

## KAN-I-GUT CAVE MINE IN KYRGYZSTAN LA GROTTA MINIERA DI KAN-I-GUT IN KYRGYZSTAN

A.G. FILIPPOV<sup>1</sup> & V.V. TSIBANOV<sup>2</sup>

### Abstract

The Kan-i-Gut cave mine is one of the most mysterious underground caverns in Central Asia. It has been well known for centuries, and was used as a silver, lead and iron mine from the VI<sup>th</sup> to XI<sup>th</sup> centuries. The first handwritten story on the Kan-i-Gut cave is attributed to Avicenna, the great Persian polymath. The cave mine has been studied for over a century, since 1896, by archaeologists, geologists, mine engineers, radiologists, biologists, paleontologists and cavers. Kan-i-Gut occurs in Middle Devonian Givetian limestones and dolostones, in a belt of tectonic mélangé. The cave area is characterized by thin-skinned thrusting. The Kan-i-Gut silver-lead-zinc deposit is defined as Mississippi Valley-type. Ores are concentrated in the upper part of the carbonate block. The upper limit of the deposit is controlled by a plane of the Kan-i-Gut Thrust, and does not spread above it. The lower part of the deposit doesn't have structural limitation. The cave itself is a highly complex three-dimensional labyrinth. The morphology of the cave rapidly changes as a result of widespread breakdown triggered by deterioration of the underground workings implemented in 1948-1955 and numerous earthquakes common for this area.

**Keywords:** cave mine, Kan-i-Gut, Kyrgyzstan.

### Introduction

Kan-i-Gut, the legendary cave mine in Central Asia (Fig. 1), is situated at the eastern end of the Maidan-Tau Mountains, in the northern piedmont of the Turkestan Range, on the south-west edge of the Fer-

### Riassunto

La grotta-miniera di Kan-i-Gut è una delle più misteriose caverne dell'Asia centrale. E' stata ben nota per centinaia di anni ed era utilizzata come miniera di argento, piombo e ferro tra il VI e l'XI secolo dopo Cristo. La prima documentazione scritta sulla grotta di Kan-i-Gut è attribuita ad Avicenna, il grande scienziato persiano. Dal 1896 la grotta-miniera è stata studiata per oltre un secolo da parte di archeologi, geologi, ingegneri minerari, esperti in radiazioni, biologi, paleontologi e speleologi. La grotta di Kan-i-Gut si apre nei calcari e nelle dolomia Givetiane del Devoniano medio. L'area della grotta è caratterizzata da accavallamenti pellicolari. Il deposito di argento-piombo-zinco di Kan-i-Gut è di tipo Mississippi Valley. Il giacimento è concentrato nella parte superiore del blocco carbonatico. Il limite superiore del deposito è definito da un piano di accavallamento di Kan-i-Gut, mentre la parte inferiore dello stesso non ha un limite strutturale. La grotta è un labirinto tridimensionale molto complesso. La morfologia della grotta cambia rapidamente a seguito di diffusi crolli indotti dal deterioramento dei lavori minerari effettuati tra il 1948 e il 1955 ed anche per i numerosi terremoti che scuotono questa area.

**Parole chiave:** grotta-miniera, Kan-i-Gut, Kyrgyzstan.

### Introduzione

Kan-i-Gut, la leggendaria grotta-miniera in Asia centrale sia (Fig. 1), è situata all'estremità Est delle montagne Maidan-Tau, nella porzione settentrionale dell'area pede-

<sup>1</sup> Karst Research Inc., 752 Luxstone Sq SW, Airdrie, Alberta, Canada T4B 3L3, andrei\_filippov@shaw.ca

<sup>2</sup> Speleological Club of Moscow State University, Build. 37, MGU, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, Russia 119991, tsibanoff@gmail.com



Fig. 1 - Location of the Kan-i-Gut Cave Mine. / Localizzazione della Grotta miniera di Kan-i-Gut.

gana Valley. It is also known in literature as the Kon-i-Gut Cave / Mine, Kani-Gut Cave, Konigut Cave, Kanigutskaya Cave, Mine of Death, Mine of Destruction, Mine of Disappearance, and the Mine of the Doomed.

Geographical coordinates of the cave mine are  $40^{\circ}00'46''$  N and  $70^{\circ}20'47''$  E, and altitudes of entrances range from 1562 m to 1672 m a. s. l. The altitudes of local mountain divides range from 1770 m to 2200 m a. s. l. The cave mine is located in the Kan-i-Gut Mount (Fig. 2) having highest point at 1933 m a. s. l.

The surrounding area is characterized by continental climate with hot summers and cold windy winters, with low precipitation (250-350 mm per year) and poor vegetation represented by grass and sparse shrubs. Local creeks are dry almost all year round. There are some springs with flow rate of 0.3-2.0 litres per second.

Kan-i-Gut is one of the best studied cave mines of Central Asia. The cave mine data has been documented in numerous publications and unpublished geological exploration, mining, scientific and caver's reports (FILIPPOV & TSIBANOV, 2012). However, the majority of publications, specifically the early ones (from the end of XIX<sup>th</sup> century to the middle of the XX<sup>th</sup> century) were made in local journals. These items became bib-

montana della catena del Turkestan, sulla estremità di Sud-Est della valle di Fergana. In letteratura è anche citata come grotta e/o miniera di Kon-i-Gut, grotta di Kani-Gut, grotta Kanigutskaya, Miniera della Morte, Miniera della Distruzione, Miniera della Scomparsa e Miniera del Condannato.

Le coordinate geografiche della grotta-miniera sono  $40^{\circ}00'46''$  N e  $70^{\circ}20'47''$  E e l'altezza dei suoi ingressi variano da 1562 m a 1672 m slm., mentre lo spartiacque locale varia da 1770 a 2200 m slm. La grotta-miniera che si trova sul monte Kan-i-Gut (Fig. 2) è quella che ha il punto più alto a 1933 m slm.

L'area è caratterizzata da un clima continentale con estati calde e inverni freddi e ventosi, con poche precipitazioni (250-350 mm/anno) e una scarsa vegetazione che consiste in erba e radi cespugli. I piccoli ruscelli sono secchi per la maggior parte dell'anno. Ci sono solo poche sorgenti con portate di 0.3-2 l/s.

Kan-i-Gut è una delle grotte -miniera meglio studiate di tutta l'Asia centrale. Moltissime pubblicazioni e report non pubblicati di geologia, arte mineraria, carsismo e esplorazione speleologica trattano infatti di questa cavità (FILIPPOV & TSIBANOV, 2012). Tuttavia, la maggioranza di questi studi, soprattutto le prime (dalla fine del XIX alla metà del XX secolo) sono apparse in pubblicazioni locali e sono diventate rarità bibliografiche di difficile reperimento. Le esplorazioni geologiche e i rapporti minerari sono dispersi negli archivi geologici di Russia, Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan. Inoltre i carsologi e gli speleologi non erano per nulla a conoscenza di molti importanti lavori degli archeologi e dei geologi, o almeno non si trova nessuna menzione di essi nei lavori di carsismo e speleologia riferiti all'Asia centrale.

### **Storia dell'attività mineraria, dello studio e dell'esplorazione**

Non esistono dati su quando è iniziata la coltivazione mineraria nella grotta di Kan-i-Gut: le prime tracce di abitati umani vicino alla grotta risalgono al II-III secolo della nostra era, ma non è ancora chiaro se



Fig. 2 - Kan-i-Gut Mount and Main entrance of the cave mine (photo: A. Markov). / Il Monte Kan-i-Gut e l'ingresso principale della Grotta-miniera (foto: A. Markov).

liographic rarities, hardly accessible to the public. Geological exploration and mining reports are spread out through the geological archives of Russia, Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan. Also noteworthy the fact, that karstologists and speleologists were not aware of many important published works written by ore geologists and archaeologists; at least there were no references to these sources among karstological and speleological publications related to Central Asia.

### **History of mining, study and exploration**

There is no data when ore extraction started in the Kan-i-Gut cave. The first traces of human inhabitation near the cave date from the II<sup>nd</sup>-III<sup>rd</sup> centuries. But it is still unclear if ore mining even existed in the cave at that time (MASSON, 1971).

The most extensive ore mining occurred

*la coltivazione mineraria era già in atto a quel tempo (MASSON, 1971).*

*L'attività mineraria più estesa si sviluppò tra il VI e XI secolo: le evidenze di questo sono date dai ritrovamenti in grotta di monete coniate nel IX e nel X secolo, dalle lampade ad olio da miniera in argilla (chirags) dello stesso periodo, e, vicino alla grotta, di resti di agglomerati minerari medioevali e di discariche contenenti ceramiche dal VIII all'XI secolo.*

*La prima storia scritta sulla grotta di Kan-i-Gut è scritta in Persiano con anche frasi in Arabo (MALLITSKY, 1897) ed è attribuita ad Avicenna, il grande eclettico persiano (900-1037).*

*Le rovine delle case in pietra dei minatori, costruite nei secoli XVII-XIX sono state scoperte dagli archeologi molto vicino alla grotta, pertanto M. PLOSKIKH (1977) conclude che il popolo Kokand aveva continuato a coltivare il giacimento fino alla fine del*

from the VI<sup>th</sup> to the XI<sup>th</sup> centuries. Evidences of it are in the findings of coins minted in the IX<sup>th</sup> and X<sup>th</sup> centuries, clayey “chirags” – miner’s oil lamps – from the IX<sup>th</sup>-X<sup>th</sup> centuries in the cave, remains of medieval mining settlements and waste dumps containing ceramics dating from the VIII<sup>th</sup> to the beginning of the XI<sup>th</sup> centuries near the cave (MASSON, 1971).

The first handwritten tale on the Kan-i-Gut cave is attributed to Avicenna, the great Persian polymath (980-1037). The story was written in Persian with the inclusions of Arabic phrases (MALLITSKY, 1897).

The ruins of stone miner houses built in the XVII<sup>th</sup>-XIX<sup>th</sup> centuries were discovered by archaeologists in close proximity to the cave. V.M. PLOSKIKH (1977) concluded that the Kokand people had continued to mine ore through the end of the XVIII<sup>th</sup> – beginning of the XIX<sup>th</sup> centuries CE.

In 1850, a Kokand strongman with a few workers visited the cave. Near the entrance they observed an inscription in a language unknown to them and wood timbering inside the cave likely used for preventing roof collapses in some places (VEL’YAMINOV-ZERNOV, 1856).

According to oral legends, during the Khudayar Khan rule (1845-1858 and 1865-1867), capitally punished criminals were sent into the cave mine, and if they returned without any evidence of treasure finds, they were killed on site (MASSON, 1934).

After the Russian conquest of the Khanate of Kokand in 1876, the cave mine was repeatedly visited by Europeans. The first known visit of the cave was made by A.I. Vilkins in August, 1880. On January 12, 1881, he made a presentation about the Kan-i-Gut and other caves of Isfara district at the annual meeting of the Turkestan Branch of Natural History, Anthropology and Ethnography Society (LYKOSHIN, 1896). On February 26, 1896, A.S. Andreev demonstrated a copy of the Arabic inscription on a stone near the entrance of the Kan-i-Gut cave at the meeting of the Turkestan Circle of the Enthusiasts of Archaeology (DAVIDOVICH & LITVINSKIY, 1955). By the order of the circle, A.S. Andreev and N.G. Mallit-

XVIII secolo o all’inizio del XIX.

*Nel 1850 un forte uomo Kokand assieme a pochi lavoratori visitò la grotta: vicino all’ingresso essi osservarono una iscrizione in un linguaggio a loro sconosciuto e videro i passaggi rinforzati con del legno simili a quelli utilizzati in altri posti per prevenire il crollo delle volte (VEL’YAMINOV-ZERNOV, 1856).*

*Secondo leggende orali, durante il regno di Khudayar Khan (1845-1858 e 1865-1867) i criminali condannati a morte venivano mandati dentro la grotta-miniera e, se ritornavano all’esterno senza aver trovato alcun tesoro, venivano uccisi sul posto (MASSON, 1934).*

*Nel 1876, dopo la conquista russa del Khanate of Kokand, la grotta miniera fu visitata varie volte da europei. La prima visita della grotta di cui si ha notizia, fu fatta da A.I. Vilkins nell’Agosto del 1880. Il 12 Gennaio del 1881 lui fece una presentazione sulla grotta di Kan-i-Gut e su altre cavità del distretto di Isfara durante la riunione annuale della sezione Turkmena della Società di Storia Naturale, Antropologia e Etnografia (LYKOSHIN, 1896).*

*Il 26 Febbraio del 1896, in una riunione del Circolo degli Entusiasti di Archeologia del Turkmenistan, A. S. Andreev mostrò una copia della iscrizione araba fatta su una pietra vicino all’ingresso della grotta di Kan-i-Gut (DAVIDOVICH & LITVINSKIY, 1955). Su richiesta di questo Circolo, nel marzo del 1896, A.S. Andreev e N.G. Mallitsky esplorarono la grotta di Kan-i-Gut (ANDREEV, 1896; MALLITSKY, 1897), e il primo Aprile dello stesso anno presentarono i risultati del loro viaggio durante la Riunione del Circolo (CASTAGNÉ, 1915). Nel 1910 il geologo V.N. VEBER (1934) studio alcuni parti della grotta e ne realizzò il primo rilievo.*

*Prima della prima guerra mondiale, Kan-i-Gut fu oggetto di visita da parte del geologo e industriale P.S. Nazaroff (DAVIDOVICH & Litvinsky, 1955). Lui concluse che la grotta era una antica miniera, che produceva ferro, argento e piombo (CASTAGNÉ, 1915). Sfortunatamente non siamo stati capaci di rintracciare le pubblicazioni di Nazaroff, in cui si dovrebbero trovare molti dettagli sui suoi studi sulla Kan-i-Gut. Di questi studi è*



sky explored the Kan-i-Gut cave on March 1896 (ANDREEV, 1896; MALLITSKY, 1897), and on April 1, 1896 at the meeting of the circle, they made a presentation on results of a trip (CASTAGNÉ, 1915).

In 1910, the geologist V.N. VEBER (1934) studied some passages of the cave and performed the first mapping there.

Before World War 1, Kan-i-Gut was visited by geologist and industrialist P.S. Nazarov (DAVIDOVICH & LITVINSKY, 1955). He came to a conclusion that the cave was an ancient mine, which produced iron, silver and lead ores (CASTAGNÉ, 1915). Unfortunately, we were unable to locate Nazarov's publications, where he would have written thoroughly about his studies on Kan-i-Gut. Some minor information can be found in his articles on the medieval Kuh-i-Sim silver mine (NAZAROFF, 1914, 1929).

In 1914, by the initiative of Prof. V.I. Vernadsky, the Radium Expedition of the Russian Imperial Academy of Sciences was conducted under the supervision of Prof. A.A. Chernov (SHCHERBAKOV, 1924; MASSON, 1971). Participants of the expedition, I.A. Preobrazhensky and D.I. Shcherbakov, performed geological observations in the vicinity of the cave, developed the first schematic geological map and cross-sections. They also discovered limestone thrusting over conglomerates with friction breccia between them, consisting of limestone and conglomerate clasts (PREOBRAZHENSKY, 1926). In addition to the geological description of the cave, samples of host rocks, ores and veins were collected to detect radioactive minerals. Widespread gypsum and black dust, consisting of manganese and iron oxides, and the common presence of brown ironstone with admixture of wad were noted. Botryoidal wad flowstones and crusts, coralloid aragonite, convoluted gypsum crystals, gypsum crusts on collapse blocks, gypsum crystals in voids, brown barite crystals, gypsum, ironstone and galena aggregates were also found. All samples collected turned out to be not radioactive or were only slightly radioactive (SHCHERBAKOV, 1924; PREOBRAZHENSKY, 1926).

A.N. Snegarev and A.N. Dement'ev, participants in the Radium Expedition, carried

*stato possibile rintracciare solamente poche informazioni nei suoi articoli sulla miniera medioevale di argento di Kuh-i-Sim (NAZAROFF, 1914, 1929).*

*Nel 1914, su iniziativa del Prof. V.I. Vernadsky, venne organizzata per la ricerca del Radio dalla Accademia delle Scienze della Russia Imperiale una spedizione sotto la supervisione del Prof. A.A. Chernov (SHCHERBAKOV, 1924; MASSON, 1971). I.A. Preobrazhensky e D.I. Shcherbakov, che facevano parte di quella spedizione, fecero osservazioni geologiche in prossimità della grotta realizzando la prima carta geologica schematica con anche sezioni trasversali. A loro si deve anche la scoperta del sovrascorimento del calcare sopra un conglomerato con, al contatto tra le due formazioni una breccia di frizione formata da frammenti della breccia e del calcare (PREOBRAZHENSKY, 1926). Inoltre descrissero la grotta e campionarono la roccia incassante e i giacimenti alla ricerca di minerali radioattivi. Notarono anche che il gesso e una polvere nera, formata da ossidi di manganese e ferro, erano molto diffusi e comune era anche un composto bruno costituito da ossidi di ferro e manganese. Furono campionate concrezioni botroidali e colate di ossidati, aragonite coralloide, fiori di gesso e croste di gesso su blocchi caduti, cristalli di gesso in cavità della roccia, cristalli barite marron, aggregati di ossidi di ferro e galena: tutti questi campioni risultarono non radioattivi o al massimo con una radioattività molto bassa (PREOBRAZHENSKY, 1926; SHCHERBAKOV, 1924).*

*A.N. Snegarev and A.N. Dement'ev, anche loro facenti parti della spedizione per la ricerca del Radio, tra il 28 e il 29 del Luglio 1914 fecero osservazioni sperimentali sulla conducibilità elettrica dell'atmosfera nella "Prima grotta scura e nella settima e ottava camera della grotta" utilizzando l'aspiratore Gerdien (PREOBRAZHENSKY, 1926; SNEGAREV, 1926): scoprirono così un valore abnormemente alto di ionizzazione nell'atmosfera della grotta, ma la ragione di questo fenomeno non potè essere spiegato dato che nessun minerale radioattivo era stato scoperto (SNEGAREV, 1926).*

*Pertanto si ritenne che sostanze radioat-*

out observations on the atmospheric electrical conductivity in the "1<sup>st</sup> dark grotto, 7<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> widenings of the cave" with the help of the Gerdien aspirator on July 28 and 29, 1914 (PREOBRAZHENSKY, 1926; SNESAREV, 1926). They discovered abnormally high ionization of the cave air but the reason for this phenomenon remained unsolved because no radioactive minerals were found (SNESAREV, 1926). It was stated that the possibility for the presence of these radioactive substances could have been present in the deeper unexplored layers (passages) of the cave (SHCHERBAKOV, 1924).

D.I. Shcherbakov and S.P. Alexandrov mapped the cave from the Main entrance to the Second Abyss (SOSEDKO, 1935).

In June 1920, the complex Kan-i-Gut Expedition consisting of specialists (geologist I.I. Bezdeka, engineer I.G. Belov, archaeologist B.E. von Egert, a chemist, a zoologist and a botanist) and soldiers under leadership of G.I. Boky and E.S. Batenin studied the cave mine (SOSEDKO, 1935; SMIRNOV, 1970; MASSON, 1971). Many archaeological artifacts (clay miner lamps of the IX<sup>th</sup>-X<sup>th</sup> centuries, fragments of clay vessels for mercury of the same epoch, copper coin of the X<sup>th</sup> century, and items of later centuries) and a full human skeleton with skin remains were collected and transported to the former Central Asian Museum in Tashkent (MASSON, 1934). Bezdeka studied traces of pickaxe work left by ancient miners on the walls consisting of silver-bearing oxidized ores (Fig. 3). He made wax copies of marks imprinted with sharp points of picks. A cave plan and profile was drawn up by Belov and published by M.G. POPOV (1924).

In 1928, M.E. MASSON (1928) published a description of the copper coin which was found at the base of the second ladder in the central passage of the cave. The coin was minted during the rule of Nuh bin Nasr (943-954 a.C.).

From 1928 to 1931, A.V. Moskvina, a researcher from the Petrographic Institute in Moscow, studied accumulations of ferruginous slags representing traces of an ancient metallurgical activity in different parts of the Alai and Turkestan Ranges.

*tive potessero essere presenti nelle zone profonde, ancora inesplorate, della grotta (SHCHERBAKOV, 1924).*

*D.I. SHCHERBAKOV and S.P. Alexandrov rilevarono anche la grotta dall'Ingresso Principale fino al Secondo Abisso (SOSEDKO, 1935).*

*Nel Giugno del 1920 la Grande Spedizione a Kan-i-Gut fatta di scienziati (il geologo I.I. Bezdeka, l'ingegnere I.G. Belov, l'archeologo B.E. von Egert, un chimico, uno zoologo e un botanico), e militari sotto il comando di G.I. Boky and E.S. Batenin studiò la grotta miniera (MASSON, 1971; SMIRNOV, 1970; SOSEDKO, 1935). Furono trovati molti reperti archeologici (lampade da miniera in argilla del IX e X secolo, frammento di vasetti di argilla per il mercurio della stessa epoca, monete di rame del X secolo e altri oggetti dei secoli successivi) e uno scheletro umano completo con ancora brandelli di pelle. Tutti questi reperti furono portati all'allora Museo dell'Asia Centrale a Tashkent (MASSON, 1934). Bezdeka studiò le tracce lasciate dai picconi degli antichi minatori sulle pareti formate da depositi di ossidi argentiferi (Fig. 3). Egli fece anche copie di cera delle impronte prodotte dalle punte acuminate dei picconi. Belov fece un rilievo planimetrico e una sezione della grotta che fu pubblicata da M.G. POPOV (1924).*

*Nel 1928, M.E. MASSON (1928) pubblicò una descrizione della moneta di rame che era stata trovata alla base della seconda scala nella galleria centrale della grotta: la moneta era stata coniata durante il regno di Nuh bin Nasr (943-954 CE).*

*Tra il 1928 e il 1931, il ricercatore A.V. Moskvina dell'Istituto Petrografico di Mosca studiò i cumuli delle scorie ferrose di una antica attività metallurgica, che era stata attiva in varie parti delle catene dell'Alai e del Turkestan. Furono studiate petrograficamente e chimicamente anche le scorie rinvenute vicino a Kan-i-Gut e Moskvina concluse che la miniera di Kan-i-Gut "era stata per un certo tempo un piccolo centro per l'industria estrattiva del ferro (MOSKVIN, 1933). La costante presenza di manganese, che a volte raggiunge concentrazioni stranamente molto alte, è una caratteristica delle scorie di Kan-i-Gut.*

Petrography and chemical composition of slags discovered near Kan-i-Gut were also studied. Moskvina concluded that the Kan-i-Gut mine served “in due time as a small centre of an iron ore industry” (MOSKVIN, 1933). A permanent presence of manganese, of which the quantity sometimes reaches abnormally high levels, is a characteristic feature of the Kan-i-Gut’s slag.

In 1933, the Geochemical Party of the Tajik-Pamir Expedition from the Academy of Sciences of the USSR under the leadership of geologist A.F. Sosedko was working in the cave as a part of reconnaissance mineral exploration for lead, beryl and tin in the Turkestan Range. In contrast with the conclusions of D.I. SHCHERBAKOV (1924) and I.A. PREOBRAZHENSKY (1926) that the cave was an ironstone mine and Kan-i-Gut had no potential to be a minable ore deposit, Sosedko came to an inference, that Kan-i-Gut was primarily a silver-lead mine and a still presently very promising one (SOSEDKO, 1934).

In 1934, the Ore Crew of the Tajik-Pamir Expedition performed field work in the cave under the leadership of Prof. V.M. Kreiter (SMIRNOV, 1970). In the same year, the Sredazgydrogeodezia Trust conducted a resource evaluation in the cave and a reconnaissance mineral exploration of the surrounding area. Geology, tectonics, ore mineralization, and ore characterisation of separate cave passages and chambers were studied (DYUGAEV & YAZBUTIS, unpublished report, 1935). Dyugaev concluded that the ores of Kan-i-Gut were formed during the Upper Paleozoic (RADKEVICH, 1938).

In the same year, The New York Times published the article “Soviet Finds Ores in Huge Old Cave” where H. DENNY (1934) described old legends about the “Kon-i-Gut” Cave, including one on famous Tamerlane library still hidden in one of the many caverns. He noted that preliminary exploration disclosed that Kan-i-Gut contains lead ores of 5 to 10%, capable of producing 15000 tons of lead, 50 tons of pure silver from ore assaying 450 grams per ton.

In the summer of 1943, paleontological excavations in the cave were performed by a field crew from the Paleontological In-



Fig. 3 - Marks of the ancient miners’s pickaxe on the oxidized ore (photo: A. Dudashvili). / *Impronte dei picconi degli antichi minatori sul giacimenti ossidato (foto: A. Dudashvili).*

*Nel 1933 la Sezione Geochimica della Spedizione Tajik-Pamir dell’Accademia delle Scienze dell’URRS, sotto la direzione del geologo A.F. Sosedko, lavorò nella grotta nell’ambito di una ricerca di giacimenti di piombo, berillio e zinco nella catena del Turkestan. A differenza di quanto detto da D.I. SHCHERBAKOV (1924) and I.A. PREOBRAZHENSKY (1926), che avevano sostenuto che la grotta era una miniera di depositi ferrosi e che comunque Kan-i-Gut non aveva la potenzialità per divenire un sito minerario, Sosedko fu di parere diametralmente opposto. Sostenne infatti che Kan-i-Gut era stata un tempo una miniera di argento e piombo e presentava ancora caratteristiche molto promettenti per una sua coltivazione (SOSEDKO, 1934).*

*Nel 1934 il Gruppo Minerario della Spedizione Tajik-Pamir fece degli studi all’interno della grotta sotto la direzione del Prof. V.M. Kreiter (SMIRNOV, 1970). Nello stesso anno il gruppo finanziario Sredazgydrogeodezia fece una valutazione sulla risorsa della grotta e una indagine sulla possibile coltivazione mineraria al suo intorno. Furono così studiate la geologia, la tettonica, i giacimenti minerari e le loro caratteristiche nei differenti passaggi della grotta (DYUGAEV & YAZBUTIS, rapporto non pubblicato, 1935). Dyugaev concluse che i giacimenti di Kan-i-Gut si erano formati durante il Paleozoico superiore (RADKEVICH, 1938).*

*Nello stesso anno il New York Times pubblicò l’articolo “I Russi hanno trovato un*

stitute of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow, under the leadership of N.I. Burchak-Abramovich (BODYLEVSKAYA, 2008).

In 1946, the cave was visited by karstologist N.A. Gvozdetsky during his studies of karst in Central Asia (GVOZDETSKY, 1954).

From 1948 to 1950, the Kon-i-Gutskaya Geological Exploration Party of the Sredazmetrazvedka Trust (Tashkent, Uzbek SSR) implemented geological exploration work on the main field under the supervision of geologist V.N. Petrov. Adits and drifts with a total length of 462 m were driven into the cave, where underground mapping was done. The geological survey was completed over an area of 5 km<sup>2</sup> at a 1:5000 scale and over an area of 0.6 km<sup>2</sup> at a 1:1000 scale. Ore resource evaluation and reserve definition were also completed (PETROV, unpublished report, 1951).

From 1951 to 1955 industrial ore extraction was conducted in the Kan-i-Gut mine. Geological exploration work was continued on the deposit and reconnaissance exploration was done on the surrounding territory (FILIPPOV & TSIBANOV, 2012).

In 1952, a vessel of the Kushan Empire (I-III centuries) was found near the cave (MASSON, 1971).

In the summer of 1955, the crew from the Geological Institute of the Academy of Sciences of the USSR carried out studies on the topic of «The history and origin of development of geological knowledge in Central Asia in ancient times and Middle Ages». One of the results was a large collection of mine tools and other objects of material culture, numbering around 1000 items. Among other medieval mining sites, the Kan-i-Gut cave mine was also studied. (ISLAMOV, 1960).

In February of 1956, the Kan-i-Gut Mine was abandoned because of flooding in the lower horizon.

In 1957, geochemist N.A. Ozerova from the Institute of Geology of Ore Deposits (IGEM) of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow, studied geochemistry of the Kan-i-Gut ores. According to her data, tin is sporadically present in ores and minerals. Some ore samples contain  $n \times 0.01\%$

*giacimento minerario in una grande e antica cavità», dove H. DENNY (1934) descriveva le antiche leggende relative alla Grotta di Kon-i-Gut, compresa quella biblioteca di Tamerlano che sarebbe ancora nascosta in una delle molte saloni di questa cavità. Denny notava anche che l'esplorazione preliminare aveva mostrato che Kon-i-Gut aveva giacimenti di piombo tra il 5 e il 10% in grado di produrre 1500 tonnellate di piombo e 50 tonnellate di argento, con una resa di 450 grammi per tonnellata.*

*Nell'estate del 1943, furono effettuati nella grotta scavi paleontologici da un gruppo dell'Istituto Paleontologico dell'Accademia delle Scienze dell'URSS, sotto la direzione di N.I. Burchak-Abramovich (BODYLEVSKAYA, 2008).*

*Nel 1946 la grotta fu visitata dal carsologo N.A. Gvozdetsky mentre stava effettuando uno studio generale sul carsimo in Asia Centrale (GVOZDETSKY, 1954).*

*Dal 1948 al 1950 il Gruppo di Esplorazione Geologica del Sredazmetrazvedka Trust (Tashkent, Uzbek SSR) fece nuove ricerche geologiche nella grotta, sotto la supervisione di V.N. Petrov. Vennero scoperti nuovi passaggi per un totale di 462 m, di cui venne anche fatto il rilievo topografico. Il rilievo geologico fu completato su un'area di 5 km<sup>2</sup> alla scala di 1:5000 e per un'area di 0,6 km<sup>2</sup> alla scala di 1:1000. Si completarono anche la valutazione anche quantitativa dei giacimenti (PETROV, report non pubblicato, 1951).*

*Dal 1951 al 1955 all'interno della miniera di Kan-i-Gut vennero coltivati i giacimenti, contemporaneamente furono fatte esplorazioni minerarie e valutazioni delle potenzialità dei giacimenti nelle zone limitrofe (FILIPPOV & TSIBANOV, 2012).*

*Nel 1952 è stato ritrovato vicino alla grotta un vaso dell'Impero Kushan (I-III secolo) (MASSON, 1971).*

*Nell'estate del 1952 un gruppo dell'Istituto Geologico dell'Accademia delle Scienze dell'URSS effettuò studi sulla "Storia e origine dello sviluppo delle conoscenze geologiche in Asia Centrale in epoca antica e nel Medio Evo". Una dei risultati fu la raccolta di oltre 100 tra attrezzi minerari e altri oggetti comunque relativi alla stessa atti-*



tin, sphalerite samples have up to 0.1% tin (OZEROVA, 1960).

In 1965, archaeologists G.Ya. Dresvyanskaya and E.V. Pruger studied traces of medieval mining activities in Kan-i-Gut. They found remains of unroasted ore dumps and also ceramic fragments of the II<sup>nd</sup>-III<sup>d</sup> centuries (MASSON, 1971).

K.K. KURMANALIEV (1968; 1972), a mineralogist from the Institute of Geology of the Academy of Sciences of Kirghiz SSR, studied geochemistry of mercury and rare elements in sulphide minerals of Kan-i-Gut.

From 1972 to 1974, cave mine mapping and studies were done by the speleological crew from the Geological Survey of the Kirghiz SSR, (V.E. REIS personal communication, 2012). Surveyed length of the cave mine at that time was about 5 km (REIS, 1980).

In 1976, archaeologist V.M. Ploskikh, with colleagues, visited the cave and surrounding area as a part of preparation for the archaeological map of Kirgizia (PLOSIKH, 1977).

In 1977, an archaeologist and numismatist E.A. Davidovich published the description of the Samanid copper coin which was found in one of the chambers of the Kan-i-Gut cave mine. The coin was minted during the rule of Akmat bin Asad in the Akhsikath city in 277<sup>th</sup> year AH or 890-891<sup>st</sup> year a.C. (DAVIDOVICH, 1977).

In the seventies, the bats and their ectoparasites from Kan-i-Gut were studied by S.N. RYBIN (1977; 1980).

From 1981 to 1985, the Geophysical Party of the Central Asian Geological Exploration Enterprise from Kansai, Tajikistan conducted the audit appraisal work in the Kan-i-Gut area, accompanied by electrical profiling above the cave, detailed sampling of the cave walls for creating a model of vertical geochemical variability and erosional truncation evaluation of the deposit (A.D. STERLIN, personal communication, 2012).

In July 1987, the bats were studied in Kan-i-Gut by parasitologist S.N. Rybin from Osh city, Kirgizia and biologists I. Horáček and J. Červený from Praha, Czechoslovakia (RYBIN *et alii*, 1989).

In 1988, the Alai Geophysical Party, Pulgon, Kirgizia, performed Vertical Electri-

city. Anche la grotta-miniera di Kan-i-Gut fu studiata tra i siti minerari medioevali (ISLAMOV, 1960).

Nel febbraio del 1956, a causa di un allagamento del livello più basso la miniera di Kan-i-Gut fu abbandonata.

Nel 1957 la geochimica N.A. Ozerova dell'Istituto di Geologia dei Giacimenti Minerari (IGEM) della Accademia delle Scienze dell'URSS a Mosca studiò la geochimica dei giacimenti minerari: trovando che lo stagno è saltuariamente presente nei giacimenti e nei minerali. Alcuni campioni contengono lo 0.01% di stagno, mentre la sfalerite ne presenta fino allo 0.1% (OZEROVA, 1960).

Nel 1965 gli archeologi G.Ya. Dresvyanskaya e E.V. Pruger studiarono le tracce di attività mineraria medioevale in Kan-i-Gut, trovando depositi minerali non ancora arrostiti e anche frammenti ceramici del II e III secolo (MASSON, 1971).

Il mineralogo K.K. KURMANALIEV (1968; 1972) dell'Istituto di Geologia dell'Accademia delle Scienze del Kirghiz SSR studiò la geochimica del mercurio e degli elementi in traccia nei minerali solfurei della Kan-i-Gut.

Dal 1972 al 1974 un gruppo speleologico del Servizio Geologico del Kirghiz SSR fece un dettagliato studio e rilevamento della grotta-miniera (V.E. REIS comunicazione personale, 2012), che a quel tempo aveva raggiunto lo sviluppo di circa 5 km (REIS, 1980).

Nel 1976 l'archeologo V.M. Ploskikh assieme a suoi colleghi visitò la grotta e le aree circostanti per preparare una mappa archeologica della Kirgizia (PLOSIKH, 1977).

Nel 1977 l'archeologo e numismatico E.A. Davidovich pubblicò la descrizione della moneta samaride di rame che era stata trovata in una delle sale della grotta miniera di Kan-i-Gut. La moneta era stata coniata durante il regno di Akmat bin Asad nella città di Akhsikath nell'anno 277 dall'Egira o nel 890-891 dell'Era cristiana (DAVIDOVICH, 1977).

Negli anni settanta sempre del secolo scorso i pipistrelli della Kan-i-Gut e i loro ectoparassiti sono stati studiati da S.N. RYBIN (1977; 1980).

Dal 1981 al 1985, la Sezione Geofisica del-

cal Sounding across the Kan-i-Gut deposit with the AB length of 8 km (V.I. BELOUSOV, personal communication, 2013).

On May 17-18, 1990, skeletal remnants originating from eagle owl pellets were collected and studied from a daytime roosting location within a cave 5-10 m away from the entrance (OBUCH & RYBIN, 1993).

The most comprehensive study of the deposit was conducted by the Khaidarkan Geological Exploration Party of the South Kirgiz Geological Enterprise from Osh, Kirgizia from 1989 to 1992 (MACHULIN, unpublished report, 1992).

In 2004, a web site devoted to the Kan-i-Gut cave mine was created by V.V. TSIBANOV (2004).

### **Cave morphology**

The cave itself is a highly complex three-dimensional labyrinth (fig. 4). One part of the cave, so called the “Giant Three-Dimensional Labyrinth”, has extensively developed near-vertical spongework mazes with passages up to 1.5 m in diameter. There were numerous attempts to survey it but all failed, and not one single map of it has ever been completed.

Another part consists of two large extensively irregular caverns (“abysses” having 43×49×19 m and 68×29×80 m in size) and numerous smaller chambers and pits chaotically interconnected by inclined irregular passages.

A.F. SOSEDKO (1935) noted that in spite of the complex planimetry of the cave, it is clearly traceable on a map that numerous passages and large caverns are distributed naturally and can be determined to be confined to fissure systems of longitudinal and sub-latitudinal axes.

Three-dimensional plotting of the cave accomplished with the help of the Cortona 3d Program, demonstrates that passages and chambers of Kan-i-Gut are aligned along one inclined plane dipping at about 35° to the NE (Fig. 4, 5).

The morphology of the cave rapidly changes (TSIBANOV *et alii*, 2013), as a result of widespread breakdown triggered by deterioration of the underground workings implemented in 1948-1955 and numerous

*la Spedizione Geologica in Centro Asia da Kansai, Tajikistan, un lavoro di revisione nell'area di Kan-i-Gut, durante la quale fu effettuato un profilo elettrico sopra la grotta e inoltre furono presi molti campioni dalle pareti della grotta per creare un modello verticale di variabilità geochimica e valutare il troncamento dovuto all'erosione del giacimento (A.D. STERLIN, comunicazione personale, 2012).*

*Nel luglio del 1987, i pipistrelli di Kan-i-Gut sono stati studiati dal parassitologo S.N. Rybin di Osh, Kirgizia e dai biologi I. Horáček e J. Červený di Praha, Cechoslovacchia (RYBIN et alii, 1989). Nel 1988 la spedizione Geofisica sugli Alai da Pulgon, Kirgizia, fece un sondaggio elettrico verticale del deposito di Kan-i-Gut con una stesa AB di 8 km (V.I. BELOUSOV, comunicazione personale, 2013).*

*Il 17-18 maggio del 1990 sono stati raccolti e studiati i resti ossi di boli di un aquila da una postazione diurna dentro una grotta circa a 5-10 metri dall'ingresso (OBUCH & RYBIN, 1993). Comunque lo studio più completo del giacimento minerario fu fatto dalla Spedizione Geologica del Kaidarkan fatta nel periodo dal 1989 al 1992 dall'Industria Geologica del Sud Kirgiz con sede a Osh, Kirgizia, (MACHULIN, rapporto non pubblicato, 1992).*

*Infine nel 2004 fu realizzato da V.V. TSIBANOV (2004) un sito web dedicato alla grotta-miniera di Kan-i-Gut*

### **Morfologia della grotta**

*La grotta è un labirinto tridimensionale molto complesso (Fig. 4). Una parte della grotta, quella il “Grande Labirinto tridimensionale”, ha un struttura labirintico-spugnosa subverticale molto sviluppata con passaggi di diametro fino a 1,5 metri. Sono stati fatti molti tentativi di rilevare questa area ma sono tutti falliti, pertanto non esiste alcun rilievo di questa sezione della grotta.*

*Un'altra parte è fatta da due grandi saloni irregolari (“abissi” di 43×49×19 m e 68×29×80 m) con un grande numero di sale più piccole e pozzi caoticamente connessi tra loro da passaggi inclinati irregolari.*

*A.F. SOSEDKO (1935) osservò che nonostante*

moderate and strong earthquakes common for this area.

### Geology of the cave mine area

The cave mine area consists of Paleozoic formations, from Middle Cambrian to Middle Carboniferous. Red sediments of the Lower Jurassic crop out in the vicinity of the Sagul dry channel. Middle Cambrian sediments are represented by shale, siliceous schist, sandstones and volcanogenic rocks (spilites and diabases). Lenses and remnants of black bituminous limestone with rich Cambrian fauna occur frequently among sandy-shale strata. Silurian shales and black cherts have limited appearance as a narrow belt inside a field of effusive rocks at a foothill of the Sarytag Mountain. The area is characterized by complex sheet-blocky structure and thin-skinned thrusting. As a result, sediments of different ages are situated at the same altitude. Rocky block dispositions took place along numerous faults.

*la planimetria estremamente complessa, è assolutamente evidente da questa che molte delle sale e delle condotte hanno una distribuzione controllata da sistemi di fratture longitudinali e latitudinali.*

*La restituzione tridimensionale del rilievo della grotta, ottenuta grazie al programma Cortona 3d, ha permesso di evidenziare come il sistema di Kan-i-Gut si sviluppa lungo un piano inclinato immergente circa 35° NE (Fig. 4-5). La morfologia della grotta cambia rapidamente da punto a punto (TSIBANOV et alii, 2013), in conseguenza dei diffusi crolli causati essenzialmente sia dal degrado dei lavori minerari condotti tra il 1948 e il 1955 e dai frequenti moderati e/o forti terremoti che scuotono questa area.*

### Geologia dell'area della grotta-miniera

*L'area della grotta è costituita da formazioni paleozoiche, dal Cambrico medio al Carbonifero medio. Sedimenti rossi del Giurassico inferiore si trovano vicino al canale*

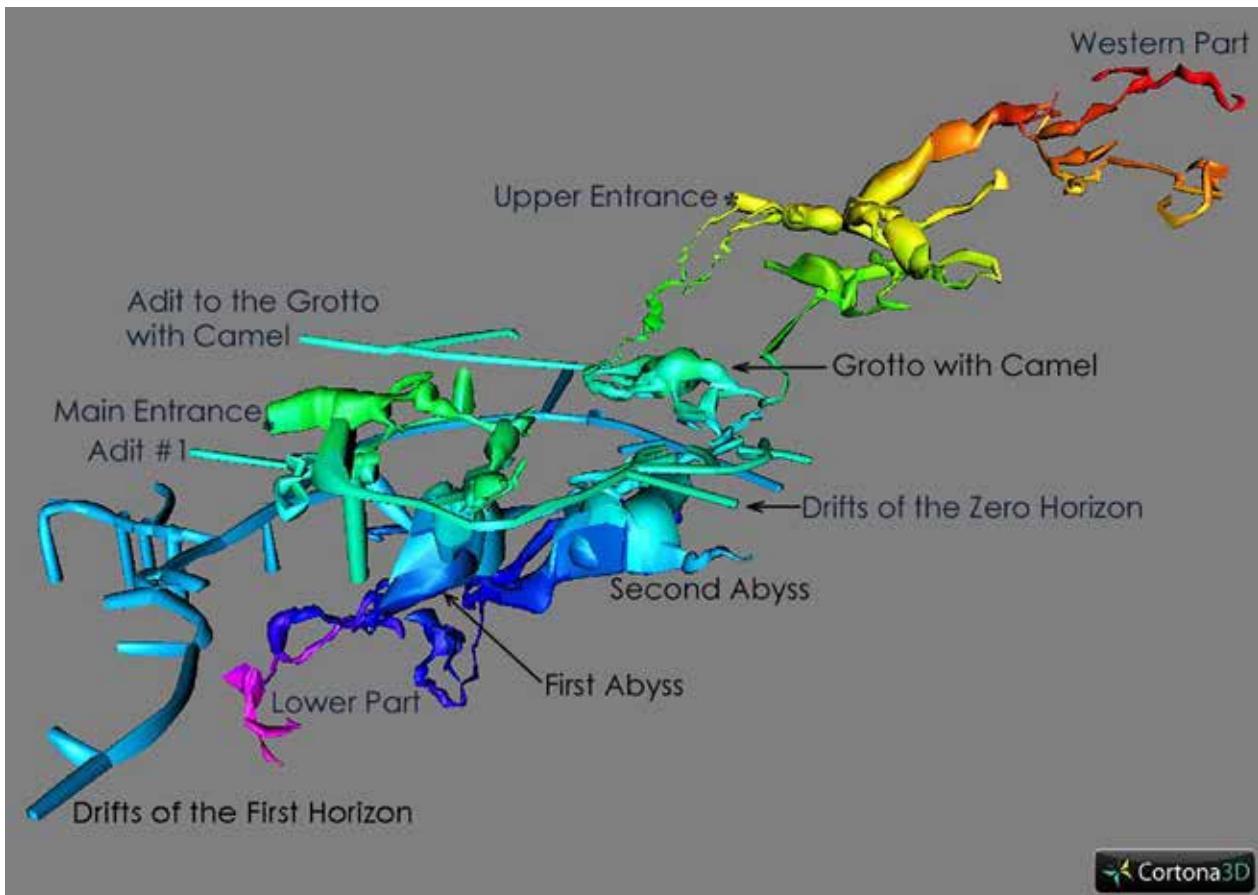


Fig. 4 - General view of a 3-D model of the Kan-i-Gut Cave Mine from North. / Modello generale in 3D della Grotta-miniera di Kan-i-Gut da Nord.

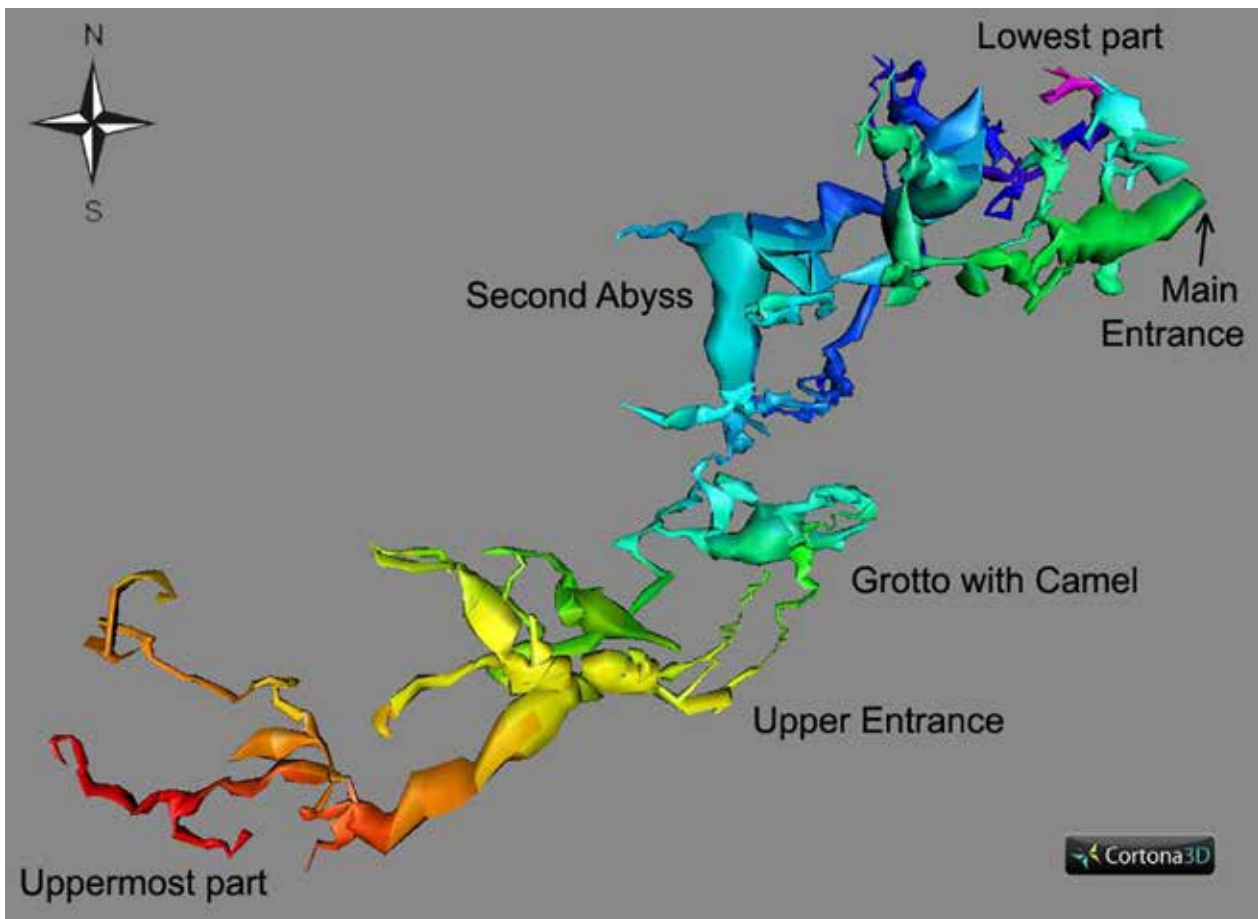


Fig. 5 - Plan view of a 3-D model of the Kan-i-Gut Cave Mine, without underground workings made from 1948 to 1955. / *Pianta del modello in 3D della Grotta-miniera di Kan-i-Gut, senza i lavori minerari fatti tra il 1948 e il 1955.*

The Kan-i-Gut cave mine is located in a tectonic package of Middle Devonian (Givetian) limestone and dolostone, in a belt of tectonic mélangé (ABDULLAEV *et alii*, 1972). The package is embedded in terrigenous flysch formations of Silurian and Carboniferous age (VOITOVICH & DONETS, 1985). An alternative point of view exists stating that the Kan-i-Gut carbonate package is an olistoplate, embodied in the Middle Carboniferous mélangé matrix (BELOUSOV, 1998). According to the Vertical Electrical Sounding and core wells, the carbonate package is monoclinaly dipping at 20°-30° to the East.

It is deformed by local folds and an infrequent network of variously oriented steeply dipping faults with relative vertical shifting ranging up from 100 m to 150 m. There is a narrow bundle of steeply dipping faults on the west side of a cave block. They are spread to the East and disappear in the overlying siliceous strata.

*secco di Sagul. I sedimenti del Cambrico medio sono rappresentati da argilliti, scisti silicei, arenarie e rocce vulcaniche (spiliti e diabase). Lenti e frammenti di calcari neri bituminosi con una ricca fauna cambriana si trovano frequentemente nello strato sabbioso-argilloso. Le argilliti e le selci nere, poco comuni, formano un sottile letto all'interno di un campo di rocce effusive alla base della montagna di Sarytag.*

*L'area è caratterizzata da una complessa struttura a strati e blocchi e di accavallamenti pellicolari. Conseguentemente sedimenti di età differenti si trovano alla stessa quota. La disposizione dei blocchi rocciosi segue l'allineamento delle numerose faglie presenti nell'area.*

*La grotta-mimiera di Kan-i-Gut si trova in un pacco tettonico di calcari e dolomie del Devoniano medio (Givetiano) (ABDULLAEV *et alii*, 1972). Quest'ultimo è incapsulato nelle formazioni flyscioidi del Siluriano e del Carbonifero (VOITOVICH & DONETS, 1985).*



## Ores

The Kan-i-Gut silver-lead-zinc deposit is defined as belonging to the Mississippi Valley-type. Ores are concentrated in the upper part of the carbonate block. The upper limit of the deposit is controlled by a plane of the Kan-i-Gut Thrust, and does not develop above it. The lower part of the deposit doesn't have structural limitation. The thickness of the metalliferous carbonate rocks is 40-50 m. Mineralization is located within three nearby areas: Southern, Central and Northern. The Central area is the only one that is minable. Two varieties of ores, sulfide and oxidized, were identified. Sulfide ore bodies, usually blind, were discovered in the north-east part of the Central area. The closest sulfide ore body to the surface is intersected by the Main entrance of Kan-i-Gut cave at the east end of the Zangur Mount. Sulfide ore bodies of the Central part are lense-like, sometimes having complex shapes concordant with lamination or intersecting it. Cross-cutting vein-like ore bodies of Ag-Pb-Zn composition also occur. Some ore lenses are localized along the contact of carbonate rocks and siliceous schists. Ore bodies range from 10 to 140 m in size along the bedding strike, are from 0.5 to 10-12 m in thickness, and reach 100 m in length along the dip. They were traced to a depth of 270 m by core wells. Underground workings intersected these ore bodies to a depth of 100 m (MACHULIN, unpublished report, 1992).

On the basis of quantitative ratio of main ore minerals and textural ore features K.K. KURMANALIEV (1968) recognized seven ore types composing different parts of ore bodies: 1) massive galena-marcasite, 2) galena, 3) galena-pyrite, 4) pyrite-marcasite, 5) impregnated veinlet galena-sphalerite ore in silicified limestone, 6) band-crenulated galena, 7) marcasite.

The average grade of lead ranges from 2.4 to 3.6 %, zinc from 1.6 to 1.8%, silver from 185.0 to 370.5 gram per ton (PETROV, unpublished report, 1951).

Oxidized ores are exposed on the surface at the southwestern flank of the Central area. They are interchanged to sulfide ores at the northeast and are separated by the

*Esiste però anche un'altra ipotesi che dice che le formazioni carbonatiche di sono una olistoplacca entro un mélange del Carbonifero medio (BELOUSOV, 1998).*

*Secondo i dati di carotaggio e quelli del sondaggio elettrico verticale il pacco carbonatico, una monoclinale che immerge verso 20°-30° Est, è deformato da pieghe locali e da rari sistemi di faglie semi verticali variamente orientate con dislocazioni che vanno da 100 a 150 metri. Vi è anche uno stretto pacchetto di faglie subverticali nella parte destra del blocco della grotta, che si allarga verso Est e scompare nei sovrastanti strati silicei.*

## Giacimenti

*Il deposito di argento-piombo e zinco di Kan-i-Gut è del tipo Mississippi Valley. I giacimenti sono concentrati nella parte superiore del blocco carbonatico. Il loro limite superiore è controllato dal piano di compressione di Kan-i-Gut, che non supera mai. La parte inferiore del giacimento, invece, non ha un limite strutturale. Lo spessore del calcare metallifero è di circa 40-50 m. La mineralizzazione è localizzata in tre aree adiacenti: la porzione Sud, quella Centrale e la porzione nord, ma quella Centrale è l'unica che può essere coltivata. Sono stati riconosciuti due differenti tipi di depositi: quello a solfuri e quello a ossidati. I giacimenti a solfuri, normalmente isolati, sono stati scoperti nella parte di NE del giacimento centrale. Il giacimento a solfuri più vicino all'esterno è stato intersecato dall'ingresso della grotta di Kan-i-Gut al margine Est del Monte Zangur. I giacimenti a solfuri della zona centrale sono lentiformi, a volte con forme complesse concordanti con la laminazione e/o perpendicolari alla stessa. Sono presenti anche depositi allungati di Ag-Pb-Zn che intersecano le lenti a solfuri, infine alcune lenti sono localizzate al contatto tra la roccia carbonatica e gli scisti silicei. I giacimenti minerari hanno una lunghezza che varia tra i 10 e i 140 m lungo i piani di stratificazione, uno spessore da 0,5 a 10-12 m, e si sviluppano lungo la direzione l'immersione per 100 m. I depositi sono stati seguiti attraverso carotaggi fino ad una profondità di 270, mentre la colti-*

sub-latitudinal upthrust. Sulfide ores occur on the same level with oxidized ores. They make up the lower parts of single tube-shaped ore bearing zones elongating from the SW to the NE. This zone is dipping 30-50° to the NE. The areal width of the zone ranges from 100 to 300 m, and the thickness reaches 100 m, the length is no less than 1 km.

Sulfide ores are represented by dolomitized limestone with banded impregnation, veinlets and nests of sulphide minerals. A full list of hypogene ore minerals includes galena, sphalerite, wurtzite, chalcopryrite, pyrite, marcasite, boulangerite, aikinite, jamesonite, tetrahedrite, other minerals from the tetrahedrite group, stibnite, polybasite, pyrargyrite, argentite, acanthite and native silver (SOSEDKO, 1935; KURMANALIEV, 1972; POTAPOV, 2006). Non-metallic impurities of sulfide ore include dolomite, manganoankerite, manganosiderite, calcite, barite and quartz.

According to K.K. KURMANALIEV (1972), there were three stages of hypogene sulphide ore mineralization including: 1) galena, sphalerite, chalcopryrite, pyrite, aikinite and tetrahedrite group minerals; 2) sphalerite, pyrite, marcasite and boulangerite; 3) sphalerite, marcasite and zinkenite.

Oxidized ores have dark brown to yellow brown color, and earthy to compact composition.

They comprise the following supergene minerals: hematite, goethite, hydromagnesite, pyrolusite, psilomelane, manganite, polianite, jarosite, plumbojarosite, chalcocite, covellite, anglesite, cerussite, malachite, azurite, anhydrite, gypsum, iron sulfates and alum. Minor quantities of calcite, quartz, pyrite, galena, smithsonite, barite and thin dendritic wires of native silver are also present in oxidized ores (SOSEDKO, 1934, 1935; KREITER & SMIRNOV, 1937; OZEROVA, 1960; KURMANALIEV, 1972).

Vein minerals comprise quartz, calcite, dolomite, ankerite, manganoankerite, manganocalcite, manganosiderite, aragonite, chalcedony, barite, plagioclase, zeolites, gypsum, cerussite, and smithsonite (SOSEDKO, 1935; KURMANALIEV, 1972).

*vazione mineraria ha intersecato questi depositi a una profondità di 100 m (MACHULIN, rapporto inedito, 1992).*

*Sulla base dei rapporti quantitativi dei principali minerali presenti nel giacimento e alla struttura e tessitura dello stesso K.K. KURMANALIEV (1968) ha suddiviso il deposito in 7 differenti parti: 1) galena e marcasite massive; 2) galena; 3) galena e pirite; 4) pirite e marcasite; 5) vene di galena e sfalerite in calcare parzialmente silicizzato; 6) galena concrezionaria; 7) marcasite.*

*Nel giacimento il tenore di piombo varia da 2,4 a 3,6%, quello dello zinco tra 1,6 e 1,8% e quello dell'argento tra 185,0 e 370 g/ton (PETROV, rapporto non pubblicato, 1951). I giacimenti degli ossidati sono esposti nel fianco di SW dell'area centrale, si alternano ai giacimenti a solfuri nella zona di SE da cui sono separati da una accavallamento sub-orizzontale. Gli ossidati costituiscono la parte inferiore di una zona mineralizzata tubolare allungata da SO a NE che immerge 30-50° a NE, che ha una larghezza tra i 100 e i 300 m e raggiunge uno spessore di 100 m allungandosi per almeno un chilometro.*

*Il giacimento a solfuri è costituito da calcari dolomitizzati con impregnazione laminare, vene e inclusi di minerali solfurei. I minerali osservati sono: sfalerite, wurtzite, calcopirite, pirite, marcasite, boulangerite, aikinite, jamesonite, tetraedrite, con altri minerali del gruppo della tetraedrite stibnite, polibasite, pirargirite, argentite, acantite e argento nativo (KURMANALIEV, 1972; POTAPOV, 2006; SOSEDKO, 1935). Impurità non metalliche del giacimento includono dolomite, manganoankerite, manganosiderite, calcite, barite e quarzo. Secondo K.K. KURMANALIEV (1972), ci sono stati tre stadi di mineralizzazione ipogenica a solfuri: 1) galena, sfalerite, calcopirite, pirite, aikinite e minerali del gruppo della tetraedrite; 2) sfalerite, pirite, marcasite e boulangerite; 3) sfalerite, marcasite e zinkenite.*

*Gli ossidati hanno un colore da bruno scuro a bruno giallastro e un'alta consistenza terrosa compatta e comprendono i seguenti minerali secondari: ematite, goethite, idromagnetite, pyrolusite, psilomelane, manganite, polianite, jarosite, plumbojarosite,*

## Speleothems

There was no special study on cave formations in Kan-i-Gut. Speleothems are not abundant there. They are concentrated in the middle part (by depth) of the cave, absent in the lower part and very rare in the upper part where only small carbonate stalactites and thin flowstones were found. Calcite and aragonite flowstones occur mainly in the passages close to the Main entrance. Snow-white aragonite helictites are rare. Green aragonite helictites growing on sulfide ore survive in only one place (MAKSIMOV, 1999).

White gypsum anthodites up to 15 cm long could be found in larger areas but many of them were vandalized by visitors. Gypsum crusts ranging from a few millimeters up to 20 cm in thickness are the most common in the cave. Gypsum hair-like aggregates (Fig. 6) and fringes consisting of the finest gypsum needles grow in some blind passages where there is no strong air movement.

## Conclusions

Numerous passages of natural limestone cave made access to Ag-Pb-Zn-Fe ore bodies from different sides at essential distance and to the depth more than 200 m possible. Silver-bearing oxidized ore is not hard and readily minable with simple instruments like pickaxes. That is why the cave attracted attention of ancient miners. According to archaeological finds the major mining activity in Kan-i-Gut took place from the VI<sup>th</sup> to XI<sup>th</sup> centuries.

This activity extensively modified the morphology of the cave by creating numerous short blind passages and chambers within the oxidized ore body. Most likely the huge size of the First and Second Abysses is also the result of ore extraction in ancient times. Insignificant mining continued sporadically up to the beginning of the XIX<sup>th</sup> century. The period from the end of the XI<sup>th</sup> to the beginning of the XVII<sup>th</sup> centuries is poorly documented from the archaeological point of view.

The most recent mining operations were conducted from 1951 to 1955. Adits and shafts intersected numerous cave passages and abysses, also blocked and filled many

*chalcocite, covellina, anglesite, cerussite, malachite, azzurrite, anidrite, gesso, solfati di ferro e allume.*

*In minore quantità negli ossidati sono presenti anche calcite, quarzo, pirite, galena, smithsonite, barite e fibre di argento native (KREITER & SMIRNOV, 1937; KURMANALIEV, 1972; OZEROVA, 1960; SOSEDKO, 1934, 1935). I minerali delle vene comprendono quarzo, calcite, dolomite, ankerite, manganoankerite, manganocalcite, manganosiderite, aragonite, calcedonio, barite, plagioclasio, zeoliti, gesso, cerussite, e smithsonite (KURMANALIEV, 1972; SOSEDKO, 1935).*

## Il concrezionamento

*Non è stato fatto alcun studio specifico sul concrezionamento, anche perché gli speleotemi non sono abbondanti nella Kan-i-Gut e sono concentrate nella sua parte mediana (in profondità), mentre sono totalmente assenti nella parte inferiore e molto rari nella parte superiore dove si trovano solo piccole stalattiti carbonatiche e sottili colate.*

*Colate di calcite e aragonite sono presenti solo nei passaggi vicino alla entrata principale, mentre le eccentriche bianche di aragonite sono rare.*

*Vi è un solo posto in cui si sono conservate eccentriche di aragonite verde sviluppate sopra i depositi minerali (MAKSIMOV, 1999). Antoditi di gesso bianco fino a 15 cm di lunghezza possono essere osservate in vari posti ma la maggioranza sono state vandalizzate.*

*Croste di gesso da pochi millimetri a 20 cm di spessore sono molto comuni nella grotta. Aggregati di fibre allungate di gesso (Fig. 6) e frange di sottilissimi aciculari crescono in alcuni passaggi a fondo cieco dove non vi è una forte corrente d'aria.*

## Conclusioni

*Molte gallerie dei una cavità naturali nel calcare ha permesso l'accesso da varei parti distanti tra loro e a differenti profondità a un giacimento di Ag-Pb-Zn-Fe fino a una profondità maggiore di 200 m. Il deposito di ossidati ricchi in argento non è molto tenace e quindi è facilmente coltivabile con semplici strumenti quali un piccone: questo spiega perché la grotta ha attirato l'atten-*



Fig. 6 - Aggregate of hair-like gypsum crystals (photo: A. Tsibanov). / Aggregato di lunghi cristalli aciculari di gesso (foto: A. Tsibanov).

natural voids and ancient workings with waste rock. The deposit still hosts moderate ore resources.

zione degli antichi minatori.

Sulla base dei ritrovamenti archeologici si è stabilito che la principale attività mineraria a Kan-i-Gut si è sviluppata tra il VI e l'XI secolo.

Questa attività ha modificato in gran parte la morfologia originale della grotta creando molte gallerie cieche a camere dove vi era il corpo degli ossidati.

E' molto probabile che la grande ampiezza del Primo e Secondo Abisso siano in buona parte il risultato degli antichi lavori minerari. Una attività mineraria minima continuò sporadicamente fino al XIX secolo, ma del periodo tra l'XI e il XVII secolo ci sono scarsissimi reperti archeologici.

L'ultima attività mineraria fu fatta dal 1951 al 1955: le gallerie e i pozzi minerari hanno intersecato molte gallerie e sale di grotta, ma hanno anche portato al tombamento di vuoti naturali e antiche gallerie minerarie con il materiale di risulta.

Ancora oggi il giacimento contiene alcune piccole risorse non coltivate.

## References / Citazioni bibliografiche

- ANDREEV M., (1896), *Places of interest in Turkestan with respect to archaeology*, Protocols of the Turkestan Circle of the Enthusiasts of Archaeology, Tashkent, pp. 11-13. (In Russian).
- ABDULLAEV R.N., AKHMEDZHANOV M.A., BORISOV O.M. & KADYROV M.H., (1972), *Age of volcanogenic "Cambrian" formations of Madygen – Shodymir area*, Uzbek Geological Journal 6, pp. 36-39. (In Russian).
- BELOUSOV V.I., (1998), *Role of olistostromes and overthrust sheets in geology of Turkestan-Alai (Southern Tian-Shan)*, 2<sup>nd</sup> Paper, Proceedings of Higher Educational Establishments, Geology and Exploration 6, pp. 33-45 (In Russian).
- BODYLEVSKAYA I.V., (2008), *Academician A.A. Borissyak and the Paleontological Institute in the war years (1941-1943)*, Moscow, PIN RAN Press, 126 p. (In Russian).
- CASTAGNÉ J.-A., (1915), *Modern advances in speleology and my speleological voyages in Turkestan*, Transactions of Turkestan Branch of Imperial Russian Geographical Society, Tashkent 11(2/2), pp. 3-51. (In Russian).
- DAVIDOVICH E.A. & LITVINSKY B.A., (1955), *Archaeological outline of Isfara district*, Proceedings of the Institute of History, Archaeology and Ethnography, 35, Stalinabad, AN Tajik SSR Press, 220 p.
- DAVIDOVICH E.A., (1977), *New data on Samanids history (finding of copper coins IX-X centuries from Samarkand)*. In: Central Asia in Antiquity and Medieval Times: History and Culture, Moscow, Science, pp. 112-125. (In Russian).
- DENNY H., (1934), *Soviet finds ores in huge old cave*, The New York Times, July 8, Section Editorial, p. E3.
- FILIPPOV A.G. & TSIBANOV V.V., (2012), *Preliminary outline of the history of study of the Kan-i-Gut mined cave*, Speleology and Speleology, Naberezhnye Chelny, pp. 43-49. (In Russian).
- GVOZDETSKY N.A., (1954), *Karst*, Moscow, Geografiz Press, pp. 146-147. (In Russian).
- ISLAMOVI O.I., (1955), *From history of mining and geological ideas of Central Asia peoples from antiquity to XVIII<sup>th</sup> century*, Outlines on History of Geological Knowledge, 4, Moscow, AN USSR Press, pp. 42-68. (In Russian).
- ISLAMOVI O.I., (1960), *Study of mining sites in the republics of Central Asia*, Proceedings of the Institute of History of Natural Sciences and Technology, 33, Moscow, AN SSSR Press, pp.192-200. (In Russian).
- KREITER V.M. & SMIRNOV V.I., (1937), *Polymetallic base of Central Asia*, Proceedings of Tajik-Pamir Expedition, 83, Energy and Mineral Resources, Moscow-Leningrad, AN USSR Press, pp. 69-73. (In Russian).
- KURMANALIEV K.K., (1968), *Impurity elements in sulfides of Kanigut deposit*, Proceedings of the Academy of Sciences of Kirgiz SSR, 2, pp. 58-61. (In Russian).
- KURMANALIEV K.K., (1972), *Some peculiarities of lead and antimony geochemistry in ores of the Kan-i-Gut deposit*, Geology and Geochemistry of Mercury and



- Antimony of Kirgizia, Frunze, Ilim Press, pp. 165-168. (In Russian).
- LYKOSHIN N.S., (1896), *Outline of archaeological pioneering in Turkestan province before the establishment of the Turkestan Circle of the Enthusiasts of Archaeology*, Central Asian Newsletter, Tashkent, 7, 9, p. 27. (In Russian).
- MAKSIMOV G.M., (1999), *Kan-i-Gut – myths and reality*, Speleological Yearly Periodical of ROSI, Moscow, pp. 81-90. (In Russian).
- MALLITSKY N.G., (1897), *The Mine of Death (Kan-i-Gut cave)*, Protocols of Turkestan Circle of the Enthusiasts of Archaeology, Second year, (Supplement to the Protocol dated December 11, 1896), Tashkent, pp. 1-18. (In Russian).
- MASSON M.E., (1928), *Coin findings in Central Asia during 1917-1927*, Proceedings of the Central Asian Committee on Museums, Preservation of Monuments of Antiquity, Art and Nature 3, Tashkent, pp. 280-293. (In Russian).
- MASSON M.E., (1934), *History of the mining industry of Tajikistan. Former mining of natural resources*, Leningrad, AN USSR Press, 105 p. (In Russian).
- MASSON M.E., (1971), *The Mine of Death*, Frunze, Kyrghyzstan Press, 48 p. (In Russian).
- MOSKVIN A.V., (1933), *Tephroite from ancient slags*, Transactions of the Petrographic Institute, 4, pp. 45-52. (In Russian).
- NAZAROFF P., (1929), *Kuh-i-Sim: the treasure of Turkestan*, Blackwood's Magazine 226, pp. 184-196.
- NAZAROV P.S., (1914), *Ancient silver mine Kuh-i-Sim*, Turkestan News 12, Tashkent, p. 2. (In Russian).
- OBUCH J. & RYBIN S.N., (1993), *Food of the eagle owl (Bubo bubo zaisanensis Chachlov) in Southern Kirgizia (Osh district)*, Folia Zoologica 42(1), pp. 19-31.
- OZEROVA N.A., (1960), *On the genesis of mercury and antimony deposits in the South Fergana*, Geochemistry 3, pp. 251-260. (In Russian).
- PLOSKIKH V.M., (1977), *Kirgiz people and the Kokand khanate*, Frunze, Ilim Press, 365 p. (In Russian).
- POPOV M.G., (1924), *Kon-i-Gut Cave in the Fergana mountains*, Transactions of the Turkestan Branch of Russian Geographical Society 17, pp. 179-184. (In Russian).
- POTAPOV S.S., (2006), *Medieval cave mine Kon-i-Gut (Kyrgyzstan)*, Geoarchaeological studies in the Timan-North Ural region, Syktyvkar, pp. 81-85. (In Russian).
- PREOBRAZHENSKY I.A., (1926), *Deposits of radioactive minerals in Western Fergana*, Proceedings on Radium Study, 2, Leningrad, pp.73-120. (In Russian).
- RADKEVICH E.A., (1938), *Lyakan polymetallic deposit in the South Fergana and its genesis*, Transactions of the Institute of Geological Sciences, AN USSR Press, Series of Ore Deposits, Moscow 1(1), p. 75. (In Russian).
- REIS V.E., (1980), *Karst and caves in Kirgizia*, Development of Geographical Sciences in Kirgizia, Frunze, Ilim Press, pp. 108-114. (In Russian).
- RYBIN S.N., (1977), *Fauna of bats and their ectoparasites in Southern Kirgizia*, Rare Species of Mammals and their Protection, Moscow, Science Press, pp. 60-62. (In Russian).
- RYBIN S.N., (1980), *Chiropterans in Southern Kirgizia*, Chiroptera. Questions on Teriology, Moscow, Science Press, pp. 87-95. (In Russian).
- RYBIN S.N., HORÁČEK I. & ČERVENÝ J., (1989), *Bats of Southern Kirghizia: Distribution and Faunal Status*, European Bat Research 1987, Charles Univ. Press, Praha, pp. 421-441.
- SHCHERBAKOV D.I., (1924), *Deposits of radioactive ores and minerals in Fergana and challenges of their further study*, Materials for Study of Natural Productive Forces in Russia 47, Leningrad, 59 p. (In Russian).
- SMIRNOV V.I., (1970), *In geological expeditions*, Science and Life 12, pp. 69-79. (In Russian).
- SNESAREV A.N., (1926), *Materials on radioactivity distribution in western part of Fergana Oblast*, Transactions on Radium Study, 2, Leningrad, pp. 121-200. (In Russian).
- SOSEDKO A.F., (1934), *Mineral resources of Turkestan Range*, Tajik-Pamir Expedition, year 1933, Leningrad, Geokhimizdat Press, pp. 53-66. (In Russian).
- SOSEDKO A.F., (1935), *Kon-i-Gut*, Socialist Science and Technology 12, Tashkent, pp. 17-24. (In Russian).
- TSIBANOV V.V., (2004), *Kan-i-Gut*, Main page <<http://www.kani-gut.narod.ru>>, Accessed 2013 Jan 12.
- TSIBANOV V.V., FILIPPOV A.G. & DUDASHVILI A.S., (2013), *Morphology and 3D images of the Kan-i-Gut mined cave*, Speleology and Karstology 10, Simferopol, pp. 5-15, <[http://institute.speleoukraine.net/libpdf/Tsibanov\\_et\\_al\\_2013\\_Morphology\\_and\\_3d.pdf](http://institute.speleoukraine.net/libpdf/Tsibanov_et_al_2013_Morphology_and_3d.pdf)>, Accessed 2013 Jan 30. (In Russian).
- VEBER V.N., (1934), *Geological map of Central Asia. Sheet VII-6 (Isfara), northern part*, Transactions of the All-Union Geological Exploration Trust PCHI USSR, 194, Leningrad-Moscow-Novosibirsk, 277 p. (In Russian).
- VEL'YAMINOV-ZERNOV V.V., (1856), *Information about the Kokand khanate*, Newsletter of the Imperial Russian Geographical Society 18 (5), St. Petersburg, pp. 107-153. (In Russian).
- VOITOVICH V.S. & DONETS A.I., (1985), *Southern Fergana tectonic zone and its metallogeny*, Soviet Geology 1, pp. 86-95.