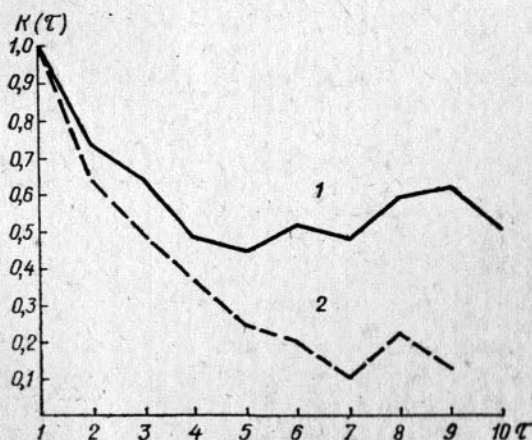


Рис. 2. График нормированной корреляционной функции, полученный для старых планов Ближних пещер (1); полученный для старых планов Дальних пещер (2).

из которого видно, что планы Ближних пещер, составленные до 1810 г., а планы Дальних пещер до 1674 г., обладают значительными систематическими погрешностями. Следовательно, эти планы можно использовать только для предварительного визуального исследования. Планы, составленные позднее указанных дат, можно применять и для картометрических исследо-

ваний. Кроме того, плавный характер нормированной корреляционной функции для планов 1810—1910 гг. дает полное основание полагать, что съемочные работы выполнены при помощи достаточно высокоточных технических средств.

Вопросами применения измерительной техники для составления планов пещер Киево-Печерского заповедника занимался В. С. Кусов [2]. Однако взятое им для анализа ограниченное число планов и применение методов парной корреляции не позволили однозначно ответить на поставленный вопрос.

Результаты анализа старых планов методами теории случайных функций имеют высокую информативность и большое практическое значение. Хотя данный метод исследования картографических произведений прошлых эпох требует выполнения большого объема вычислительных работ, использование ЭВМ делает этот недостаток несущественным.

1. Григоренко А. Г. Статистические методы при разведке недр. К., 1974.
2. Кусов В. С. Использовалась ли измерительная техника для русских чертежей допетровского времени. // Вестн. МГУ. Сер. 5. География 1979. № 6. С. 43—48.
3. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики. М., 1965.