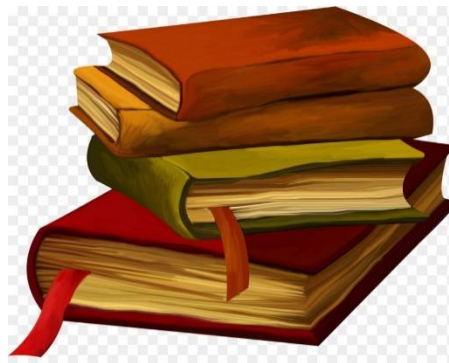


Annexe du compte rendu

Köýtendag 2023

Turkménistan

6 au 22 mai 2023



Documents annexés d'après les recherches de Jean Pierre Gruat

Mise en forme par Jean Philippe Grandcolas

Version 3, Mars 2024 alexandre Pont

NOTA

Il est fort possible qu'il y est quelques doublons dans les documents qui suivent.
Il reste quelques coquilles, la traduction du russe vers le français n'est pas parfaite.

Sommaire

01	Ali Baba Cave Mikhail EFIMOV 2019 05 26	- Page 3
02	Grotte du Turkménistan - articles www	- Page 5
03	Les principales publications scientifiques de V. A. Maltsev sur la spéléologie sont la minéralogie des cavernes, la karstologie, etc.	- Page 8
04	Monde souterrain du Turkménistan ?, 2015 11 07	- Page 20
05	MINÉRAUX DE LA CUPP-COUTUNN, SYSTÈME DE CAVERNE DE KARST, SUD-EST DU TURKMÉNISTAN Vladimir A. Maltsev	- Page 26
06	Réserve de Kugitangsky, Parcs nationaux et réserves au Turkménistan	- Page 40
07	Mémoire de thèse (synthèse): Corps ressemblant à des sols d'écosystèmes auto-chimolithotrophiques de grottes: exemple des grottes de la crête de Kugitangtau, Turkménistan oriental, Semikolenny, Andrei Aleksandrovich - 2006	- Page 43
08	Quelques considérations sur l'onthogénie des minéraux des cavités: cristaux filamenteux de sulfates et leurs agrégats Vladimir A. Maltsev - 1996	- Page 52
09	CUPP-COUTUNN CAVE, TURKMENISTAN CHARLES ANTHONY SELF	- Page 60
10	Echos du Kugitang Alexey Tarunov 1985 02 01	- Page 63
11	GOVURDAK-KOITENDAG OASIS	- Page 68
12	Asie: Turkménistan: cristaux géants d'aragonite et de gypse dans le système de grottes de Kap-Kutan	- Page 72
13	Grotte de Kap Kutan, Turkmenistan Le site web de Kap-Kutan par V. Maltsev	- Page 74
14	Mystères du monde souterrain de Koytendag: la faune unique des grottes Karluksky Shaniyaz MENLIEV 2019 06 02	- Page 91
15	Les plus grandes grottes d'Asie centrale A.S. Vishnevsky, V.A. Maltsev, V.N. Dublansky, Yu.V. Dublyanskiy - 2004	- Page 99
16	Klimchuk Alexander Borisovich - données biographiques	- Page 108
17	Un nouveau genre et une nouvelle espèce de Campodeidae (Diplura) troglobitiques d'Asie centrale Alberto Sendra, Boris Sket, Pavel Stoev	- Page 111
18	Divers à télécharger	- Page 129

Ali Baba Cave

Publié par Maks le 26 mai 2019

La crête de pierre des monts Kugitang (Turkménistan) sont les contreforts des pics transcendants du Pamir-Alai qui s'étendent au sud-ouest. "Kugitang" en traduction signifie "montagnes avec des gorges étroites". C'est ici que se trouve la célèbre "grotte Ali Baba" dont la découverte a fait sensation à l'époque soviétique ... Le voyageur russe Logofet, qui a visité le pays montagneux «sauvage et sombre» au début du XXe siècle, a déclaré que pendant plusieurs mois de l'année, Kugitang (Kugitangtau) ressemblait à un désert brûlé. Les tourbillons, arrivant du sud, créent des nuages de sable et les jettent à grande échelle dans les profonds canyons. Les vents hivernaux, traversant les hauts sommets, remplissent les contreforts de neige. Et ce n'est qu'au printemps que les éperons sont recouverts de tapis d'herbes émeraude et de tulipes rouges. Dans les gorges étroites, des millions de ruisseaux et de rivières commencent à exploser. L'eau, qui dilate les fissures dans les dalles de pierre, lave les roches tendres - calcaires et dolomies. De siècle en siècle, un processus géologique sans fin se poursuit à Kugitang: de nouveaux corridors souterrains se forment et s'allongent. Sous les karsts profonds sous les plateaux rocheux des montagnes, les rivières souterraines coulent, les lacs se déversent dans les poissons aveugles et les labyrinthes de palais décorés de stalactites et de stalagmites tournent autour. Réveillé "quelque chose" Les grottes de Kugitang commencent par d'énormes galeries, pénétrant dans les entrailles des montagnes sur des centaines de mètres. Ils sont connus depuis longtemps. En août 1984, un groupe de spéléologues amateurs de Krasnoyarsk s'est intéressé à l'un d'eux. L'embrasure noire en haut de la falaise n'a pas été immédiatement vue. L'entrée à une hauteur de cent mètres était bien masquée par une pierre plate qui se tenait près du bout - une sorte de porte. Cela semblait être une grotte ordinaire. Mais dans un coin sombre, un passage d'un demi-mètre de haut a été deviné. Le Krasnoyarsk Gregory Sorokopud a été le premier à se faufiler dans l'espace. Au début, le regard de visite s'est rétréci, mais l'arc de la grotte s'est élevé rapidement. L'éclaireur se tenait à la limite de la lumière crépusculaire et de la nuit noire. Un faisceau de phare a sombré dans un nuage de poussière. Le spéléologue a fait un pas en avant et est presque tombé dans l'abîme. Un étroit passage le long du mur contournait un entonnoir sinistre. Pour des raisons de sécurité, ses bords ont ensuite été marqués avec des crochets. Quelques mètres plus tard, un autre échec similaire s'est ouvert. Derrière la grosse pierre se trouve la troisième. Ils ont décidé de reporter au lendemain la tempête de "puits sans fond" ouverts. Les spéléologues installent un camp non loin de la grotte. Le soir, alors que toute l'expédition parlait des détails de la première reconnaissance, Kugitang laissa une surprise: au nord-est, au-dessus d'une crête de montagnes lointaines, une boule de perles brillante apparut. De plus en plus grand, il se dirigea vers le camp. Après 10 minutes, le rayonnement illumina la moitié du ciel sans nuages, quelque chose d'énorme et de lumineux flottait au-dessus des gens. Tout le monde a cliqué sur les volets des caméras, a essayé de deviner ce qu'ils voyaient. Après environ 15 minutes, la lueur commença à s'affaiblir et disparut bientôt. Seule une myriade d'étoiles brillait dans le ciel noir. Dans la matinée, deux spéléologues sont revenus du village le plus proche, Kara-Bulak. Ils ont dit

qu'à la veille de l'un des résidents locaux, un chasseur et des serpents, il avait vu dans les montagnes, littéralement à côté de la grotte découverte, une trace... d'un énorme serpent! La largeur du sillon dans la poussière atteignait 15 centimètres. La piste était profonde, s'étendait à la surface et menait à une grotte voisine. Les habitants des collines et des bergers ont unanimement affirmé qu'un serpent d'une taille inhabituelle vivait dans les montagnes, transportant des moutons. En outre, des traces d'un dinosaure à trois doigts ont parfois été trouvées sur le plateau de Kugitang. En général, tout disait que les spéléologues se réveillaient «quelque chose» et que l'étude d'une caverne ouverte apporterait des surprises. Et c'est ce qui s'est passé. Kunstkamera d'horreur Пещеры Кугитанга Des cavers ont pénétré dans la vaste cavité karstique longue de 200 mètres de long et large de 80 mètres et d'une hauteur de 20 mètres Au lieu de sexe - un tas de pierres. En regardant de plus près, les éclaireurs remarquèrent qu'ils se trouvaient sur une étrange altitude de 10 à 12 mètres. Des bougies étaient allumées: des momies de personnes et d'animaux gisaient autour de lui, les contours des objets apparaissaient sous la poussière. C'est devenu effrayant. Les momies semblaient les surveiller sous tous les angles. La grotte ouverte s'appelait la Kunstkamera. Les récits des peuples d'Asie centrale regorgent d'histoires sur les «villes des morts». Il n'est pas surprenant que les spéléologues aient essayé de trouver en eux la clé pour deviner les secrets de la Kunstkamera. Des légendes sont venues à l'esprit au sujet des terribles devas gardant des trésors enfouis dans des cavernes, du bai cruel qui a envoyé leurs ouvriers vers une mort certaine dans les montagnes, des voleurs, comme ceux qui étaient dans le conte d'Ali Baba, qui volaient des voyageurs. Plus les membres de l'expédition étudiaient attentivement les découvertes dans la grotte de Kugitang, plus nombreuses étaient les hypothèses sur la mort violente des personnes enterrées là-bas. Des centaines de corps fanés parsemés de momies d'animaux sauvages et d'animaux domestiques se tenaient devant leurs yeux. L'inspection des momies humaines a confirmé l'hypothèse. Une blessure coupée a été trouvée sur la couronne de l'un d'eux. Apparemment, ils ont frappé avec une lame et ont jeté par terre. Les mêmes traces de violence étaient sur beaucoup d'autres. Pendant un certain temps, il semblait que la grotte servait de cachette aux bandits qui cachaient leurs extrémités dans l'eau. C'est peut-être pour cette raison que seuls les restes d'hommes ont été retrouvés et sans la moindre trace de vêtement. La cause de leur mort pourrait être une coutume barbare, connue par l'exemple du khanat de Boukhara, où ils se sont brutalement attaqués aux voleurs, aux apostats et à tous les rebelles: ils les ont jetés des minarets, égorgeaient les victimes et les coupaient avec des sabres. De telles atrocités ont eu lieu de temps en temps à Boukhara même et dans d'autres grandes villes du khanat au début du XXe siècle. Où pouvons-nous parler des mœurs de sa province orientale, considérées comme étant les Kelif Beks et les Kugitang Amlyakdarstvo qui en faisaient partie. Les mortels ordinaires ont été assimilés à des grains de sable à Karakum. Le voyageur Logofet donne un cas caractéristique dans son essai. En réponse à la demande du chef de la garnison russe de faire rapport sur les détails de l'incident tragique survenu à Amu Darya, le Kelif bek dit: «Le malheur est arrivé par la volonté d'Allah et autant de personnes qu'Allah a été sauvé, mais beaucoup sont mortes par la volonté d'Allah, mais que cet incident ne soit pas causé au général, puisque le peuple de l'émir n'est pas compté et que

plusieurs personnes sont plus ou moins dans le khanat, cela n'a aucune importance pour lui. " Piège en montagne La Kunstkamera pourrait également n'être qu'un piège insidieux dans lequel les gens tombés de temps à autre sous l'abri des cavernes, par exemple des bergers, seraient passés à travers. Mais le plus souvent, les animaux tombaient dans un piège naturel, par exemple, un léopard poursuivi pour argali, il se précipitait dans une grotte - les deux étaient piégés. Les momies des personnes couchées sur les éboulis comptaient environ 20 personnes. Sous elles, commençait une couche d'os densément pressée et des corps fanés. Il est devenu évident qu'il y avait beaucoup plus de victimes que ne le permettait la grotte aux pièges. Si l'on peut s'accorder sur le fait que les corps supérieurs et les objets se sont retrouvés dans la grotte par la volonté d'un rocher cruel, les squelettes inférieurs «compressés» n'étaient pas ici par hasard. Des pistes de caravanes passaient le long des montagnes de Kugitang - le chemin le plus court du Moyen-Orient à l'Asie centrale. Non loin de là, au Moyen Âge, se trouvait un grand centre commercial: le village de Bazartepe, où affluaient des marchands de Chine, d'Inde et même de Scandinavie. Dans le même temps, on sait que des bandes criminelles se livrant à des vols à main armée dirigeaient autrefois la région. La célèbre caravane de l'émir de Boukhara a disparu ici. Qui sait combien de bien est encore caché dans les grottes de

Kugitang. Les cas de vol de caravanes n'étaient pas isolés. Il est probable que des grottes habitables de Kugitanga ont déjà servi de refuge aux voleurs. Mais la Kunstkamera n'y a pas vécu, elle a exécuté des gens. Elle a réclamé des milliers de vies. Les archéologues de l'Académie des sciences turkmène, qui ont visité le site, ont récupéré les découvertes les unes après les autres. Des os entrecoupés de crânes, de pierres, d'une rare momie féminine - une fille aux belles mains minces avec des ongles allongés et bien ouvragés, un grand pied magnifique et les restes de tresses noires luxueuses. Son corps, recouvert de vêtements à moitié en décomposition, ressemblait à une poupée de cire. J'ai été frappé par la taille de la momie de léopard - de la moustache à la queue de plus de 1,5 mètre. Toutes les trouvailles ont été livrées à l'Institut d'histoire de l'Académie des sciences turkmène. L'âge des trouvailles est plus de deux siècles. Les restes qui gisaient à la surface des éboulis appartenaient à l'époque du basmachisme.

Mikhail EFIMOV

Grottes du Turkménistan

[Curiosités du Turkménistan](#)



Pendant des millions d'années dans les montagnes d'Asie centrale, la nature a créé de nombreuses grottes, chacune étant unique à sa manière. Elles diffèrent par leur taille et leur profondeur, les roches géologiques dans lesquelles elles sont formées, les labyrinthes complexes de plusieurs kilomètres, les abysses sans fond et la beauté miraculeuse des salles souterraines.

Les grottes sont généralement formées dans des formations géologiques facilement solubles (calcaire, gypse, craie, sel). Les eaux de pluie et de neige, pénétrant profondément dans la terre par des fissures profondément visibles, dissolvent micron micromètre le roc, formant parfois des halls souterrains colossaux et de nombreux kilomètres de labyrinthes. L'eau n'est pas seulement le créateur des grottes, elle est aussi un inépuisable rêveur-décorateur, décorant les plafonds et les murs de rideaux et de fleurs fantaisies, de stalactites et de stalagmites de différentes formes et couleurs.

Les grottes sont peut-être les seules caractéristiques géographiques de la terre qui ne sont pas encore ouvertes et continuent de stocker de nombreuses inconnues (contrairement aux montagnes dont les hauteurs absolues sont connues depuis longtemps).

Au Turkménistan, il n'y a pas autant de grottes qu'en Ouzbékistan voisin, mais il en existe néanmoins les plus longues d'Asie centrale (le massif de Kugitang-Tau). Ainsi, le système de grottes KapKutan - Intermédiaire total km se déplace. La grotte de Baharden, relativement petite, avec un lac thermal souterrain au fond, est également intéressante.

Grottes du Turkménistan avec une profondeur de plus de 100 m et une longueur de plus de 500 m.

Titre	Profondeur m	Longueur m
CapCutan - Intermédiaire	310	57000
Tash - Yurak		
Hashm - Oyk	170	7200
Géophysique (Fleur De Pierre)		4000
Gaurdak	120	11500

Grottes et légendes "légendaires" du Turkménistan

[Grotte Baharden \(crique - ata\)](#)

<https://arzuw.news/3020/karlyukskie-peschery-samaya-bolshaya-set-pescher-v-turkmenii.html>

Karluk Caves - le plus grand réseau de grottes du Turkménistan

Le 27 décembre 2015



[Société de tourisme](#)

Photos connexes :



Parmi les nombreuses grottes découvertes au Turkménistan, Karluk est le plus vaste réseau de grottes. Il y a environ six douzaines! Certains sont interconnectés. Les labyrinthes des grottes de Karluk sont longs et d'une beauté saisissante. Par exemple, la grotte Hashimoyyk, longue de 5300 m, est située à l'ouest de la crête Kugitang-Tau.

Le village Karluk est un lien entre toutes les grottes. Sentiers de randonnée à proximité. La distance entre le village et la plupart des grottes les plus célèbres est petite: de 6 à 10 km. De là, vous pouvez vous rendre à la grotte verticale, à la grotte aux fleurs de pierre, à Hashimeyuk, à Kop-Kotan ... Toutes les grottes font partie des montagnes de Kugitang - l'immense chaîne de Gissar. Calcaires, gypse, grès et conglomérats - de nombreuses roches composent cette gamme. À l'intérieur des grottes de Karluk se trouvent d'importants gisements de marbre onyx. C'est lui qui rend les intérieurs des grottes si colorés. Le plâtre et la calcite ont également participé à la formation de dépôts.

Hashimeyuk - une source d'onyx. Il aurait extrait de l'onyx pour la tombe de Tamerlan. En raison du nombre considérable de "spéléos noirs", la grotte a commencé à être protégée et de nombreuses salles magnifiques ont été préservées. La hauteur des halls peut atteindre 8 mètres. Largeur - jusqu'à 50 mètres.

Kop-Kotan Caves est un système hydraulique avec des lacs d'eau. Chaque salle de stalactite de cette grotte porte des noms étonnants: «Salle de bain», «Salle des méduses», etc. La profondeur de cette grotte est de 56 mètres.

Les plus beaux chercheurs appellent la grotte "géophysique".

Les grottes de Karluk sont placées sous protection et entrées dans le cadastre des objets naturels et géologiques de l'UNESCO.

<https://arzuw.news/3502/v-koytendagskom-zapovednike-obnaruzhenno-podzemnoe-ozero-v-trudnodostupnoy-peschere.html>

Un lac souterrain dans une grotte inaccessible a été découvert dans la réserve de Koytendag

Le 18 mars 2016



[Société de tourisme](#)

Photos connexes:



Partager avec des amis:

Les grimpeurs du club "Agama" ont atteint une grotte difficile à atteindre dans la réserve de Koytendag et ont découvert un lac souterrain. Ils le trouvent semblable au lac Kov-ata.

S. Mengliev, responsable du département scientifique de la réserve, a déclaré ne pas soupçonner la présence d'une entrée dans la grotte. Les eaux souterraines élevées à la base de la falaise ont été gênées presque toute l'année (l'entrée s'est avérée être ici).

Les pionniers étaient le groupe des alpinistes qui ont grimpé au sommet du Koytendag d'Ayribab. Le chemin menant au lac était bloqué par des blocs de blocs de granit. Mais ce qu'il a vu valait le travail et les risques. Dans les rayons des lanternes, le réservoir à la surface immobile apparaissait aux membres de l'expédition sous la forme d'un bol en cristal dans un écrin de pierre.

La Société royale britannique pour la protection des oiseaux s'est intéressée au lac souterrain. Il a invité les spéléologues de Moscou qui, avec Shaniyaz Mengliyev, ont examiné le réservoir. Sa longueur lors des mesures était de 87 m, sa largeur - 62 m, sa profondeur - 10 m, sa superficie totale - 4400 m². La température de l'eau d'été ne dépasse pas 13,5 ° C.

Au Turkménistan, il s'agirait du plus grand réservoir de grottes naturel alimenté par la pluie, l'eau de fusion. Les spécialistes de la réserve poursuivent les mesures mensuelles du niveau de l'eau, de sa température, analysent sa dureté, son alcalinité, la teneur en oxygène, en phosphates, en nitrates et enregistrent la température de l'air.

Les principales publications scientifiques de V. A. Maltsev sur la spéléologie sont la minéralogie des cavernes, la karstologie, etc.

1. V.A. Maltsev. **Carbonate karstique de la pente sud-ouest de la crête de Kugitangtau.** - Sat: état, tâches et méthodes d'étude du karst profond de l'URSS (matériel de la IIIe Conférence karsto-spéléologique de l'Union). M., VIEMS, 1982, page 153.
2. V.A. Maltsev, O.S. Bartenev. **À propos d'un nouveau modèle d'évolution des grottes karstiques.** -Sat: Problèmes d'étude, d'écologie et de conservation des grottes. Résumés de la Conférence de l'Union sur les études karstiques et la spéléologie. Kiev, 1987, pages 18-19.
3. V.A. Maltsev. **L'état de la recherche du système hydraulique souterrain karstique Kap-Kutan.** - Sam: Problèmes d'étude, d'écologie et de conservation des grottes. Résumés de la Conférence de l'Union sur les études karstiques et la spéléologie. Kiev, 1987, pages 104-105.
4. V.A. Maltsev. **À propos de la pollution thermique des grottes lors des expéditions souterraines.** -Sat: Problèmes d'étude, d'écologie et de conservation des grottes. Résumés de la Conférence de l'Union sur les études karstiques et la spéléologie. Kiev, 1987, pages 158-159.
5. O.S. Bartenev, V. A. Maltsev. **Le concept des trois étapes de la spéléogenèse en tant que base pour la construction de modèles d'évolution des grottes karstiques** -In Sat: Problèmes d'une étude approfondie du karst des pays montagneux (compte rendu d'un symposium international), Tbilisi, Metsniereba, 1989, p. 88-90.
6. V.A. Maltsev, O.S. Bartenev. **Résultats des études minéralogiques des grottes du système Cap-Kutan au Turkménistan.** -Sat: Problème d'une étude approfondie du karst des pays montagneux (actes d'un colloque international). Tbilissi, Metsniereba, 1989, p.209-211.
7. V.A. Maltsev, I. I. Turchinov. **Gypsum ephemera caves Dzhurinskaya.** Géologie et prévision des gisements minéraux de Sibirie orientale (résumé). Irkutsk, 1989, pages 82-83.
8. VAMaltsev, DIMalishevsky. **A propos du stade hydrothermal dans la dernière partie de l'évolution du système de grottes Cupp-Coutunn.** Proc 10th International Kong.Spel.vol.III Budapest, 1989, pages 815 à 816.
9. VAMaltsev. **L'influence des changements de saison du microclimat de la grotte sur la genèse du gypse.** Proc 10ème Int.Cong.Spel. Vol. III, Budapest, 1989, pages 813 à 814.
10. VAMaltsev. **L'influence des changements de saison du microclimat de la grotte sur la genèse des formations de gypse dans les grottes.** Bulletin du SNRS, 1991, n° 52, p. 99-103.
11. VAMaltsev, DIMalishevsky. **Sur les phases hydrothermales au cours des dernières étapes de l'évolution du système de grottes Cupp-Coutunn, Turkménie, URSS.** Bulletin du SNRS, 1991, n° 52, p. 95-98.
12. VAMaltsev, CASelf. **Système de grottes de Cupp-Coutunn, Turkménistan, URSS.** "Actes de la société spéléologique de l'Université de Bristol", 1992, volume 19, pages 117-150.
13. V. Maltsev, D. Belakowsky . **Das Hohlsystem Kap-Kutan dans le Bergen des Kugitang à Ost Turkménien.** Magazine Lapis Minerallien, Jr.17, Nr. 2,1992, P.13-18.
14. V.A. Maltsev . [Minéraux du système de grottes karstiques de Kap-Kutan.](#) Stone World, N2, 1993, p. 5-30.
15. V. Maltsev, V. Korshunov. **Géochimie de la fluorite et quelques autres caractéristiques dans les grottes de la crête de Kugitangtou, Turkménie.** Percées dans la géomicrobiologie du karst et la géochimie redox. Publié par Karst Water Institute, 1994, page 47.
16. V.A. Maltsev. **A propos de la genèse des aérosols dans les agrégats minéraux des grottes: analyse critique des hypothèses disponibles** // "Questions of speleology physical", "Questions de spéléologie physique", vol. 1, M., MIPT, 1994, p. 89-99
17. Korshunov V.V., Maltsev V.A., Semikolenny A.A., Teploukhova E.B. **Un modèle de formation de sol non conventionnel dans le karst sur l'exemple de la grotte Kap-Kutan 2 (sud-est du Turkménistan).** Dans le livre: Problèmes modernes de la science du sol et de l'écologie. M : maison d'édition de l'Université d'État de Moscou, 1994, p.123.
19. VAMaltsev. [Sulfates de cristaux filamenteux et leurs agrégats dans des grottes.](#) Proc. Univ. Bristol Spel. Soc., 1996, 20 (3), 171-185.
19. VAMaltsev. **Une fois de plus sur les stalactites à alimentation "interne" et "externe".** Convention NSS 1996.
20. VAMaltsev. **Taux de croissance des formations excentriques.** Convention NSS 1996.
21. VAMaltsev. **Nouveaux niveaux dans la hiérarchie des minéraux souterrains.** Convention NSS 1996.
22. VAMaltsev. **Les spéléothèmes d'origine aérosol: discussion.** Journal of Cave and Carst Studies, 1997, vol 59, n° 1, pages 45-47.
23. VAMaltsev. [Un modèle de structure et de genèse pour le "nid" de gypse, trouvé dans la grotte Geophysicheskaya \(montagnes de Kugitangtou, Turkménistan\)](#) . Journal of Cave and Carst Studies, 1997, vol 59, n° 2, pages 87-90.
24. V.A. Maltsev. [Les "nids" en plâtre sont des minéraux complexes.](#) Lithology and Minerals, 1997, N 2.
25. VAMaltsev. **Minéraux de la grotte Cupp-Coutunn.** Dans Cave minéraux du monde, 2e édition, 1997, NSS, p. 323-328.
26. VAMaltsev. **Stalactites, crstallactites, corlactites, tuflactites: quatre types de formations "analogues à des stalactites", générées à partir d'environnements de cristallisation aux propriétés physiques différentes.** Transactions du 12ème Congrès international de spéléologie, 1997, p. 267-270.
27. VAMaltsev. **Aperçu de l'onthogénie des minéraux des cavernes.** Transactions du 12ème Congrès international de spéléologie, 1997.

28. V. Korshunov, VAMaltsev, A. Semikolennykh. **Grotte sols chimiototropes.** Transactions du 12ème Congrès international de spéléologie, 1997.

29. VAMaltsev. **Canaux dans les stalactites - cause ou conséquence de leur mécanisme de cristallisation?** Symposium de karstologie théorique et appliquée, Baile Herculane, 1997.

30. VAMaltsev. **Géochimie de la fluorite et d'autres caractéristiques géochimiques des grottes de la crête de Kugitangtou.** Journal of Cave and Carst Studies, 1998, vol.60, n° 3, pages 151 à 155.

31. VAMaltsev. [Stalactites à alimentation "interne" et "externe"](#) . Proc. Univ. Bristol Spel. Soc., 1998, 21 (2), 149-158.

32. VAMaltsev et CASelf. **Préface et note du traducteur au cycle de communications sur l'ontogénie des minéraux des grottes.** Cave Geology, 1999, volume 2, n° 4, p. 193-195.

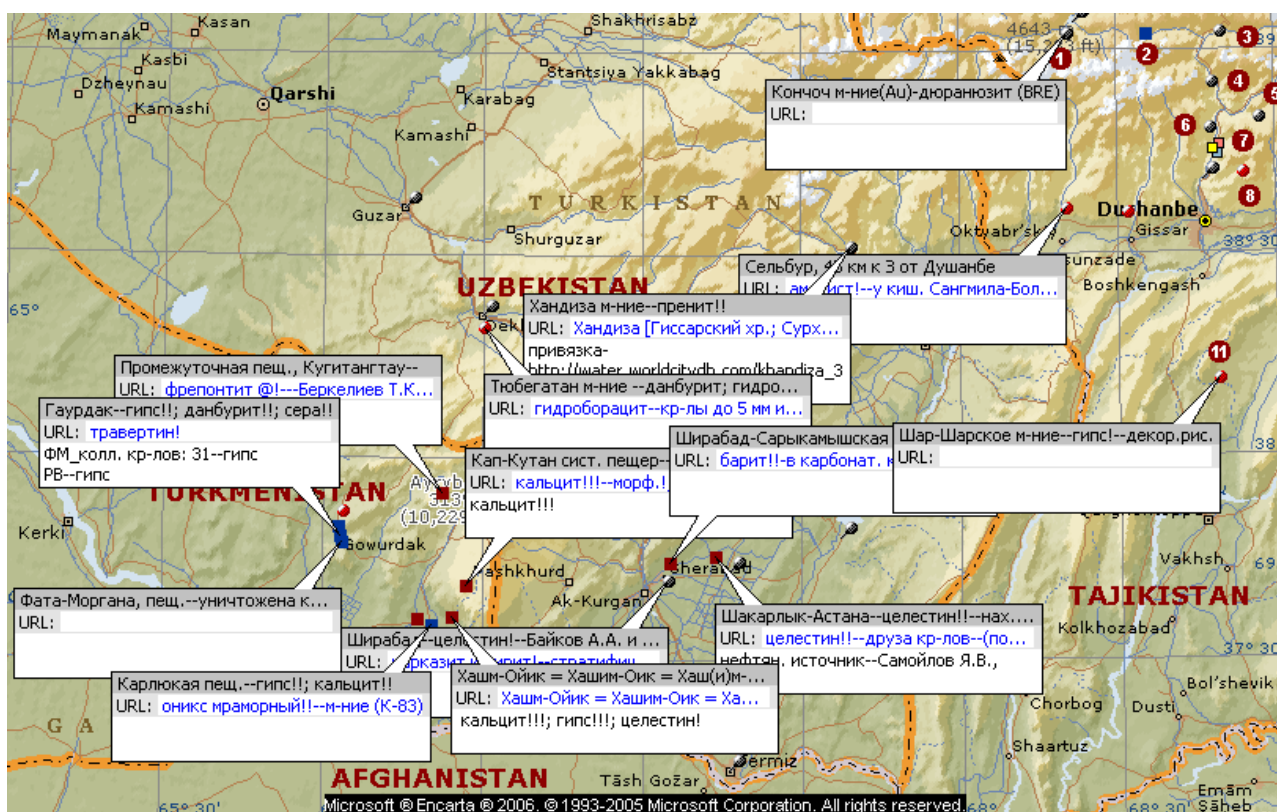
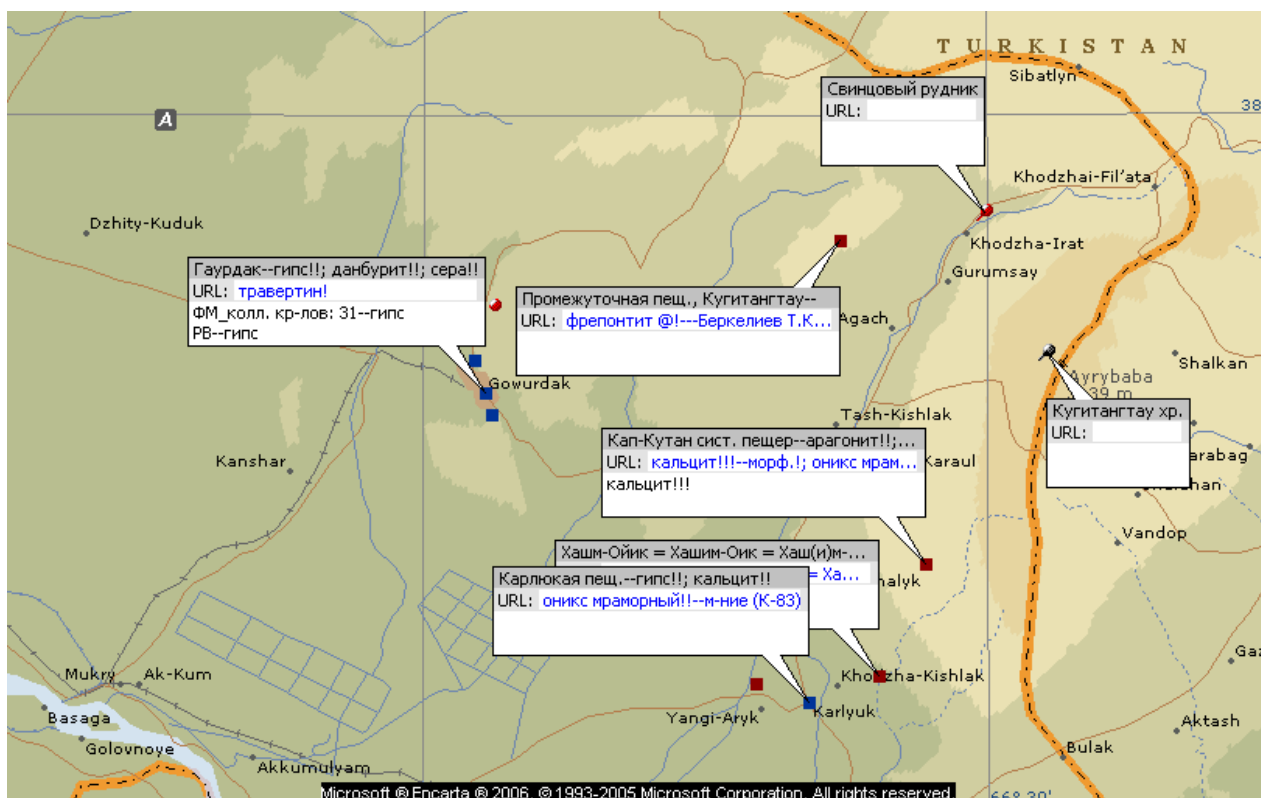
Kap-Kutan, crête Kugitang-tau. , [Turkménistan](#)



Système de grottes [Cupp- Coutunn](#)

[Crête Kugitang-tau](#) . (Turkménistan \ Ouzbékistan)

"La grotte de Kap-Kutan est située au sud-est du Turkménistan, sur le versant de la crête de Kugitangtau (l'éperon sud-ouest de la chaîne de Gissar). La crête est allongée du sud au nord, s'élevant progressivement de 1 000 à 3 000 m ; elle est une cuesta avec des pentes douces à l'ouest et à l'est abruptes, composées de calcaires du Jurassique supérieur de la Formation de Kugitang jusqu'à 500 m d'épaisseur. Stratigraphiquement, le gypse et l'anhydrite de la Formation de Gaurdak se présentent stratigraphiquement au-dessus des calcaires, qui sont conservés de manière fragmentaire sous forme de vestiges seulement au pied de la partie sud de la crête" [4]. Source et détails : <http://nsi.psu.ru/cave/vipuski/v29-30.pdf> - y compris les résultats de V.A. Malteseva.



Emplacements des minéraux dans la zone de la crête. [Kugitang-tau](#) (Turkménistan \ Ouzbékistan) avec des exemples de trouvailles. Marqués d'une flèche : [Gaurdak](#) , [Kap-Kutan](#) , Karlyuk cave, Konchoch, Intermediate cave, Selbur, Tyubegatan, Khandiza, Khashm-Oyik, Shakarlyk-Astana, Shar-Sharskoe, Shirabad. Compilé par : © A.A. Evseev. **Attention** : le nom et la reliure (position sur la carte) de certains lieux nécessitent des précisions (figurant sur la carte avec des icônes rouges et marron). Les cartes sont uniquement à des fins éducatives. Lire la suite : [Evseev A.A. Atlas du monde pour un minéralogiste. M., 2004. - 284 p.](#)

[Kugitang-tau](#) , SE Turkménistan \\ gypse!!! \\ [Détails](#) et [plan](#)



Auteur de la photo : © [Vladimir Maltsev](#) . Titre de la photo : « Traces de gouttes. »

Cap-Coutan, parcours "Pâtes Rivière". Une goutte d'eau peut aussi tomber... Laissant derrière elle une "trace" de pierre. Les stalactites tubulaires à croissance dense laissent une sensation indélébile de pluie pétrifiée à la volée... \\ Calcite. Kugitangtau, Turkménistan. Photo : © V.A. Maltsev. Source : http://vl-maltsev.narod.ru/gal_vodau/photogallery.html

MINÉRAUX \ RÉSULTATS SÉLECTIONNÉS

Grotte Kap-Kutan1 // Source: A. S. Vishnevsky1, V. A. Maltsev2, V. N. Dublyansky3, Yu. V. Dublyansky4 \\ SB RAS \\ **LES PLUS GRANDES GROTTES D'ASIE CENTRALE** : \\ Publié - <http://nsi.psu.ru/cave/vipuski/v29-30.pdf>

Note : 1 Depuis de nombreuses années, V. A. Maltsev et ses collègues étudient la grotte [13-15, 26-28, etc.]. Pendant plusieurs années, le comité de rédaction l'a approché à plusieurs reprises avec une proposition d'écrire un article pour la collection Caves. Comme il n'y avait pas de réponse, une traduction abrégée de l'article de V. A. Maltsev de la monographie de C. Hill et P. Forti [23] a été utilisée; le plan de la grotte y a été emprunté (ndlr).

La grotte de Kap-Kutan est située au sud-est du Turkménistan, sur le versant de la crête de Kugitangtau (l'éperon sud-ouest de la chaîne de Gissar). La crête est allongée du sud au nord, s'élevant progressivement de 1000 à 3000 m ; c'est une cuesta avec des pentes douces à l'ouest et à l'est escarpées, composées de calcaires du Jurassique supérieur de la Formation de Kugitang jusqu'à 500 m d'épaisseur Stratigraphiquement plus élevés que les calcaires se trouvent le gypse et les anhydrites de la Formation de Gaurdak, qui sont conservés fragmentairement sous forme de restes seulement au pied de la partie sud de la crête [4]. Les perturbations tectoniques divisent la pente de la cuesta en blocs qui forment plusieurs marches. Des dizaines de canyons secs jusqu'à un demi-kilomètre de profondeur ont été aménagés le long d'eux. Des canyons passent au-dessus de la grotte sans l'ouvrir. Le climat de la région au pied des montagnes est semi-désertique, à leurs sommets - alpin. A plus de 1500 m d'altitude, des névés se forment en hiver, fond complètement en été. L'eau filtre à travers les fissures et les cavités, sortant sous forme de sources dans les canyons de la partie inférieure de la crête. La Grotte du Cap-Kutan a été mentionnée pour la première fois dans la "Bibliothèque de l'Historien" par Diodorus Siculus (1er siècle avant JC). N.A. Gvozdetzky en a parlé [3], qui la considérait comme la plus longue grotte d'URSS (environ 10 km). Certains chercheurs pensaient que Kap-Kutan était la plus grande grotte d'Asie centrale [11]. Aujourd'hui, cinq grandes grottes et une vingtaine de plus petites sont attribuées au système de Cap-Coutan. Les plus grands sont Kap-Kutan-Intermediate (55000/-310 m), Khashim-Oyik (8000 m) et Geophysical (4000 m) qui la considérait comme la plus longue grotte d'URSS (environ 10 km). Certains chercheurs pensaient que Kap-Kutan était la plus grande grotte d'Asie centrale [11]. Aujourd'hui, cinq grandes grottes et une vingtaine de plus petites sont attribuées au système de Cap-Coutan. Les plus grands sont Kap-Kutan-Intermediate (55000/-310 m), Khashim-Oyik (8000 m) et Geophysical (4000 m) qui la considérait comme la plus longue grotte d'URSS (environ 10 km). Certains chercheurs pensaient que Kap-Kutan était la plus grande grotte d'Asie centrale [11]. Aujourd'hui, cinq grandes grottes et une vingtaine de plus petites sont attribuées au système de Cap-Coutan. Les plus grands sont Kap-Kutan-Intermediate (55000/-310 m), Khashim-Oyik (8000 m) et Geophysical (4000 m).

La genèse du système Cap-Coutane est complexe et mal comprise. Au premier stade de karstisation (probablement au Crétacé supérieur), des labyrinthes phréatiques de la grotte se sont formés, qui ont ensuite été remplis de matériau argileux. De la fin du

Pliocène au milieu du Quaternaire, le territoire connaît des soulèvements et la grotte connaît un rajeunissement. Une minéralisation hydrothermale de calcite, de fluorite et de sulfure est associée à cette époque. Le nombre et la densité des veines de fluorine trouvées dans la grotte sont presque d'un ordre de grandeur plus élevé qu'à la surface du massif. L'étude des inclusions gaz-liquide a montré que la fluorite se déposait à une température de solution de 150–200°C. Les données sur la composition isotopique de l'oxygène dans la calcite hydrothermale [23] indiquent également que les solutions de formation de minéraux étaient d'origine profonde. La variété de la minéralogie actuellement observée est associée précisément à la cristallisation à partir de ces eaux ou au traitement ultérieur des gisements hydrothermaux. Une phase "sèche" a rapidement suivi, qui se poursuit à ce jour. Six principales associations minérales ont été identifiées à Cap Coutane : ordinaire (redépôt de matériel provenant des roches hôtes du substrat rocheux); transit (redépôt du mort-terrain); thermique (formé lors de l'intrusion de solutions hydrothermales à une température de 180 à 100 ° C, a survécu jusqu'à présent en raison de la sécheresse du microclimat de la grotte); postthermique (minéraux hydrothermaux partiellement transformés par des processus ultérieurs); « oher »¹ (matériau rouge et pelucheux recouvrant les parois et les voûtes de la grotte, produit de corrosion de l'alumine, qui est un milieu biologique actif) ; autres (minéraux d'origine technogénique et biogénique). La plupart de ces minéraux n'ont été décrits qu'à la fin du XXe siècle, puisque seules les plus grandes salles à formes de gouttes et d'agglomérés ont été étudiées auparavant. À ce jour, une riche minéralisation caverneuse avec des minéraux rares d'origine hydrothermale et biogénique a été découverte. L'étude des minéraux à Cap-Coutane n'est pas terminée : il existe une dizaine de silicates et carbonates inexplorés et non identifiés. Il est possible que 4 à 5 d'entre eux soient de nouveaux minéraux de grottes et que 2 à 3 deviennent de nouvelles espèces minérales. Il existe deux principaux types de minéralogie inhabituelle de Cap Coutane : « oher » et silicates de zinc + fluorine. "Oher" est une substance organominérale de composition et de structure variables. La couche externe de "oheri" (1–3 mm) est constituée de sable de gypse, qui forme une croûte sans structure. La deuxième couche (1–100 mm) est duveteuse et poreuse et se caractérise par des changements de couleur allant du rouge vif à l'extérieur au brun à l'intérieur. Cette couche est la zone d'activité vitale des bactéries oxydantes du soufre *Tiobacillus* (trois espèces différentes), accumulant Fe et Mn. La troisième couche est jaune ou jaune brunâtre (jusqu'à 200 mm). Il est beaucoup plus dense que les couches sus-jacentes. Des minéraux instables y apparaissent - du soufre naturel, plusieurs sulfures et des minéraux tels que la kaolinite, la chlorite et la jarosite. La quatrième couche est mince, du gris foncé au noir. Il n'a pas encore été suffisamment étudié, mais contient probablement des ségrégations de sulfures. La couche interne est constituée de calcaire très altéré avec des traces d'altération bactérienne active. La deuxième caractéristique de la minéralogie de Cap-Coutane est la présence de silicates de zinc et de fluorite. Lorsque la fluorine formée à un stade antérieur, hydrothermal, tombe dans la zone « oheri », il est corrodé par H₂SO₄ et génère du gaz HF. En conséquence, des effets géochimiques inhabituels apparaissent, des « poussières » de fluorite et des minéraux silicatés très rares se forment : soconite - Zn₃ [Si₄O₁₀] [OH]₂•nH₂O et fraypontite - (ZnAl)₃[SiAl]₂O₅[OH]₄.

Trente-six minéraux définis et plusieurs minéraux non identifiés sont connus de la grotte de Cap-Coutan. Ce sont des éléments natifs (soufre) ; sulfures (galène, métacinabarite, pyrite); oxydes (glace, quartz, goethite, hématite, oxydes de manganèse); les hydroxydes (gibbsite, fluorine) ; les carbonates (calcite, aragonite, ankérite, cerrusite, dolomie, hydromagnésite, huntite, sidérite) ; phosphates (non déterminés); les silicates (allophane, illite, chlorite, kaolinite, chrysotile, lizardite-chrysotile, fraypontite, montmorillonite, soconite) ; les sulfates (gypse, epsomite, ferroxahydrate, barytine, jarosite, thénardite) ; vanadates (thuyamuyun); formations organiques (momie). Ils forment presque toutes les formes connues de spéléothèmes (à l'exception de la glace de sublimation), et donnent également des spéléoformes uniques, dont les conditions de formation sont encore discutables¹. Ce sont des stalactites en ruban, des pseudostalactites en aragonite, des candélabres, stalagmites monocristallines de gypse, hélicites, éphémères ("neige" de gypse et d'epsomite), croûtes et rebords muraux, stalagmites creuses, crêtes ("nids d'abeilles"), "poussière" de fluorite, "sable" de calcite, "étoiles", miroirs de sulfure. La grotte de Cap-Coutane est unique par sa minéralisation. Malheureusement, en 1972-1981 plus de la moitié du marbre onyx de la grotte de Cap Coutane a été détruit pour la production de carreaux décoratifs. Maintenant, la grotte est sous la protection du parc national. De nouvelles parties en ont été explorées, non moins belles que celles détruites plus de la moitié du marbre onyx de la grotte de Cap Coutane a été détruit pour la production de carreaux décoratifs. Maintenant, la grotte est sous la protection du parc national. De nouvelles sections de celui-ci ont été explorées, non moins belles que celles détruites plus de la moitié du marbre onyx de la grotte de Cap Coutane a été détruit pour la production de carreaux décoratifs. Maintenant, la grotte est sous la protection du parc national. De nouvelles parties en ont été explorées, non moins belles que celles détruites.

-- Le terme "fuck" par A. A. Semikolynikh a été remplacé par un plus euphonique - KGO (formations d'argile de couleur rouge), voir l'article dans cette collection. - Note éd.



Aragonite. Cap Coutan. Kugitang, Turkménistan. Auteur de la photo : © Vladimir Maltsev. Titre de la photo : *"Presque en métal."*

Cap-Coutane. Une des merveilles du système Yo. L'eau s'égoutte d'en haut - et s'évapore immédiatement. Et ce n'est pas une stalagmite avec une forme déterminée par le courant qui tombe qui pousse, mais un buisson avec une forme déterminée par la physique de l'évaporation ... Il est plus fort aux extrémités - c'est ce qui y attire le film mince résiduel. Retour. Et le plus drôle, c'est que les cristaux d'aragonite sont vraiment recouverts du film translucide le plus fin de toutes sortes de sulfures de minéral avec un éclat métallique ... Source: http://vl-maltsev.narod.ru/gal_vodau/photogallery.html

Gypse



Gypse. Kap-Kutan, Kugitag-tau, Turkmenistan. Échantillons : Min. Musée du MGRI-RGGRU (Don : V.A. Maltsev, 2014). Photo : © A. A. Evseev. \\ NMK-118-Ma





1. Gypse (antholite). Pesch. Khashm-Oyik (=Khoshim-Oyuk), Kugitangtau, Turkménistan. Échantillon : FM (n° 66678, Stepanov V.I., 1964).
2. Gypse. Grotte de Kap-Kutan, Kugitang-tau, Turkménistan. Échantillon : Géologique-minéral. Musée MGOU (n° 4253). Photo 1-2 : © A.A. Evseev



Calcite et gypse des grottes. Système Cap Coutan, Turkménistan. Échantillons : Min. Musée du MGRI-RGGRU (Don : V.A. Maltsev, 2014). Photo : © A. A. Evseev.--Kug



Marbre onyx (diff. calcite). [Kugitang-tau], district du village de Gaurdak, Turkménistan ~10x8 cm Échantillon : mineur.

Musée de RGGRU. Photo : © A.A. Evseev.



Gypse dans la grotte de Kap-Kutan, Kugitang-tau, Turkmenistan. Photo : V. A. Maltsev.

УДК 549.6
 92 10В205. Фрепонтит — находка в Туркменистане
 Беркелиев Т. К., Паутов Л. А., Игнатенко К. И. // Минерал
 ж. — 1992. — 14, № 2. — С. 89—91. — Рус.; рез. англ.
 Впервые на территории бывшего СССР обнаружен
 фрепонтит. Минерал найден в пещере “Промежуточная”
 Кугитангского хр. (Туркменистан) в виде налетов и
 землистых масс на кристаллах флюорита в ассоциации с
 гипсом, ярозитом и кварцем. Флюоритовая минерализация
 является более ранней по отношению к карстовым
 образованиям и сопровождается повсеместной доломити-
 зацией известняков. Приведены оптические свойства
 порошковая рентгенограмма, результаты микронзондовых
 анализов и ИК-спектр, что позволяет однозначно
 идентифицировать минерал как фрепонтит. /Резюме/

Berkeliev T.K., Pautov L.A., Ignatenko K.I. Frepontite - une découverte au Turkmenistan (grotte Intermédiaire, crête Kugitangsky) - [pour la première fois sur le territoire du premier. URSS](#) (1992)

LOCALISATION DES MINÉRAUX

Cap Coutane, grottes

- V.A.Maltsev, CASself. Système de grottes de Cupp-Coutunn, Turkménistan, URSS. "Actes de la société spéléologique de l'Université de Bristol", 1992, vol.19, p.117-150.
- V. Maltsev, D. Belakowsky. Das Hohlsystem Kap-Kutan in der Bergen des Kugitang in Ost Turkmenien. Lapis Minerallien Magazin, Jr.17, Nr.2, 1992, p.13-18.
- V.A.Maltsev. Minéraux du système de grottes karstiques de Cap Coutane. Monde de Pierre, N2, 1993, p.5-30
- Moroshkin BB Grottes karstiques de la crête de Kugitangtau - Miner Zh.1983, volume 5. N ° 5 p. 104
- Morochkine V.V. Minéraux des grottes de Kugitang. Nature. M., 1984, n° 3. p. 46-50.
- Morochkine V.V. Formes gravitationnelles d'extraction minérale dans les grottes de la crête Kugitangtau-Miner. Zh.T. 1984, volume 6, n° 8, p. 120
- Morochkine V.V. Kapustin G.R. La grotte de Novaya est un phénomène karstique de la crête de Kugitangtau. Mineur. J. 1985, volume 7, n° 2, p. 104
- Moroshkin V.V., Kapustin G.R. Le système de la salle du trône est la perle de la grotte de Kap-Kutan (crête de Kugitangtau, Turkménistan)-Miner. J. 1986, volume 8, n° 1, p. 104
- Morochkine V.V. Kapustin G.R. Formes "excentriques" d'extraction minérale dans les grottes de la crête de Kugitangtau-Miner. Zh. 1987, volume 9, n° 5, p. 104

À propos des auteurs

[Vladimir Arkadieievich Maltsev](#) (1957.07.14 - 2014.02.15) - géologue, programmeur, spéléologue, photographe, "juste un homme aux intérêts et connaissances polyvalents" (comme il l'a écrit lui-même). \\ [V.A. Maltsev sur lui-même](#) \\ <http://vl-maltsev.narod.ru/> \\ <http://students.web.ru/maltsev/>

[Deux chapitres du livre de V.A. Maltsev "Grotte de rêve. Grotte du Destin.](#)



VIRGINIE. Maltsev à l'ouverture d'une [exposition personnelle de photos](#) au [Musée géologique V.V. Erchov](#) (MGGU). 26.04. 2007. Photo : A. Evseev

<http://www.oilgas.gov.tm/compositions/12>

Monde souterrain du Turkménistan

07 novembre 2015

Le fonds karstique du Grand Balkhan, la région de Kopetdag Gaurdag-Koytendag, est vaste et diversifié. En raison de différences dans la lithologie de la section méso-cénozoïque, les carbonates, gypse et karst sel sont développés ici. Mais la majeure partie des grottes s'est néanmoins formée dans des roches carbonatées - dans des calcaires du Jurassique-Crétacé, qui se sont formés dans la mer antique il y a 100 à 150 millions d'années.

Sur le Grand Balkhan, le karst est très peu développé et est principalement associé aux gisements de carbonate du Crétacé inférieur. Parmi ses nombreuses petites grottes, la plus célèbre est la grotte horizontale Tyuz-Mergen, d'environ 15 mètres de long, dans laquelle se trouvent des accumulations de guano (déjections d'oiseaux). Sur le versant nord du Bolchoï Balkhan, la grotte de Lama-Burun est intéressante. L'entrée de la grotte est difficile d'accès car elle est située au milieu d'une falaise abrupte pouvant atteindre 300 mètres de haut. La grotte est horizontale, se compose de deux salles. La première salle a une hauteur de voûte pouvant aller jusqu'à 30 mètres, une largeur de plusieurs dizaines de mètres. De là vient un trou étroit et fortement incliné vers la deuxième salle avec une hauteur des arches jusqu'à 20 mètres, une largeur de 35 à 40 mètres. La grotte est sèche. Sur ses murs, il y a des formations de marbre onyx. Lors du traitement de l'onyx, ce dernier acquiert une couleur claire jaune miel, le motif est grossièrement rayé, la nuance est soyeuse.

À Kopetdag, les principaux gisements de karst sont des calcaires du Jurassique supérieur avec des intercalations de gypse et d'anhydrites du Crétacé. À l'emplacement des grottes, leur relation avec l'action des solutions de sulfate dans la zone de faille profonde se manifeste. Une chaîne avancée qui s'étend sur des centaines de kilomètres. Cette région est caractérisée par une distribution sporadique de karst carbonaté. La plus grande cavité karstique de Kopetdag est la grotte de Baharden (Kov-Ata) avec un lac chaud d'hydrogène sulfuré. Il s'est formé le long de la ligne de contact en chute libre dans les calcaires dolomitiques du Jurassique supérieur. Son origine est l'infiltration-thermokarst. Cette grotte est connue bien au-delà des frontières du Turkménistan, elle doit sa renommée au lac souterrain. La longueur totale de la grotte avec le lac est de 230 mètres, la profondeur depuis l'entrée principale est de 65 mètres, la largeur est de 50 mètres, la hauteur est de 15 mètres et la hauteur maximale est de 26 mètres. La longueur du lac est de 72 mètres, une largeur de 30 mètres, une superficie de 10008 mètres carrés et une profondeur moyenne de 10 mètres. Une étude de la lithologie des couches constituant la grotte au-dessus du miroir d'eau a montré qu'il s'agissait d'anhydrites, de calcaires et de dolomies intercalées. Les anhydrites sous l'influence des eaux thermales à une température de 37 degrés se transforment en gypse, puis ils sont détruits et dissous. Sous l'influence de la vapeur d'eau, des blocs blancs de gypse tombent périodiquement du plafond de la grotte. Le sulfure d'hydrogène libéré par l'eau du lac agit également sur les roches carbonatées, en éliminant le dioxyde de carbone lors de la formation de gypse. La cavité karstique s'est considérablement élargie à cause des glissements de terrain.

Ainsi, dans la nuit du 8 au 9 février 1975, à 120 mètres de l'entrée de la grotte, un bloc de calcaire avec des intercalations de gypse s'est effondré. En conséquence, l'escalier intermédiaire et une partie de l'escalier sur une superficie de 50 mètres carrés ont été éclaboussés. Le poids du bloc était d'environ 130 tonnes!

La grotte a été formée par une faille, principalement à la suite d'une exposition à des facteurs actifs près des centres de décharge des eaux souterraines, de vieillissement chimique et physique. Selon les données de l'hydrogéologue M.R. Milkis, avec un débit moyen de la source de Kou de 50 l / s, une minéralisation de 2 g / l, la taille de la roche lessivée est de 3000 tonnes par an. Avec un volume de cavernes et de lacs de 105 000 mètres cubes (ou 260 000 tonnes), il aurait pu se former dans 100 à 150 ans. La teneur en sulfure d'hydrogène dans l'eau est de 10 mg / l.

La grotte abrite une importante colonie de chauves-souris, un nid de pigeons sauvages et diverses espèces d'insectes. La couche de guano dans la grotte atteint 1,5 mètre. La grotte vient à la surface avec trois trous. Le plus grand d'entre eux, 2,5 m x 5 m, sert d'entrée à la grotte, qui diminue progressivement au sud-est. Des traces de travertin sont visibles aux trous - traces de l'activité de sources hautement minéralisées. L'arc de la grotte n'est pas encore plat, avec de nombreux blocs de calcaire en surplomb. L'eau du lac est chaude en hiver et en été, toujours transparente avec une teinte verdâtre. La grotte est humide et chaude, elle sent le sulfure d'hydrogène.

La grotte Baharden est connue comme le lieu d'hivernage de l'une des plus grandes colonies de chauves-souris au monde. Ces chauves-souris pendent avec des guirlandes à l'envers, accrochées au plafond.

Des spéléologues amateurs du Turkménistan, utilisant un équipement de plongée, ont examiné le fond du lac. À son extrémité est, près d'un mur de terre, une fente a été découverte, s'étendant sur plusieurs dizaines de mètres de profondeur. L'étude de cette continuation est associée à de grandes difficultés techniques et à de nombreux risques. Lors d'un examen sous-marin de la crevasse, un film a été tourné, qui est disponible dans les archives des spéléologues de la ville d'Achgabat.

Récemment, le niveau de l'eau dans la grotte a augmenté de près de 1,5 mètre, le rocher près de la rive du lac s'est transformé en récif souterrain.

Outre la grotte Baharden à Kopetdag, la plus célèbre est la grotte Dev-Govok (grotte de la Vierge). Il est situé sur le mont Dushak à 2400 mètres d'altitude. La grotte est horizontale, sur deux étages, d'une longueur maximale de 100 mètres. Il y a une source permanente d'eau douce, son débit est de 30 l / jour. Le dôme est en forme de dôme. Dans la partie inférieure, il y a des formes frittées de calcite en forme de coquille. Les incrustations d'aragonite blanches comme neige forment des croûtes squameuses et squameuses épaisses (jusqu'à 10-15 cm). Certaines masses en forme de rein, les stalactites ont une structure concentrique-zonale. Au centre, il s'agit généralement de cristaux de pentagone translucides d'une taille allant jusqu'à 8 cm de calcite enfumée. Autour de ces

anneaux, se succèdent des anneaux d'aragonite blanche à grain fin et d'onyx au miel. Aucune des grottes karstiques du Turkménistan ne possède de telles formations originales. La grotte est activement visitée par les touristes non organisés.

La grotte Sunchinsky se trouve sur le versant sud du mont Tarnov (à 12 km au sud-ouest de Baharden). Elle s'appelle aussi Kirk - gyz - 40 filles. La grotte mesure plus de 10 mètres de long et sa profondeur diminue. La galerie étroite, au fond de laquelle coule un ruisseau, continue encore plus loin. La hauteur de la grotte près de l'entrée de la grotte est de 2 à 3 mètres. La grotte est située dans une masse rocheuse composée de travertins - des masses affaissées de calcaire gris poreux d'une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres. Dans la grotte Sunchinskaya, sur la voûte et sur les murs, se trouvent des zones couvertes de croûtes résineuses noir-brunâtre de la momie. La cavité est un crépuscule humide, une température constante - une sorte de microclimat, qui contribue à la formation de grappes de momies en forme de reins, parfois en grappes. Le sol de la grotte est argileux et contient une litière momifiée d'animaux qui y vivent: rongeurs, argali, bétail. Dans ce cas, la momie s'est formée lors du processus de redistribution des matières organiques, suivi de l'accumulation d'éléments traces non directement liés aux roches environnantes. La grotte est horizontale, une salle est divisée en plusieurs secteurs. Il y a une source d'eau douce.

Dans le Kopetdag occidental, les roches du Crétacé supérieur sont principalement distribuées - siltites, grès. Les processus de formation du karst se sont manifestés ici dans une moindre mesure. Il y a des petites grottes et des grottes. Donc, dans la vallée de la rivière. Sumbar, dans la région de Duzly-Depe, il y a une grotte, qui servait autrefois de refuge à l'homme. Il y a une petite grotte près de la ville de Serdar sur le chemin du village de Kara-Kala.

Dans le Kopetdag central sur le mont Hinduvar, il y a la grotte Bagirskaya, dédiée à la faille. La longueur de la grotte est d'environ 100 mètres.

De faibles processus karstiques se sont également produits à East Kopetdag, dans les calcaires et le gypse du Crétacé inférieur. Plusieurs grottes et petites grottes sont situées sur l'arc de l'anticlinal Devyanakiinsky. La grotte, semblable à une grotte, a une longueur de plus de 20 mètres et une hauteur maximale de 1,5 mètre du côté ouest de la gorge de la rivière Dushak.

La région la plus active de la karstogenèse est le district de Gaurdak-Kugitang. C'est un coin unique de l'Asie centrale. Il existe plusieurs sites naturels qui ont une valeur scientifique supérieure à leur propre espèce et qui devraient être placés sous une protection spéciale. Les grottes karstiques du dôme de Gaurdag et le versant ouest de la crête Kugitangtau sont de la plus grande valeur.

Au cours du forage de puits de prospection et d'exploration dans la fosse à soufre de Gaurdag, des défaillances d'outils de forage dans les calcaires du Jurassique supérieur contenant des gisements de soufre et alternant avec des strates d'anhydrite ont été signalées à plusieurs reprises. Le fait que la région soit karstique était connu depuis longtemps, mais ils ne connaissaient pas les grottes. En 1976, lors des opérations de morts-terrains, une grande cavité karstique a été découverte. Un examen de celui-ci a conduit à la découverte de la grotte de Gaurdak. C'est un système complexe de labyrinthes, de galeries rectilignes et en

forme de genou atteignant 3 km de long. La grotte est à plusieurs niveaux. L'horizon supérieur est situé à une profondeur de 50 à 120 mètres de la surface. La longueur des déplacements rectilignes individuels atteint 250 mètres, la largeur des galeries peut aller jusqu'à 4 mètres et la hauteur est comprise entre 1 et 12 mètres. Le fond est plat, les galeries passent dans des fentes étroites. Des cavités karstiques se sont formées le long d'un réseau dense de fissures. À certains endroits, le fond est recouvert d'une couche d'argile visqueuse. Dans les murs il y a des galeries en forme de niche, des empreintes, des corniches, des corniches. À l'intersection des fissures, les blocages sont formés de blocs de calcaire. Il y a cinq grandes salles dans la grotte. Ils ont à peu près la même taille, à l'exception d'un seul. La largeur des quatre premiers halls est de 10-15 mètres, la longueur de 20-40 mètres et la hauteur de 3-12 mètres. La cinquième salle est la plus grande: longueur - 125 mètres, largeur - 65 mètres, hauteur - 35 mètres. Les stalactites en plâtre et en calcite se confondent souvent avec les stalagmites et forment des colonnes - des stalagmates. Autour - drusen de cristaux de gypse, ancêtres en forme de bourgeons, pelures, grappes de raisins, gros cristaux de gypse transparent rose en forme de queue d'aronde, gélites - ramifications de formations tubulaires creuses en aragonite et gypse, anodites - fleurs pierreuses, anémolites - anémolites - en cour cristaux de gypse. Toutes ces formations de stries ont une gamme de couleurs unique. Une couleur rose rougeâtre avec un revêtement noir fumée prédomine, créant l'illusion d'un éclat métallique à l'extérieur des cristaux. De nombreuses stalactites et stalagmites à l'intérieur sont constituées d'onyx jaune au miel. Onyx en marbre a un très beau motif décoratif, sur les rochers donne un éclat nacré-soyeux. Dans l'une des salles, il y a une véritable "jungle" de colonnes de plâtre, qui ne sont pas si faciles à traverser. La «pluie» de glaçons, fines stalactites, suspendues au toit, elles sonnent à l'impact, elles produisent de longs sons mélodieux de tonalités différentes. Dans le silence silencieux des cachots, ces sons se fondent dans une sonnerie polyphonique, un véritable orgue musical underground! Dans la grotte, il y a des fosses et des petits étangs avec de l'eau saumâtre.

Le karst est particulièrement contrasté sur le versant ouest de la crête de Kugitangtau, près du village de Karlyuk, où toute la région est en cratère et en creux. Les pentes mêmes de la crête sont découpées par de nombreux gorges et canyons. La hauteur des falaises abruptes atteint 200-300 mètres. Et que fait l'eau dans les massifs calcaires? Un ensemble de formations karstiques diverses! Une large manifestation de karst est également observée au pied de la crête dans les formations meubles du Quaternaire, qui se rencontrent dans des roches contenant du gypse.

La formation de karst se produit à des profondeurs de 150 à 600 mètres, où se trouve une ancienne incision d'érosion, recouverte de sédiments quaternaires. Dans la région du village de Karlyuk, le minerai karst était principalement développé. L'épaisseur des vides de karst dans les gisements de soufre est comprise entre 0,3 et 7 mètres. La couverture sédimentaire quaternaire atteint 400 mètres.

Sur la vallée, sur les pentes de la crête de Kugitangtau, environ 60 grottes sont répertoriées. Certains d'entre eux font plusieurs kilomètres de long. Toutes ces grottes sont appelées grottes Karluk, car leurs routes proviennent du village le plus proche, Karluk. Ils se sont principalement formés à la frontière de calcaires coralliens massifs carrelés et sous-jacents. Leur position est contrôlée par des zones

distinctes de perturbations tectoniques discontinues et des zones de développement de la fracturation.

Les formes de surface du karst sont représentées par des ponctions, des ponors, des cheminées, des immersions, des puits. La présence généralisée de phénomènes karstiques dans cette région a été déterminée par des conditions lithologiques et physico-géographiques favorables. Les plus grands entonnoirs atteignant 160 mètres de diamètre sont situés à 4 à 8 kilomètres au nord-est du village de Karlyuk. Leur profondeur peut atteindre 17 mètres. Les parois des cratères sont raides, souvent raides, le fond est rempli de blocs et de fragments des roches hôtes (gypse, conglomérats). La profondeur d'un autre groupe d'entonnoirs atteint 60 à 75 mètres avec une largeur de creux allant jusqu'à 100 mètres. Près du village de Karlyuk, sur une surface relativement plate au pied sud du massif karstique, se trouvent deux mines en faille remplies d'eau. La forme des creux est presque ronde, les murs sont fins. Ils se sont formés dans l'épaisseur des sédiments fluviaux et des couches de gypse. Ils se sont formés dans l'épaisseur des sédiments fluviaux et des couches de gypse. Le diamètre du trou des trous d'environ 20 mètres, une profondeur de 35 mètres. Les murs sont raides. Dans leurs niches et leurs corniches, les colombes et les hirondelles font leur nid. La couleur de l'eau est vert bleuâtre, la température est de 22 degrés. Les poissons vivent dans l'eau. À l'est du village de Karlyuk, se trouve une autre mine avec une grotte et un lac souterrain. La taille du trou est de 8x0 mètres, avec des fissures concentriques et des blocs de pierres concassées le long de son bord. Les murs sont purs, inégaux et atteignent une profondeur de 40 mètres. Au fond - sous la forme d'une galerie ronde - un trou d'homme orienté vers l'ouest sur une profondeur d'environ 30 mètres. Après la descente principale, vous devez grimper dans une galerie étroite et escarpée (les "skins", comme l'appellent les cavers pour le plaisir). Ensuite, un hall spacieux s'ouvre avec une hauteur des arches de 15 mètres et une largeur de 30 mètres avec un lac souterrain de 15x20 mètres. Les rives et le lac lui-même semblaient geler. À la lumière des phares électriques, les cristaux sur les murs en anhydrite brillent de mille feux scintillants! Le sentiment primordial ne peut qu'inquiéter celui qui tombe dans ce monde souterrain de contes de fées. À certains endroits des arches de la salle, les couches d'anhydrite s'exfolient et s'accrochent dangereusement, ce qui peut provoquer leur effondrement. L'eau du lac est bleu transparent, saumâtre. La profondeur du lac atteint 3-5 mètres. Il y a des crevasses au fond.

Parmi les nombreuses cavités karstiques de Koytendag, la plus grande est la grotte Hoshm-Oyyk, longue de trois kilomètres, située à 8 ou 9 kilomètres au nord-est du village de Karlyuk. L'entrée de la grotte se situe au fond d'un entonnoir de rupture de 7 mètres de profondeur, à la limite du gypse et du calcaire nadrif. Immédiatement après l'entrée, une descente raide à l'est débute dans une large galerie inclinée, dont le fond est recouvert d'une épaisse couche de poussière et d'argile. Après plusieurs dizaines de mètres, une large galerie s'ouvre sur une grande salle au sol en terre battue lisse. En outre, la cavité se ramifie en de nombreuses petites galeries et passages. La hauteur des arches atteint 15x20 mètres et on se retrouve dans une "forêt" en pierre. De stalagmites en plâtre jusqu'à 5 mètres de haut. De nombreuses stalactites ont des branches géantes (jusqu'à plusieurs dizaines de mètres) en forme de "patte d'oie". Ces courbures de stalactites sont appelées anémolites. Elles sont causées par le mouvement de l'air dans la grotte: des cristaux

se forment dans la direction d'où le vent souffle. Dans cette partie des stalactites, l'eau s'évapore plus rapidement et les sels qui y sont dissous restent en place, ce qui augmente les fuites lors de la fuite des solutions. Dans certaines pièces, le gypse blanc comme neige forme des piles informe - des «icebergs», et parfois des formes rares ressemblant à des animaux - des dinosaures, des éléphants. Et dans l'une des salles, il y a une formation naturelle de gypse: devant les yeux, dans l'obscurité du cachot, se trouve une grande croix, apparemment sinistre, haute de trois mètres. Une vue exceptionnellement belle!

La prochaine grotte est Cap-Ktan. Il est situé à 2,5 kilomètres de la grotte Hoshm-Oyyk. Son entrée se situe au début de l'embouchure d'une petite gorge remplie de dépôts de gravier le long de laquelle la route se rapproche de la montagne. Ici, dans le calcaire, une approche de plus de 200 mètres a été coupée. Et à la sortie de la galerie, une grande cavité karstique s'ouvre. Une partie de celle-ci se dirige vers la droite après quelques dizaines de mètres dans une impasse. L'autre part à gauche sur plus de deux kilomètres. Dans la branche droite de la cavité, des carraes sont observées près du mur oriental. L'eau s'accumule à l'intérieur, il y a des formations d'onix qui fuient sous la forme de croûtes épaisses et de "rideaux" de pierre. Dans la direction nord-est, la grotte descend à travers les décombres au fond d'argile, le long d'un vaste couloir avec des arches de 15 à 25 mètres et de plusieurs centaines de mètres de long. De là, il y a des branches plus petites - des labyrinthes. Dans l'un des halls latéraux de grandes tailles (plusieurs mètres) - la formation de sève d'origine (stalagmite en forme de "méduse"), qui est une colline lisse atteignant jusqu'à 3 mètres de hauteur d'aragonite et de gypse. De nombreuses gouttières frétilantes se sont formées tout autour, des stalactites le long desquelles s'écoulent des solutions minéralisées. Au bout du couloir principal, son lit se lève à nouveau. Une colline particulière avec des blocs de pierres devient humide. Il y a des sources ici. L'eau remplit les cavités, les creux et les ruisseaux. La forme des stalagmites, contrairement à la grotte Hoshm-Oyyk, est complètement différente. Les stalagmites sont basses, atteignant un mètre de haut, la base est large, vague, il y a une touche d'onix brun foncé avec un motif décoratif rare.

La grotte intermédiaire est située à 2 km de la grotte de Kap Kotan. Il tire son nom de son emplacement entre les grottes de Hoshm-Oyyk et Kap-Kotan. L'entrée est située à bâbord d'une grande gorge. La grotte est une galerie en forme de galerie de portée sub-latitudinale d'une largeur de 2 à 8 mètres. La galerie s'ouvre sur une petite salle qui, par une autre galerie, se connecte à la deuxième salle plus vaste (150 x 300 mètres), mais d'une petite hauteur - 1 à 7 mètres. Il y a de l'eau dans la grotte. L'onix de marbre de cette grotte peut toujours être distingué par la structure concentrique-zonale à bandes tachetées des agrégats frittés. Onix brun foncé sur un fond blanc d'aragonite.

La grotte Tash-Yurak (cœur de pierre) est située à 1,5 km au nord de la grotte Kap-Kotan. L'entrée de celui-ci sur le côté droit de la gorge sous la forme d'une grotte, créant l'impression d'une impasse. Mais sous le mur, à une distance d'environ 30 mètres, se trouve un trou étroit d'une largeur et d'une hauteur inférieures à un mètre, jusqu'à 60 mètres de long, qui se poursuit au sud-est. L'entrée de la salle mesure jusqu'à 15 mètres de large et 20 mètres de long avec un plafond jusqu'à 4-5 mètres, ornée de nombreuses stalactites. Ensuite, la salle se divise en plusieurs passages et, à travers

une galerie d'environ 60 mètres de long, nous nous retrouvons dans une nouvelle salle avec une plus grande variété de formations de fuites. Certaines stalactites, par leur forme et leur taille, ressemblent au cœur humain. Au fond de la salle se trouve un blocage d'où se prolonge la grotte sous la forme d'une galerie étroite. La longueur des mouvements de la grotte peut aller jusqu'à un kilomètre. Au printemps, des gouttes intenses sont observées dans la grotte.

Une variété spéciale de formations karstiques souterraines se trouve dans la grotte de Stone Flower récemment ouverte, qui surpasse la beauté de la grotte de Gaurdag dans sa décoration intérieure. Il est situé à tribord d'une grande tribune dans le nord-est de la grotte Hoshm-Oyyk. Son entrée est un trou étroit qui, après quelques mètres, s'ouvre sur un vaste hall incliné avec des piles d'immenses blocs de calcaire. Ici, le même chaos de pierre ressemble à ce que nous avons vu dans la grotte Hoshm-Oyyk. La grotte a deux étages. Nous passons à un autre niveau par un trou étroit situé à droite du hall. Il y a plusieurs petites salles dans la grotte et aucune d'entre elles ne ressemble à l'autre. Les couloirs sont reliés par des passages étroits - des regards situés à différents niveaux. La galerie a des sources et des traces de la rivière souterraine disparue. Son lit était rempli d'argile et de limon ocre gris. Les ruisseaux ont érigé des terrasses d'argile et des barrages. La hauteur des arches individuelles dans les halls atteint 50 mètres. En raison de l'augmentation de l'humidité et du microclimat, le fond de certains halls est recouvert de «bosquets» de fleurs de pierre blanche comme neige provenant du gypse - des anodites, des clairières, densément parsemées de druses des plus fins cristaux radiaux radiaux allongés jusqu'à 60 cm en forme d'aiguilles poussant sur des «coussins» tissés à partir de fibres de gypse gris brunâtre. Des niches séparées sont créées par des formations complexes entremêlées d'arbres - des gélectites. Une des salles est originale avec la présence de drusen radieux de gypse blanc comme neige, atteignant une taille impressionnante. Ce sont des fleurs de pierre - les «chrysanthèmes» mesurent jusqu'à 0,6 mètre de diamètre et forment un véritable feu d'artifice blanc comme neige sur un fond sombre de plafonds et de murs. En raison de l'augmentation de l'humidité et du microclimat, le fond de certains halls est recouvert de «bosquets» de fleurs de pierre blanche comme neige provenant du gypse - des anodites, des clairières, densément parsemées de druses des plus fins cristaux radiaux radiaux allongés jusqu'à 60 cm en forme d'aiguilles poussant sur des «coussins» tissés à partir de fibres de gypse gris brunâtre. Des niches séparées sont créées par des formations complexes entremêlées d'arbres - des gélectites. Une des salles est originale avec la présence de drusen radieux de gypse blanc comme neige, atteignant une taille impressionnante. Ce sont des fleurs de pierre - les «chrysanthèmes» ont un diamètre

allant jusqu'à 0,6 mètre et forment un véritable feu d'artifice blanc comme neige sur un fond sombre de plafonds et de murs cristaux allongés radiaux jusqu'à 60 cm sous la forme d'aiguilles poussant sur des "coussins" tissés à partir de fibres de gypse de couleur gris brunâtre. Des niches séparées sont créées par des formations complexes entremêlées d'arbres - des gélectites. Une des salles est originale avec la présence de drusen radieux de gypse blanc comme neige, atteignant une taille impressionnante. Ce sont des fleurs de pierre - les «chrysanthèmes» mesurent jusqu'à 0,6 mètre de diamètre et forment un véritable feu d'artifice blanc comme neige sur un fond sombre de plafonds et de murs. 6 mètres et forment un véritable feu d'artifice blanc comme neige sur un fond sombre de plafonds et de murs. 6 mètres et forment un véritable feu d'artifice blanc comme neige sur un fond sombre de plafonds et de murs.

Dans l'une des petites allées aveugles de la galerie, vous trouverez des grappes de fluorite violette en forme de nid. Un fond radioactif accru a été enregistré dans la grotte. Par un passage étroit, vous pouvez entrer dans une autre pièce - dans le "royaume" des cristaux de gypse blanc comme neige. Tout cela brille avec des "hummocks" - des stalagmites informes en gypse blanc laiteux d'une hauteur de 4 à 5 mètres. Cavers a appelé cette cavité la salle de la victoire. Dans les autres salles, un grand nombre de stalagmites est constitué d'onyx au miel. Il construisit ici des "cascades" en pierre, gelées à jamais ici, comme par magie, par divers "rideaux" d'une hauteur de plus de 10 mètres. Il existe des formations en bandes sous la forme de "méduses" et de colonnes "gothiques" à plusieurs niveaux.

À quelques kilomètres de la grotte décrite, dans l'une des grandes gorges, l'entrée de la grotte, qui n'a pas la même configuration que celle décrite ci-dessus, est à peine perceptible. La crique est petite, elle nous conduit dans les profondeurs de la montagne le long d'un couloir en forme de galeries presque horizontale, dont le fond est entièrement constitué d'une couche de poussière et de petites pierres. Après quelques dizaines de mètres dans la grotte, l'obscurité est déjà complète. Allume les lumières, mais ... qu'est-ce que c'est? Un vide béant de 100 mètres est juste sous vos pieds! Vous pouvez le contourner avec beaucoup de soin et d'assurance sur le mur même de la grotte. Mais après quelques mètres - la même chose, deux autres puits jumelés attendent ceux qui entrent ici. Beaucoup de gens et d'animaux ont été victimes de cette grotte. En raison de la présence de momies, on l'appelait "la grotte des morts" ou "Kunstkamera". Les puits ont des parois rocheuses inégales, des crevasses, des rebords, à cet égard, la descente vers eux est très difficile. Un tel voyage dans les profondeurs n'est accessible qu'aux spéléologues très expérimentés, bien entraînés et techniquement équipés. Combien de victimes de la chute y sont enterrées reste un mystère. Pour cela, il est nécessaire de procéder à des fouilles archéologiques spéciales. La hauteur des arches de la grotte est de 15 mètres, la longueur est de plusieurs centaines de mètres. La grotte

n'est pas entièrement comprise. Il a une masse de petites tiques qui causent de fortes démangeaisons accompagnées de morsures. Peut-être que parmi les décombres il y a une continuation ou une autre issue. La grotte n'est pas entièrement comprise. Il a une masse de petites tiques qui causent de fortes démangeaisons accompagnées de morsures. Peut-être que parmi les décombres il y a une continuation ou une autre issue. La grotte n'est pas entièrement comprise. Il a une masse de petites tiques qui causent de fortes démangeaisons accompagnées de

morsures. Peut-être que parmi les décombres il y a une continuation ou une autre issue.

Tel est le merveilleux monde souterrain caché dans les entrailles de la terre turkmène et qui n'a pas encore été pleinement exploré. Des donjons mystérieux et secrets vous attendent!

Karluk Caves - le plus grand réseau de grottes du Turkménistan

Le 27 décembre 2015



[Société de tourisme](#)

Photos connexes:



Parmi les nombreuses grottes découvertes au Turkménistan, Karluk est le plus vaste réseau de grottes. Il y a environ six douzaines! Certains sont interconnectés. Les labyrinthes des grottes de Karluk sont longs et d'une beauté saisissante. Par exemple, la grotte Hashimoyyk, longue de 5300 m, est située à l'ouest de la crête Kugitang-Tau.

Le village Karluk est un lien entre toutes les grottes. Sentiers de randonnée à proximité. La distance entre le village et la plupart des grottes les plus célèbres est petite: de 6 à 10 km. De là, vous pouvez vous rendre à la grotte verticale, à la grotte aux fleurs de pierre, à Hashimeyuk, à Kop-Kotan ... Toutes les grottes font partie des montagnes de Kugitang - l'immense chaîne de Gissar. Calcaires, gypse, grès et conglomérats - de

nombreuses roches composent cette gamme. À l'intérieur des grottes de Karluk se trouvent d'importants gisements de marbre onyx. C'est lui qui rend les intérieurs des grottes si colorés. Le plâtre et la calcite ont également participé à la formation de dépôts.

Hashimeyuk - une source d'onyx. Il aurait extrait de l'onyx pour la tombe de Tamerlan. En raison du nombre considérable de "spéléos noirs", la grotte a commencé à être protégée et de nombreuses salles magnifiques ont été préservées. La hauteur des halls peut atteindre 8 mètres. Largeur - jusqu'à 50 mètres.

Kop-Kotan Caves est un système hydraulique avec des lacs d'eau. Chaque salle de stalactite de cette grotte porte des noms étonnants: «Salle de bain», «Salle des méduses», etc. La profondeur de cette grotte est de 56 mètres.

Les plus beaux chercheurs appellent la grotte "géophysique".

Les grottes de Karluk sont placées sous protection et entrées dans le cadastre des objets naturels et géologiques de l'UNESCO.

Désolé, mais j'ai été paresseux pour préparer ma propre traduction, et celle-ci est d'une qualité épouvantable, pleine d'erreurs, même si elle ne suit pas la terminologie habituelle... Mais elle a été imprimée, je la fournis donc "telle quelle".

Encore une fois désolé, mais les illustrations ont été scannées terriblement, donc je ne les fournis pas ici, mais la plupart d'entre elles, scannées à partir de diapositives de bien meilleure qualité, sont disponibles sur ce site dans les "galeries de photos".

[Passer à la version russe](#)

Vladimir A. Maltsev

MINÉRAUX DE LA CUPP-COUTUNN, SYSTÈME DE CAVERNE DE KARST, SUD-EST DU TURKMÉNISTAN.

INTRODUCTION

Le réseau de grottes karstiques Cupp-Coutunn, situé sur le versant ouest de la limite sud de la crête de Kugitangtau, est le plus grand système karstique calcaire du territoire de l'ex-URSS. Le système mérite sa place parmi les dix des grottes les plus intéressantes du monde, tant par la variété et la singularité de sa minéralogie que par la valeur esthétique de ses formations. Les formations géologiques du système Cup Coutunn sont incluses dans le projet de nouvelles publications de la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO dans la section des objets d'importance non classifiée.

Aujourd'hui, l'extension totale du réseau de grottes dépasse 80 km et la longueur de sa plus grande grotte (la grotte CuppCoutunn II) est de 56 km. Les grottes ont connu un sort difficile pendant les périodes d'exploitation industrielle de l'onix en marbre (stéatite à rayures) arrêtées par le public en 1981. De plus, le système a subi des périodes d'invasion par les collectionneurs et les touristes "barbares", ainsi que des combats entre les autorités locales puissantes pour le contrôle des grottes. Néanmoins, les spéléologues menant des recherches sur le système de grottes ont réussi à garder les zones les plus intéressantes saines et sauves.

La minéralogie des grottes karstiques est en principe un domaine de connaissances très intéressant et spécifique. Les caractéristiques de ce champ sont déterminées par quelques facteurs principaux, tels que:

1. le rôle de la modélisation théorique. Ce rôle prévaut sur le rôle de l'analyse, dans lequel l'utilisation de méthodes non destructives de diagnostic sur le terrain est une priorité. Il est tout à fait naturel que ces grottes atypiquement minéralisées soient extrêmement rares et leur destruction complète pourrait avoir lieu littéralement après seulement quelques visites sauvages;
2. l'absence de soutien de l'Etat. L'absence de lutte pour l'obtention de fonds publics et de diplômes scientifiques entre chercheurs crée des interrelations très spécifiques, simples et agréables.
3. activité commune concernant la recherche sur les grottes parmi des minéralogistes et des spéléologues de divers intérêts, qui sont des personnes largement éduquées, possédant une bonne dose de romantisme (autrement, ils n'auraient pas pu choisir un tel hobby) et donnant des idées extrêmement intéressantes et parfois fructueuses "en marge";

4. l'absence de pressé. Les résultats de la recherche ne sont publiés que lorsque l'auteur le souhaite vraiment et de la manière dont il le souhaite (parfois même sous la forme d'idées nues). La technique de rédaction de l'article est plutôt curieuse. La majorité des chercheurs de différentes villes et pays ne se rencontrent que dans les grottes elles-mêmes, ayant apporté tout le matériel nécessaire. Par conséquent, si le processus d'écriture d'un article donné a mûri et en particulier si l'article a plus d'un auteur, le train de Samarcande à Moscou est un lieu standard de la réalisation de la publication. Ce record est un sondage de 65 pages rédigé en anglais par C.Self et moi-même pendant deux jours et demi pour le compte rendu de la Bristol University Speleological Society.

Malheureusement, l'idylle décrite ci-dessus a récemment été légèrement perturbée par des amateurs organisant des "expéditions scientifiques internationales" dans le système de grottes de Cupp-Coutunn sur une base commerciale. Les amateurs de ces types d'expédition ne disposent même pas de matériel topographique, sans parler d'autres éléments nécessaires. Naturellement, de telles expéditions n'ont aucun sens, mais le bruit est si grand, même si on met de côté les dégâts directs causés aux grottes. Par exemple, il a été recommandé à cinquante participants de "l'expédition" russo-kirghize-anglais en 1990 d'utiliser des lampes au carbure dans les grottes, qui sont des modifications particulièrement sensibles du régime thermique et lorsqu'aucune lumière électrique n'est acceptable. Les enquêtes amateurs ont eu un autre effet intéressant. À l'époque de stagnation en URSS, il était si difficile de publier un grand article scientifique qui ne concernait pas la "thématique" officielle de son institut, au point que les gens étaient souvent trop paresseux pour s'engager dans le processus. En conséquence, seuls de brefs articles sur le système de grottes Cup Coutunn ont été publiés en russe et les principaux articles de l'enquête ont été imprimés à l'étranger. En conséquence, cet article est le premier grand article sur ces grottes à paraître dans une publication russe. J'ai choisi ce périodique en particulier en raison de son caractère, qui permet de promouvoir un équilibre quelque peu différent entre les hypothèses prouvées et les hypothèses de travail (qui sont abondantes en raison des particularités du domaine décrites ci-dessus) par rapport à l'équilibre présenté dans une publication purement scientifique. Naturellement, le contenu de cet article est légèrement subjectif et peut même être discuté à quelques endroits. Il est spécialement noté partout dans le texte où sont discutées les formations géologiques et minéralogiques. J'adhère aux conceptions des scientifiques de mon

entourage, à qui j'ai l'autorisation de publier des idées qui ont été formulées conjointement dans la majorité des cas. De telles remarques sont absentes dans les parties du texte où sont discutées des catégories philosophiques et politiques, bien que les conceptions discutables et même apocryphes soient présentes. Par exemple, généralement dans le monde spéléologique, toute discussion sur le prélèvement d'échantillons dans des grottes est taboue; par conséquent, je ne présente que mon propre point de vue, soutenu également par mes plus proches collègues.

GEOLOGIE DU MASSIF

La géologie de la crête de Kugitangtau est plutôt simple. La crête est une ligne d'horst-mégantic unique, qui n'est presque pas compliquée par la tectonique sus-jacente, étant coupée par une cuesta sur le versant est. La pente ouest est un plateau plat avec une hauteur de 300 à 3000 m. Le plateau est blindé par des calcaires de la série Kugitangtau (Jurassique supérieur, Callovien - Oxfordien) jusqu'à 500 m d'épaisseur, dans lesquels se trouvent les grottes interrogées. Les restes de dépôts de gypse-anhydrite de la série Kaurmeridgean-Titonian Gaurduck, dans lesquels le karst est développé, se trouvent d'un endroit à l'autre. Mais les grottes ne sont pas intéressantes là-bas. Un lit de flysch épais, qui ne semble pas imperméable, sous-tend les calcaires. Sous la cuesta, le flysch est envahi par un batholite de granit et un massif volcanique qui, selon toute apparence, se sont même introduits dans une partie érodée du calcaire et laissé des galets d'agate dans les vallées du canyon qui découpent la crête moderne. Le plateau est découpé par quelques centaines de canyons atteignant 300 à 400 m de profondeur et 30 km de long. Certains canyons révèlent les étages supérieurs des grottes, mais en général, les grottes sont situées complètement en dessous du niveau du canyon et s'étendent librement en dessous. Les formes karstiques de surface, telles que les éviars, les dolines, etc., sont totalement absentes. Les calcaires sont très intéressants car ils sont représentés par des variétés très massives, légèrement marbrées et fortement silicifiées. Le processus karstique normal ne pourrait pas se développer, raison pour laquelle les grottes peuvent progresser de plusieurs mètres sous le fond du canyon sans être interceptées, même par de petites dolines. Il existe des intercalaires avec des concrétions sidéritiques, des inclusions séparées de soufre et de nombreuses veines de calcite et de fluorite à basse température. Il existe également des veines de sulfure de Pb-Zn, qui étaient en partie exploitées auparavant. Des veines simples avec de la célestite sont également présentes.

La tectonique de la crête est également simple. Le rôle substantiel appartient à un système de poussées ascendantes, presque parallèles à l'axe de la crête, qui forment des blocs d'horst. Chaque poussée ascendante d'une hauteur de 40 à 300 m est bien tracée dans les traits de relief et transecte obliquement un plateau, le divisant en blocs supérieur et inférieur bien définis. Les autres fractures ont une hauteur de pas plus de quelques mètres.

HYDROGEOLOGIE ET KARST

Le karst profond de la crête de Kugitangtau s'est formé en trois étapes. La première étape a été développée dans une plaine au Crétacé supérieur. Les cavités formées, selon toute apparence, représentaient un grand labyrinthe de joint

phréatique entre deux fleuves ou du fleuve à la mer, semblable aux grottes labyrinthiques de Podolia (Ukraine). Les cavités ont été complètement et assez rapidement colmatées par des sédiments argileux qui y étaient restés après le soulèvement de la crête du Paléogène.

L'activation de la deuxième étape karstique a eu lieu au Quaternaire moyen, alors qu'il existait un climat plutôt humide. L'hydrogéologie de ceci était très intéressante. Dans la zone inférieure de la crête, les eaux de pluie étaient collectées dans des lits de ruisseaux souterrains et disparaissaient rapidement, n'ayant presque pas le temps de s'infiltrer dans le massif en raison du faible potentiel karstique du calcaire. Ainsi, les canyons ont été formés. Dans la zone supérieure, qui avait un climat plus humide et une couverture neigeuse pendant la moitié de l'année, la filtration à travers les joints était par conséquent plus active, bien que le processus karstique puissant ne se soit pas produit. L'eau filtrée, descendant le long de la pente, atteignait la poussée ascendante la plus proche et était déplacée sur sa surface, pénétrant à certaines profondeurs pour atteindre les anciennes cavités colmatées, où le processus karstique pourrait être activement développé dans les sédiments. De cette manière, les conditions ont été créées pour permettre la reconfiguration répétée d'anciennes cavités grâce aux eaux de tête situées près des ascendances dans leurs ailes inférieures. Chaque poussée ascendante commande en même temps un système de grottes modernes, et les grottes de Cupp-Coutunn sont l'un de ces systèmes. À l'heure actuelle, seuls cinq pour cent de ce système ont été explorés et seuls de petits fragments des systèmes restants (environ une dizaine) ont été mal analysés. À ce stade, caractérisé également par l'activation des processus tectoniques dans la région, il y a eu dans certaines grottes des périodes d'invasions de solutions thermiques, qui ont laissé des traces minéralogiques très intéressantes. Les eaux des poussées ascendantes non absorbées par les grottes étaient évacuées par les sources situées au pied de la crête, et les eaux absorbées étaient évacuées par de grands collecteurs phréatiques situés sous la vallée, dans les dépôts de gypse de la série de Gaurduck. Cette eau a traversé ces collecteurs et filtré en direction de la rivière Amu Darya, apparaissant comme des sources à dix kilomètres du pied de la montagne.

La troisième étape de la formation karstique, qui se poursuit encore de nos jours, reproduit l'hydrogéologie de l'étape précédente, mais elle diffère par une quantité d'eau beaucoup plus faible, ce qui n'est pas suffisant pour le processus karstique normal. Le développement des grottes, y compris la formation de leur nouvelle étendue, se poursuit dans les couches supérieures sèches, en utilisant des éléments de la circulation interne de l'eau et des facteurs chimiques, ainsi que biochimiques, tels que le cycle bactérien du soufre, le cycle du fluor secondaire soutenu par l'ancien cycle du soufre et ainsi de suite qui sera discuté ci-dessous.

Les collectionneurs de sous-plaines sont particulièrement intéressants. La formation de soufre dans le gypse est due à l'activité des bactéries. Par conséquent, l'eau qui s'éloigne du point d'alimentation est enrichie en sulfure d'hydrogène. Certaines de ces sources, par exemple Kainar-Bobo, qui s'échappent du système Cupp-Coutunn à 9 km de son exutoire sous la plaine, sont intensément enrichies en sulfure d'hydrogène. Une conséquence très intéressante en résulte. La coutume locale consistant à héberger des carpes dans toutes les sources d'eau potable pourrait détruire l'aquafauna troglodytique, mais le collecteur était divisé en

sections par des barrières d'hydrogène sulfuré qui préservent sa part. Par exemple, j'y ai découvert en 1981 le seul poisson aveugle de la faune de l'ex-URSS - la loche aveugle de Kugitangtau.

Naturellement, tous les détails du processus karstique ne sont pas connus. Par exemple, les niveaux inférieurs du système, où se trouvent tous les canaux actifs, sont à nouveau presque complètement collés aux sédiments argileux, qui ne peuvent pas être éloignés à cause de la rareté de l'eau au troisième stade. Seules des hypothèses très mal fondées sur la taille et la structure de ces niveaux existent. Il y a d'autres points de vue sur le karst de Kugitangtau.

Les grottes ressemblent aux grottes de Lechuguilla et de Carlsbad, au Nouveau-Mexique, aux États-Unis. Elles présentent une morphologie inhabituelle, des processus très intensifs impliquant du soufre et une minéralogie unique. La participation des bassins gaziers voisins qui se sont partiellement déversés dans les cavités karstiques s'est avérée être un facteur de la genèse des grottes du Nouveau-Mexique et a en partie déterminé la morphologie et la quantité de soufre. La géologie de Kugitangtau est similaire, révélant des capteurs de gaz, dont une partie est vide à présent. Il est possible que des processus similaires aient été actifs dans ces cas, mais les preuves directes font défaut.

HISTOIRE DE L'ENQUÊTE

Les grottes du système Cupp-Coutunn sont très paradoxales non seulement dans leur aspect minéralogique, mais aussi dans leur structure. Ces facteurs ont conduit à des problèmes importants au cours de leur enquête, qui était criblée d'apparences régulières de situations paradoxales et parfois humoristiques. Par exemple, le système de grottes, totalement inconnu il y a 25 ans et célébré seulement au cours de la dernière décennie, était déjà très connu il y a deux mille ans (voir "Bibliotheca Historica" de Diodorus, Siculus, dans laquelle l'auteur cite savamment Khashm -Oyik - la plus grande partie du système de la Coupe Coutunn, bien qu'il n'ait pas mentionné les noms des grottes de la crête de Kugitangtau).

L'histoire moderne de la recherche sur ces grottes a commencé lorsque le géologue d'Ashkhabad, Yalcapov, a élaboré les premiers plans de Khashm-Oyeeek (3 km) et de Cupp-Coutunn II (5 km) au milieu des années 50, découvrant également de nouvelles grottes. Malheureusement, il a publié un article qui suggérait les caves comme un dépôt de marbre onyx. C'était le début d'un projet minier sans précédent qui a entraîné la destruction de ce monument naturel unique. Apparemment, Yalcapov a compris ce fait et il a rapidement quitté l'histoire des grottes. Il est de coutume de penser qu'il avait dissimulé les entrées dans les grottes qu'il n'avait pas montrées aux dirigeants de l'entreprise "Soyuzquartzsamotsvet" après le début du projet minier. Je suis d'accord avec ce point de vue, basé sur certaines découvertes. Jusqu'en 1981, les grottes du système étaient à peine étudiées. Par exemple, les spéléologues de Samarkand ont découvert de nouvelles grottes et prolongent Cupp-Coutunn II; une très grande suite a également été retrouvée au cours des travaux miniers dans la petite grotte de Promesutochnaya. Je suis également apparu pour la première fois dans la région au cours de cette période, assumant le rôle inconvenant d'un employé de l'entreprise "Soyuzquartzsamotsvet". Cependant, j'espère que mes

nouvelles activités de protection des grottes pendant plusieurs années auront pour effet d'expier en partie ma culpabilité.

En 1980, j'ai lancé une campagne pour mettre fin à l'exploitation du système de grottes et promouvoir sa protection. Cette campagne a été soutenue par des spéléologues, des instituts scientifiques, des médias (notamment des journaux tels que "Sovetskaya Kultura", "Izvestiya", "Komsomolskaya Pravda" et la télévision), des académiciens (Yanshin), des pouvoirs locaux, une expédition régionale de prospection géologique, et de nombreuses autres personnes et organisations. Il est étonnant que, dans l'URSS de Brejnev, tout cela ait réussi. Les "protectionnistes" ont fait du piquetage dans les grottes et même des coups de feu semi-militaires ont eu lieu lorsque le gardien du dépôt minier contenant des explosifs a reçu pour consigne de sortir du canyon sur le plateau, de construire une redoute et, le cas échéant, que l'un des spéléologues apparaisse. La campagne avait pris un peu plus d'un an lorsque la direction générale a finalement décidé que ces deux mille tonnes ennuyeuses d'onyx, (selon le montant calculé), coûtaient nettement moins que l'offre financière pour les nombreuses commissions, organisées après des publications dans les médias. Des tentatives de réutilisation ont ensuite eu lieu, mais elles ont été plus faciles à arrêter: bien que dans un cas, Koutouzov, le spéléologue local, et son ami aient été obligés de se barricader dans la grotte Geophyzicheskaya et de résister à un siège d'un mois et demi. Il était plus difficile de dissuader les géologues d'Asie centrale de considérer les cavernes de la crête de Kugitangtau comme une source de beaux souvenirs, mais cette tâche était nettement plus facile que prévu. Ainsi, seules des récidives rares se produisent maintenant. À l'honneur des géologues, ce processus s'est déroulé sans aucune mesure administrative.

L'étude normale des grottes a commencé lorsque l'exploitation a été arrêtée. Au cours des dix dernières années, la Coupe Coutunn II a été reliée à la grotte Promesutochnaya, d'une longueur de 56 km. De nouvelles grottes ont été découvertes, notamment la grotte Geophyzicheskaya, une des plus belles grottes connues également sous le nom de Zimnyaya, Gyl-Shirin et d'autres noms. J'utilise le premier nom officiellement déclaré. À l'heure actuelle, c'est la seule grotte où il n'y a pas de zones détruites et il n'est pas nécessaire de parcourir de longues heures à travers les passages étroits pour atteindre les endroits les plus intéressants. C'est un grand crédit pour les spéléologues et pour l'expédition régionale de prospection géologique. Dès que les idées de conservation de la grotte sont devenues populaires, la suspicion commune de ces deux forces a créé un véritable miracle. Le rôle principal dans les enquêtes appartient aux groupes de spéléologues moscovites et plus particulièrement au groupe que je dirigeais moi-même, au groupe de Bartenev, au club scolaire de Balashikha (région de Moscou) et à quelques autres. Les groupes de Krasnoyarsk ont également effectué d'importantes découvertes.

La recherche minéralogique du système de grottes a été favorisée par un autre scénario guidé de nouveau par le principe que les grottes sont trop intéressantes dans leur minéralogie pour être facilement étudiées. Laissez-moi expliquer ceci. Les formations secondaires révèlent deux aspects d'intérêt minéralogique. Le premier aspect est une variété et une rareté de minéraux et de processus de formation de minéraux. Le deuxième aspect est une variété

et un manque d'agrégats d'agrégats et de processus de formation d'agrégats. Traditionnellement, dans la minéralogie des grottes russes, on a considéré que l'existence de grottes intéressantes dans le premier aspect est tout simplement impossible. La priorité de la recherche a été automatiquement réorientée vers le deuxième aspect de l'intérêt.

Les grottes du système Cupp-Coutunn sont très intéressantes dans les deux sens; de plus, dans les endroits où se trouvent les agrégats les plus inhabituels, il n'y a presque pas de minéraux rares et vice versa. Ainsi, les parties des grottes qui présentent un intérêt dans le premier aspect n'avaient pratiquement pas fait l'objet de recherche avant 1986, même lorsqu'une enquête spéciale avait eu lieu. Par exemple, Victor Stepanov, minéralogiste russe de premier plan dans la caverne, a doublé deux fois à Cup Coutunn. La deuxième fois, c'était avec moi en 1981. L'attention principale de nos activités a été concentrée sur la grotte Promesutochnaya, où, comme il a été appelé par la suite, les objets les plus intéressants étaient situés près de l'entrée. Traces magnifiquement préparées de l'activité thermique représentée par de la fluorite, de gigantesques cristaux de calcite, des sulfures, etc. Restée longtemps inaperçue. Ils essayaient sans relâche (dans leur tentative) d'atteindre les halls avec de beaux agrégats de gypse et de calcite le plus rapidement possible. Pour commencer une recherche ciblée des traces de l'activité thermique, puis des processus de formation de minéraux non standard, un spéléologue de type plus sportif, qui n'était pas intéressé par les charmes de la nature, était nécessaire. Orevkov a endossé ce rôle en 1985 en s'intéressant aux raisons pour lesquelles le gravier sur le sol de l'un des passages avait une couleur violette. En outre, toute une cascade de découvertes ont été découvertes, qui ont presque complètement changé les idées préconçues sur la minéralogie de Cup Coutunn.

L'ETAT ACTUEL DE LA PROTECTION DE LA GROTTE

Actuellement, les grottes du système Cup Coutunn sont suffisamment connues pour faire l'objet de violents conflits entre organisations locales du droit de contrôle, de la protection et du tourisme. Périodiquement, la matière atteint le point de résistance ouverte, et le contrôle physique des grottes change de mains deux ou trois fois par an. Toutes ces organisations à leur époque ont déployé des efforts pour sauver les grottes; et, par conséquent, il est doublement regrettable qu'un certain nombre de problèmes prioritaires ne soient pas résolus en raison de cette opposition.

Un problème majeur est la restauration immédiate de la gestion de la circulation de l'air dans le système. Quatre entrées artificielles dans le système, percées lors de l'exploitation minière, ont changé et contraint la circulation de l'air à un degré tel que les grottes sèchent à une vitesse catastrophique, mais les portes à treillis en acier à armature montées n'en épargnent naturellement pas les grottes. La zone de destruction, causée par le changement de microclimat, dépasse considérablement celle provoquée par l'exploitation minière. La zone de dommages s'étend rapidement et peut détruire jusqu'à 30% du système après cinq ou dix ans. Toutes les propositions des huit dernières années sur le scellement hermétique des couloirs, qui avaient été faites par les spéléologues à toutes les parties, s'éteignent bien que seule une livraison de ciment soit requise, et que

tous les travaux seraient effectués de manière irréversible base volontaire.

Le deuxième problème concerne le tourisme "involontairement sauvage" qui tire profit de la popularité des grottes. Ce type de tourisme a été généralisé récemment en raison de la confrontation susmentionnée entourant les grottes. Chaque partie au conflit a besoin de publicité et de soutien moral. C'est pourquoi, si quelqu'un se présente et souhaite organiser une "expédition internationale" sur une base commerciale, toute partie à laquelle il adhère prête immédiatement tout le soutien possible, même sans tentative de clarification de la situation réelle. Il importe peu qu'une partie profite ouvertement de tels événements ou aide sans aucune compensation, en prétendant croire aux objectifs annoncés, ou même se soit égarée par inadvertance pour ce compte. Cela ne change rien. Nous ne connaissons pas de cas où ces expéditions à grande échelle ont apporté autre chose qu'un préjudice pour les grottes et de l'argent pour l'organisateur. Cela est particulièrement déplorable lorsque de célèbres spéléologues sont entraînés dans de tels arrangements et y participent, intentionnellement ou non. Ces critiques ne se réfèrent pas à la participation généralisée des spéléologues du monde aux expéditions de recherche normales qui n'ont aucune base commerciale. La situation est paradoxale en ce que l'idée d'organiser un complexe touristique commercial ne suscite aucune objection de la part des défenseurs de la protection des grottes, bien que dans le monde entier, les spéléologues résistent activement contre des projets similaires dans des grottes vraiment uniques. En réalité, avec la législation, la psychologie de masse et l'économie de la région que nous avons, l'établissement d'un complexe touristique est le seul moyen de préserver les grottes. Des excursions peuvent être organisées dans les régions les plus proches et les moins vulnérables, sans endommager les grottes. Dans le même temps, cet arrangement a mis fin à la possibilité d'une assistance incontrôlable dans les régions profondes.

De plus, l'organisation de telles routes est le seul moyen d'attirer suffisamment de capital pour une reconstruction partielle de la partie endommagée des grottes. Un tel projet de restauration consisterait à éliminer les traces les plus évidentes de l'exploitation minière, à éliminer les graffitis de spéléothèmes, etc.

L'apparence d'un complexe touristique présente un autre aspect important. Le projet d'un complexe touristique à orientation géologique (les grottes ne sont qu'une partie du projet) n'est pas uniquement commercial, il sert également à maintenir l'intelligentsia dans la région. Le travail de nombreux scientifiques est lié aux entreprises géologiques et minéralogiques, et ces spécialistes perdent rapidement des emplois aujourd'hui. Si ce projet ne fonctionne pas, la menace d'un système alternatif de renouvellement de l'exploitation minière d'onix et de souvenirs de cavernes peut se matérialiser. Par conséquent, il est très important d'obtenir un point de non-retour dans la réalisation du projet touristique.

Minéraux

À l'heure actuelle, le système Cupp-Coutunn ne cède qu'aux caves Tuya Muyun (Ouzbékistan) et SCS (Bulgarie) sous la forme d'une variété de minéraux connus. La liste citée ici inclut trois types de minéraux: des minéraux éprouvés, des

minéraux connus par des rapports uniques (indiqués par un point d'interrogation) et des minéraux non déterminés (indiqués par des astérisques numérotés). Nous voudrions nous excuser pour le terme "argiles résiduelles", que nous utilisons ici pour désigner les couvertures duveteuses de couleurs vives sur les murs et les plafonds dans les zones de corrosion intensive avant de découvrir qu'il ne s'agissait pas uniquement de produits de corrosion liés à la corrosion du calcaire, mais une substance minérale-bactérie organisée de manière assez complexe et très active. Nous ne sommes donc pas en mesure de proposer un terme suffisamment long et bref.

Éléments natifs. Seul le soufre sous forme de fragments de roche de poudre fine a été trouvé. La source est inconnue. La genèse biogénique est supposée, bien que les bactéries soufrées n'aient pas été découvertes dans les échantillons bactériologiques.

Les sulfates. Le gypse est suffisamment répandu dans les spéléothèmes modernes. Il a deux origines. Le premier est l'entrée des eaux de pluie provenant des roches résiduelles des gisements de Gaurduck (les plus grands, mais les massifs locaux); La deuxième origine est le cycle biogénique du soufre, qui sera examiné ci-dessous. Récemment, il a été découvert que, dans de nombreux cas (dans les zones sèches), les formations (en particulier les fleurs) considérées comme du gypse sont en réalité composées d'epsomite en agrégats typiques du gypse. Il est intéressant de noter que la présence d'epsomite était présumée sur la base de la composition chimique de l'eau et recherchée pendant deux ans, mais elle a été découverte dans un tout autre endroit. La célestite est présente dans de nombreuses générations, le plus souvent avec le gypse, et forme des rosettes isolées très spécifiques de cristaux pouvant atteindre 2 cm. Il y a quelques rapports d'occurrence de monocristaux de baryte (?), Mais les résultats de l'analyse sont absents. Peut-être * 1, trouvé lors du premier passage sur un sol de calcite dans une étroitesse près du Vodopadnyi Hall sous la forme de sphérulites vert vif de 2 mm, est relié à des sulfates. A Moscou, l'échantillon de * 1 s'est complètement dissous lors d'une tentative de lavage. Il n'a pas été possible de répéter l'échantillonnage car le sol, dans cette étroitesse, était rempli d'argile juste après la première expédition. La composition de l'eau dans les piscines les plus proches indiquait qu'il s'agissait probablement de sulfate de nickel.

Les carbonates. La calcite est largement répandue à la fois dans les spéléothèmes modernes et dans les vestiges de dépôts hydrothermaux (où la température atteint 150 et 200 degrés centigrades selon des rapports isolés). Dans les formations de spéléothèmes, la calcite est associée à la calcite ferrocalcite, manganocalcite, dolomite et à haute teneur en magnésium, à partir de laquelle elle ne peut pas être distinguée visuellement. La calcite peut être reconnue par des méthodes de coloration. Seule la calcite à haute teneur en magnésium contient des agrégats spécifiques et la dolomie se présente également sous la forme d'une poudre mince dans des argiles résiduelles altérées. L'aragonite est un minéral spéléothème principal dans certaines parties des grottes. Parfois, sa croissance au lieu de la calcite est contrôlée par le magnésium, dans d'autres cas par le plomb. Cette dernière cause la présence d'inclusions de céruosite dans les agrégats d'aragonite. L'absence absolue de célestite, uniformément répartie dans tout le système, dans les zones à minéralisation développée en aragonite et l'absence presque totale de strontium dans l'aragonite elle-même permet de supposer la

présence de strontianite, visuellement similaire à l'aragonite. La sidérite se présente sous la forme d'incrustations modernes et minces sur les anciens cristaux de calcite hydrothermale dans les zones peu corrodées de la grotte. Il y a deux minéraux qui n'ont pas été diagnostiqués et qui appartiendraient également à des carbonates. Des monocristaux de * 2 sont présents sur les hélectites de calcite. La forme du cristal est conforme à celle de l'aragonite, mais le lustre et les teintes beaucoup plus intensives après un test de coloration correspondent à la dolomite. Un spécimen n'a pas été prélevé, en raison de la beauté particulière et de la protection particulière des zones où ce minéral est présent. Lors du nettoyage des pistes (le seul moyen de prélever un échantillon dans ces régions), il n'a pas été découvert. * 3 est également conforme à l'aragonite sous sa forme cristalline, mais il n'a pas été étudié comme échantillon pour les mêmes raisons. Elle forme des agrégats très spécifiques non connus pour l'aragonite (dendrites coralliennes à la texture en nid d'abeille héritée de la seconde minérale, maintenant dissoute, à croissance parallèle); il a toujours une couleur jaune vif et se limite aux zones de distribution de la sauconite nickelée.

Hydromagnésite. Dans tous les cas, l'hydromagnésite fleurit aux extrémités des cristaux d'aragonite et des hélectites.

Oxydes et hydroxydes. Une étude détaillée n'a pas été réalisée. Les oxydes et hydroxydes de fer se retrouvent souvent dans les argiles résiduelles des murs et des plafonds dans les zones fortement corrodées. Les oxydes de manganèse recouvrent à certains endroits des spéléothèmes et des cristaux de calcite et de gypse et forment également des dendrites à l'intérieur des spéléothèmes de calcite. Le quartz est présent dans les argiles résiduelles dans les zones de corrosion du calcaire altéré par voie hydrothermique (cristaux jusqu'à 0,2 mm) ainsi que de la fluorite de la phase thermique (cristaux jusqu'à 2 mm).

Sulfures. Halena se présente sous la forme d'inclusions fines (jusqu'à 0,05 mm) dans la calcite hydrothermale. Dans les mêmes endroits, on trouve du métacinnabar avec de la fluorite hydrothermale (cristaux jusqu'à 1 mm) et également sous forme de poudre sur des buissons d'aragonite avec des oxydes de manganèse. Certains cas d'occurrence de pyrite (?) Sous forme de poudres sur des cristaux de gypse n'ont pas été confirmés par l'analyse. La sphalérite n'est pas présente, bien que le zinc soit largement répandu à certains endroits de la grotte.

Nitrates. Les fleurs de salpêtre sont connues dans les zones proches de l'entrée de la grotte, mais elles n'ont pratiquement pas fait l'objet de recherches. Des mélanges d'autres minéraux facilement solubles apparaissent dans les efflorescences avec le salpêtre, bien que leurs sources soient différentes. Le salpêtre est formé à partir de guano, mais les conditions préalables au dépôt de sels solubles transportés à partir de reliques de gypse salifère se trouvent dans la même région. Dans un cas, nous avons observé l'epsomite, dans un autre, l'halite. Halides. La fluorite se présente sous forme de grandes quantités de débris de roches minérales veinées et de cristaux mal colorés (jusqu'à 5 cm) de la phase thermique (température de formation de 80 à 100 degrés centigrades), ainsi que de cristaux modernes de couleur violet foncé (jusqu'à 1 mm) sur des spéléothèmes de calcite et de gypse.

Les silicates. La montmorillonite se trouve non seulement en conjonction avec d'autres minéraux argileux, mais également sous forme d'agrégats monominéraux sous forme de globules

séparés amorphes atteignant 1 cm de diamètre situés le long des fissures sur les croûtes de calcite et comblant les cavités de dissolution de l'intérieur des touffes de gypse. La sauconite et la fraipontite sont généralement colorées en vert par du nickel et se présentent sous la même forme dans la partie occidentale de la grotte de Promesutochnaya. Certaines données sur la présence d'autres aluminosilicates zincifères dans cette région sont disponibles. Les minéraux de nickel fournissant la coloration verte n'ont pas encore été étudiés et les causes de leur attrait pour les aluminosilicates contenant du zinc sont assez obscures. La substance * 4 ayant une composition proche des silicates et des caractéristiques absolument paradoxales a été trouvée dans la salle Vodopadnyi. La substance remplit de grosses masses de gypse dissoutes de l'intérieur et présente une texture feutrée extrêmement poreuse. Il a été découvert uniquement parce que ses fragments s'étaient déversés et sont tombés dans une mare lors de notre passage et y flottaient encore après une semaine. Nous n'avons pas eu le temps de terminer notre étude, mais les données primaires ont montré qu'il s'agissait d'un mélange de deux minéraux - des silicates de fer et de magnésium. Cependant, la plage de température possible dans les grottes contredit la présence de ces dernières. Peut-être que la substance est un produit du traitement à l'acide sulfurique de la montmorillonite, qui se produit souvent sous une couche de plâtre avec la présence d'ions de fer et de magnésium en solution.

Autres minéraux. Il y a quelques rapports sur des découvertes de tuyamunite (?) Dans la grotte Geophyzicheskaya, qui sont probablement vraisemblables, car des anomalies pouvant atteindre 300 microrentgen par heure sont connues pour cette grotte. Il est peu probable que la tuyamunite soit d'origine cavernicole, ce sont plutôt des fragments rocheux de veines.

Minéraux découverts, mais absolument pas étudiés. Bien qu'il s'agisse d'une des divisions les plus intéressantes, les informations disponibles sont si ambiguës qu'il n'y a rien à décrire dans la plupart des cas. Je vais donner deux exemples inattendus de minéraux absolument nouveaux pour Cupp-Coutunn. Mineral * 5, qui se trouve dans la galerie OSKHI sous forme d'une seule rosette de cristaux (le plus grand mesure environ 3 cm), est totalement impénétrable pour l'échantillonnage sans détruire le vaste buisson d'hélicite. Les cristaux présentent un lustre très intense, sont bien tranchants et absolument atypiques pour les grottes, ce qui suscite un grand intérêt. Selon les derniers rapports de Korshunov, des fragments de gypse d'un ancien lustre du sous-sol de la salle Baobab contiendraient des inclusions uniques de * 6, cristaux transparents vert clair et brillants (environ 0,1 mm).

Produits de la formation de minéraux technogènes. J'ai découvert il y a deux ans que dans certaines zones de la grotte, des objets en métal (échelles, lattes de repère topographiques et autres) laissés auparavant avaient subi une influence très intéressante de l'atmosphère. La quasi-totalité de l'aluminium dans les lattes de référence avait disparu et des groupes de sphérulites vitreuses, solides dans un cas et d'un gel semi-liquide, pendaient à sa place. Récemment, l'expédition de Korshunov (comprenant des étudiants de l'Université d'État de Moscou) a apporté des échantillons et effectué des recherches intensives.

PRINCIPAUX AGREGATS MINERAUX

Pour la description des agrégats minéraux, j'utilise la classification de Stepanov partiellement publiée, modifiée par notre équipe. La classification internationale généralement acceptée, qui vient complètement des travaux classiques de C.Hill et P.Forti, "Cave Minerals of the World", tout comme la classification populaire de Maksimovich avec ses nombreuses variantes, comportent un certain nombre d'erreurs graves liées au systématisme de leur construction et, par conséquent, ils ne peuvent pas être appliqués avec succès à Cupp-Coutunn.

La classification de Maksimovich est "trop spéléologique". Il décrit un groupe de classes de stalactites presque similaires à tous égards, à l'exception de la forme, qui n'est influencé que par le taux d'entrée d'eau. Dans le même temps, il désigne un groupe d'"excentriques", comprenant tous les hélicites, les corallites, les cristallites et de nombreux autres types d'agrégats, chacun comprenant plus de formes que le groupe de stalactites. Une telle classification définit correctement les types de grottes standard (Crimée, Oural, Caucase) mais est tout à fait inappropriée pour la description de grottes où le mode principal d'approvisionnement en solution diffère du courant libre et où la calcite n'est pas le seul minéral. La classification internationale, au contraire, est "excessivement minéralogique", avec le chimisme comme principe principal. Les agrégats, qui diffèrent des encroûtements gravitationnels, sont trop étroitement liés aux minéraux, ce qui n'est pas vrai en général. Ainsi, les antholites (terme de Maleev) sont directement associés au gypse au niveau terminologique (d'où, "fleur de gypse"), mais il existe en même temps des antholites epsomites ou glacés, qui se distinguent visuellement de ceux du gypse. Cette classification décrit de manière satisfaisante les grottes standard ainsi que les grottes "à minerai karstique", mais elle n'est pas assez universelle pour s'appliquer au système de Cupp-Coutunn. La classification de Stepanov diffère principalement des deux mentionnées.

Premièrement, il est basé sur le mode d'approvisionnement en solution active et la combinaison des forces physiques et chimiques en jeu. Deuxièmement, cela ne fonctionne qu'avec des notions de groupe (croûtes, ensembles) qui ne descendent presque jamais au niveau des agrégats concrets. Cela permet d'utiliser cette classification pour la description des niveaux supérieurs d'organisation, en réservant la terminologie déjà définie pour les niveaux inférieurs, et même de définir des structures (ensembles) régionales et locales, ce qui est une opportunité rare en minéralogie. Troisièmement, il est compact. Cette classification est presque entièrement citée ci-dessous, ce qui en convainc une de son universalité.

Les termes d'agrégats spécifiques ne sont pas normalisés dans la classification de Stepanov. Les termes de ce niveau, utilisés ci-dessous, ont été sélectionnés par ordre décroissant de priorité: - termes appliqués dans les publications de Stepanov et de ses abonnés. Les termes définissent principalement des agrégats de croûtes de corallite et d'antholite; - les premiers termes utilisés en Russie dans des articles consacrés à la genèse d'un agrégat rapporté; - termes de classification de Maksimovich (agrégats de croûte gravitationnelle); - termes de la classification de Hill et Forti; - termes utilisés dans des articles étrangers consacrés à la genèse d'un agrégat rapporté; - termes utilisés dans les articles consacrés à la morphologie d'un agrégat rapporté.

Les stalactites, les stalagmites, les draperies et les spéléothèmes les plus typiques des grottes, guidés par la circulation de l'eau en couches épaisses et par gouttes gravitantes, appartiennent à une classe de **croûtes gravitationnelles**. Ils ont également une structure similaire, représentant des croûtes sphérulitiques d'épaisseur irrégulière, affichant dans certains cas le contour des cristaux en saillie. Il existe une certaine différence dans la morphologie des croûtes de carbonates et de non-carbonates, car les carbonates ont une forme de bicarbonate en solution et se cristallisent lorsque la solution perd du dioxyde de carbone, mais, par exemple, les sulfates se cristallisent au cours du processus d'évaporation.

Des croûtes subaquatiques communes se forment également dans l'eau et se différencient par leur morphologie par rapport aux croûtes mentionnées ci-dessus, en raison de leur épaisseur constante due à l'absence de fluctuations dans l'alimentation en solution. On trouve plus souvent des têtes de cristal tranchantes et elles se transforment parfois en druses et même en dendrites avec des ramifications cristallographiquement valables. En particulier, les croûtes sous-marines incluent tous les agrégats de la genèse hydrothermale, qui ne peuvent tout simplement pas être différents selon la définition du processus hydrothermal. C'est cette thèse, qui a été au cœur de la création de sa classification par Stepanov, qui a enfin permis de systématiser les publications assez chaotiques sur les grottes de Khaidarkan (Kirghizstan, Alai Ridge), connues pour présenter un mélange de spéléothèmes thermiques et froids. Une idée triviale mais brillante - que des croûtes d'épaisseur variable ne peuvent pas être thermiques simplement parce que, dans les intestins de la Terre, à l'exception des canaux de fumerolles, les eaux gravitationnelles ne soient pas nécessairement thermiques - est un exemple rare de logique irréprochable en géologie.

Un certain nombre de formes de transition existent entre ces deux classes, telles que les gours (barrages de travertin le long des ruisseaux), qui se sont formées à l'origine du fait de l'intensification du dégazage sur les goulottes et se développant alors d'un côté sous forme de croûte subaquatique et de l'autre en tant que croûtes gravitationnelles. .

Outre les croûtes, plusieurs agrégats sont influencés par des conditions physiques spécifiques et se forment dans une situation subaquatique. Les couches superficielles (calcite flottante, par exemple) restent à la surface de l'eau en raison de la tension superficielle et s'immergent lorsqu'une masse de cristaux par unité carrée et l'éloignement du rivage dépassent leurs valeurs critiques pour la composition donnée de l'eau. Les gouttes du plafond de la grotte font plonger les films en certains points, formant des "cônes" au fond, qui sont largement connus dans les grottes américaines ainsi que dans Cupp-Coutunn. Les perles de caverne ou pisolites sont le produit secondaire de l'effet de choc des gouttes. Auparavant, on supposait que, dans un cours d'eau coulant, des grains de sable, qui se couvrent de calcite, ne collaient pas au fond. En fait, ce n'est pas tout à fait le cas. Il ne se forme que du travertin, mais pas de la calcite cristalline, dont la turbulence ne permet pas de fixer une pisolite de l'ordre du centimètre. En outre, des rapports de publications témoignent de la présence de pisolites uniquement dans les lacs peu profonds avec de l'eau gouttant dans les cours d'eau mais pas dans les cours d'eau. Si l'on considère l'effet d'une goutte sur le volume d'eau dans un lac, il devient évident

(bien qu'il soit difficile de prouver de manière rigide) que seule l'onde acoustique possède les qualités nécessaires pour transporter l'énergie cinétique vers la pisolite.

Croûtes de corallite. Les agrégats de cette classe diffèrent fondamentalement des formations décrites ci-dessus et apparaissent lorsque le mouvement de films minces dans la solution d'alimentation est davantage influencé par les forces capillaires que par les forces de gravitation. Ce sont des dendrites, constituées de cristaux (cristallinites) ou de sphérulites (corallites) et ayant une morphologie extrêmement distincte de celle des dendrites subaquatiques. La première différence est que les branches ne s'intègrent jamais, formant exactement des buissons à plusieurs niveaux; deuxièmement, il y a une absence de régularité cristallographique dans la ramification des cristallinites. Le fait que la croissance de la corallite et de la cristallinite soit contrôlée exclusivement par la physique de l'évaporation, qui est toujours plus active sur les surfaces présentant un petit rayon de courbure (sur les extrémités, les arêtes et les faces), est à l'origine de ces différences. La différence dans les conditions de formation des corallites proprement dites et des cristallinites est simplement le rythme de leur croissance. Lorsque le taux est faible, les cristallinites grandissent. Lorsque le taux est élevé, les cristaux commencent à se fendre et des corallites se forment. Diverses formes intermédiaires apparaissent également, telles que des dendrites constituées de cristaux incurvés. On trouve souvent diverses formes de transition allant des croûtes gravitationnelles aux corallites, telles que les arbustes en forme de stalagmite, qui ne reçoivent pas assez de solution du fait des gouttes d'eau pour permettre la croissance de stalagmites normales, mais suffisantes pour la formation d'une tache mince croissance des corallites juste en dessous de ce point de gouttes.

Il existe un groupe de cas particuliers importants pour les croûtes de corallite. Des types d'agrégats absolument différents apparaissent si plus d'un minéral est formé dans une croûte. Ainsi, grâce à une proportion exactement déterminée de magnésium en solution et à un processus d'évaporation suffisamment intense, la croissance simultanée de la calcite et de l'aragonite se produit. Conformément au modèle présenté ci-dessus, la croissance de l'aragonite se produit sur les bords mêmes sous forme de minces cristaux aciculaires. A une faible distance du bord, il y a une quantité insuffisante de magnésium et la croissance de la croûte de calcite environnante se développe. Cette croûte, en raison de la vitesse d'extension du film le long du cristal, a la morphologie d'une croûte gravitationnelle et empêche la ramification. Il en résulte la formation de pseudohelictites, qui ressemblent peu aux dendrites et qui ont l'apparence de "crayons" parfois ramifiés et différemment orientés avec un mince cristal d'aragonite au centre.

Le deuxième cas particulier apparaît lorsque la croûte est constituée d'un minéral non carboné. Dans le cas des carbonates, l'évaporation proprement dite ne se produit en réalité que sur les bords et un dégazage progressif se produit sur toute la surface. Cela limite le nombre de points de ramification et force la croissance en surface. Dans le cas du non-carbonate, seul le processus d'évaporation fonctionne et le nombre de points de ramification n'est pas limité, ce qui spécifie une microstructure de dendrite hiérarchique composée d'un agrégat composé visuellement de gros boutons lâches. La même condition permet également une croissance plus rapide. Ainsi, dans le cas des carbonates, le processus de croissance défini nécessite une évaporation

complète après dégazage, alors que ce n'est pas le cas dans le gypse. Par conséquent, à faible humidité, des courants beaucoup plus rapides sont admissibles même avec un élément de contrôle gravitationnel. Ainsi apparaissent les lustres de gypse bien connus, qui marquent le début de la publicité du système de grottes de Cupp-Coutunn. C'est un fait curieux que personne n'en parle à l'étranger, malgré les nombreuses publications et les découvertes faites il y a cinq ans des mêmes lustres dans la grotte de Lechuguilla ont provoqué une fureur universelle avec leur déclaration comme phénomène unique. Cette erreur a ensuite eu lieu au Congrès international de spéléologie de Budapest en 1989, où la délégation soviétique a été pour la première fois réellement représentative.

Cela devient plus intéressant si l'on considère la croûte de corallite non seulement des minéraux non carbonés, mais également des minéraux hautement solubles (gypse et en particulier l'epsomite). La grande solubilité ne garantit pas une stabilité et le système de microclimat dans la grotte change lentement. Naturellement, la croûte de corallite devient prédominante pour ces minéraux, mais cela ne suffit pas. La longue existence des agrégats et, partant, leur grande taille, semblent de toute façon moins conditionnées, mais ils existent néanmoins. L'astuce consiste à prolonger l'existence de l'agrégat en raison de la brièveté de la vie des individus. Les grandes formations de gypse et toutes les formations d'epsomite ne poussent que par endroits où l'air est très intense. On sait que le soi-disant "vent d'hiver", des entrées inférieures aux entrées supérieures, et le "vent d'été", des entrées supérieures aux entrées inférieures, existent dans les grottes. Par conséquent, les fluctuations saisonnières du vent provoquent les fluctuations de l'humidité près des entrées des grottes. Le vent intérieur provoque une évaporation active; le vent sortant permet à la condensation de continuer. Selon la physique de l'évaporation et de la condensation, le premier procédé est plus actif sur les bords de la grotte et le second prévaut dans les cavités. Ainsi, les croûtes de minéraux solubles subissent une recristallisation permanente, se corrodant d'un côté et se développant de l'autre. Les croûtes sont séparées du substrat sur les murs et les plafonds, elles sont retenues sur leurs aspérités et tombent parfois avec la formation de "berges" pouvant atteindre un mètre. Les stalagmites se transforment rapidement en formations de croûte corallite creuses à l'intérieur. Ainsi, les stalagmites bien connues de Khashm-Oyeek (10 m) ont une largeur allant jusqu'à 3 m, et leurs parois ont une épaisseur d'environ 2 à 5 cm. Dans des cas particuliers, le processus est si intense que la croûte qui grossit pendant la période sèche tombe pendant la période humide. Turchinov et moi-même avons décrit pour la première fois de telles "éphémères" dans les grottes de Podoliya, et seulement après cela, ont-elles été découvertes à Cupp-Coutunn. Il est à noter que, avant notre publication, de tels agrégats étaient censés se former à partir de la phase gazeuse et il a même été "prouvé" par le fait que, dans la grotte de Dzhurinskaya, sur la paroi de la barrique opposée au passage creusé, des buissons de gypse se sont développés six mois. En réalité, cela ne prouve pas le transport du gypse par voie aérienne, mais atteste plutôt du rôle du vent et de l'humidité dans les processus de cristallisation. Au point que les lustres en gypse mentionnés ci-dessus à Lechuguilla sont également situés à l'endroit où les niveaux d'humidité inférieurs du système s'approchent du fond du canyon. Il est intéressant de noter que, dès que le concept de recristallisation permanente a été mis au point, les massifs de

gypse du système Cupp-Coutunn ont été considérés comme l'un des outils d'exploration les plus importants pour la poursuite du système de grottes. Au cours de l'exploitation minière, les grottes ont été ouvertes par plusieurs couloirs, qui ont entièrement réorganisé le système de circulation de l'air. Les massifs de gypse permettent de reconstituer d'anciens écoulements d'air, notamment dans les endroits où ils se concentrent ("cols" entre des parties légèrement reliées).

Les croûtes à base d'antholite sont typiques des minéraux hautement solubles non carbonates et se forment à de tels degrés de séchage, lorsque l'afflux d'eau en surface est totalement interrompu, ce qui entraîne une alimentation supplémentaire exclusivement par les pores de l'intérieur du substrat. Dans le cas de substrats denses à petits pores, se forment des cristaux filamenteux et leurs amas ("laine", "barbe", fleurs); dans le cas de substrats argileux à micropores, mais à joints ouverts de séchage et incapables de résister à la pression cristalline, apparaissent des intercalaires aiguilles et sélénite. La particularité de la croissance de tous ces types d'agrégats, qui contrôlent entièrement leur structure et leur morphologie, est qu'ils ne poussent pas sur les extrémités libres des cristaux, mais sur les points de fixation, c'est-à-dire uniquement les extrémités des cristaux qui sont situés sur les cristaux. Les pores. Ainsi, le terme "fleur de gypse" est déterminé par le mécanisme de division et de torsion lors de l'irrégularité de la croissance de la base.

Les croûtes antholites, ainsi que les corallites non carboniques, sont contrôlées par le cycle saisonnier d'humidité, mais peuvent également l'être également par les cycles d'humidité provoqués par les inondations, parfois irrégulières. Le fait est que le flux entrant constant à travers les pores du substrat est une absurdité et que nous rencontrons dans tous les cas le processus de séchage du substrat périodiquement humidifié contenant le minéral requis. L'humidification peut se produire très rarement. Par exemple, je connecte des aiguilles de gypse d'un mètre sur des massifs d'argile des niveaux inférieurs du système Cupp-Coutunn avec des inondations catastrophiques, apparaissant une ou deux fois par siècle.

Le mélange de croûtes de corallite et d'antholite est un phénomène habituel pour les minéraux non carbonés. Il en résulte une croûte de corallite finement cristalline à un cycle saisonnier marqué et suffisamment poreuse pour servir de substrat tampon à la croissance des antholites pendant le pic de sécheresse chaque année. C'est ainsi que se forment les croûtes quelque peu paradoxales, séparées du mur, où poussent des fleurs. Auparavant, elles étaient interprétées assez logiquement et intrinsèquement comme des formes de trois générations, allant des fleurs à travers la croûte, en passant par la dissolution de la croûte avec son retrait du mur. Néanmoins, les trois générations se déroulent simultanément, mais en différentes phases au cours du cycle de l'année.

Les helictites (également appelés stalactites excentriques) sont peut-être les agrégats les plus énigmatiques et les plus inclassables, qui représentent des "vers" calcitiques ou aragonitiques parfois ramifiés, non contrôlés par des processus évidents. Elles sont rares dans les grottes typiques et, dès les premiers jours de la spéléologie en tant que science, les différends concernant leur morphologie et leur genèse étaient très populaires. Certains scientifiques ont observé des caractéristiques définies, d'autres pas. Des

dizaines de modèles, tels que les modèles du canal capillaire, de la pression cristalline mutuelle de trois individus spécialement orientés, de la croissance d'un film spécial à un chimisme particulier, et de nombreux autres ont été avancés. Le fait humoristique est que tout le monde ou presque avait raison. Dans ce cas, nous traitons d'un analogue minéralogique de la théorie de la convergence, c'est-à-dire de l'effet de la similarité externe essentielle d'agrégats possédant une morphologie et une genèse différentes. Les hélicites à canaux capillaires se retrouvent assez souvent bien que le modèle physique de leur genèse ne soit pas convaincant. Néanmoins, le fait que la solution afflue par le canal capillaire est sans aucun doute. Les hélicites de ce type se trouvent le plus souvent avec de la paille de soda. La stalactite soda-paille est une transition de la forme gravitationnelle à la forme capillaire et représente des monocristaux tubulaires non tranchants se produisant plus rarement en tant que jumeaux, dont la croissance est conditionnée par un afflux de solution très lent et ne se produit que le long du périmètre d'une goutte d'eau pendante. Il existe des cas de cette stalactite, dans lesquels l'hélicite capillaire se développe, reconvertissant parfois en stalactites sodas-paille. Le diamètre de ces stalactites secondaires diffère toujours de l'original en raison de l'évolution de la tension superficielle proportionnellement à la cristallisation. Les hélicites capillaires ne se reconvertissent pas en stalactites dans les zones de fluctuations saisonnières de l'humidité et s'étirent vers le vent sec. Dans ce cas, ils s'appellent des anémolites.

Les "spars" sont également reliés à des stalactites sodo-pailleuses et représentent des arêtes vives et tordues (parfois en une spirale idéale - un hélicoïde, qui a donné le nom d'hélicite), une intercroissance de trois cristaux, dont la pression cristalline mutuelle a provoqué cette torsion. Ils ont également un canal, mais les fissures linéaires entre les individus produisent une partie de la solution sur la surface qui fournit une bordure externe. Les pseudohélicites sont un type d'hélicites, qui sont en réalité des corallites à deux minéraux, comme il a été discuté ci-dessus. Les autres types d'hélicite des grottes de Cupp-Coutunn ne sont pas étudiés en détail, bien qu'il soit bien connu qu'une douzaine de types pourraient être sélectionnés parmi eux avec une genèse principalement différente. Par exemple, les hélicites ayant une morphologie extrêmement semblable aux formes de canaux sont assez paradoxaux, mais ne poussent que sur le sol en flowstone et atteignent un mètre de haut. Les buissons d'hélicite orientés gravitationnellement, où chaque hélicite est une sphérolite allongée et sans chants, clivant le long de la conchoïdité et sous chaque "plate-bande" de stalagmite normale poussant, sont apparus dans le hall de Velikolepiye de la grotte de Promeszutochnaya actuellement détruit, sont obscurs. Jusqu'à présent, aucun modèle raisonnable n'a été proposé pour les hélicites d'aragonite droites ("paille") ayant un canal central complètement dissous, et la partie non dissoute de la croûte est composée de cristaux, formant une surface laineuse et étant orientée de manière identique par rapport à l'axe. Certains hélicites de calcite de la section de Glinyanaya Rechka dans la grotte de Promeszutochnaya ont une surcroissance de gypse orientée qui est, en général, une double absurdité, car l'épitaixie de gypse sur la calcite est inconnue et l'épitaixie de monocristaux sur des agrégats de polycristalline est impossible.

Il existe plusieurs classes d'agrégats caractéristiques du système de grottes Cupp-Coutunn. Leur genèse est contrôlée par autant de caractéristiques chimiques distinctes que l'on

ne s'attend guère à voir dans une autre grotte. La première classe comprend des croûtes de fluorite cristalline provenant d'une manière très rare liée au double processus en couches minces d'eau, à travers lesquelles l'acide fluorhydrique, s'il est présent dans l'air, réagit avec la calcite ou le gypse. Ainsi, ces croûtes ne sont pas classées par afflux de solution, car la solution est formée "in situ"; mais comme la dynamique de sa circulation proportionnellement à la cristallisation est contrôlée par des forces capillaires, les corallites et les cristallinités de morphologie commune se développent. Il existe des corallites d'autres minéraux qui poussent également à partir d'une solution formée sur place. Dans certains cas, il s'agit simplement de la croûte de gypse, qui croît aux endroits où l'acide sulfurique rencontre le calcaire. Une description détaillée de ce mécanisme sera donnée ci-dessous.

Dans la seconde classe se trouvent les miroirs sulfurés. Les gigantesques cristaux de calcite (jusqu'à 2 m) contenant des inclusions d'oxydes et de sulfures ont été laissés sur les parois des grottes après le stade hydrothermal. Ces cristaux ont subi une corrosion produite par la participation de sulfure d'hydrogène et d'acide sulfurique et par l'élimination des seuls produits solubles par de minces pellicules d'eau, au cours desquelles les cristaux ont été abrasés jusqu'à une épaisseur de quelques centimètres. Les inclusions qui existaient dans la calcite ont émergé et ont subi un traitement essentiel aux acides qui ont abouti à la formation de "miroirs" métallo-lustrés sur les surfaces dissoutes.

La troisième classe concerne presque tous les agrégats de minéraux silicatés, dont les solutions ont été préparées "in situ", et la vitesse de cristallisation à partir de la solution préparée était si élevée (qu'il est naturel à solubilité presque neutre) qu'elle ne permettait pas aux forces gravitationnelles ou capillaires des agrégats à développer, mais uniquement les forces cristallines et également les composants de la solution déterminés par la dynamique du processus de mélange. Dans la substance déjà mentionnée * 4, dont la dynamique de croissance rappelle fortement une expérience classique impliquant des cristaux de sels solubles dans une colle de silicate, nous avons également examiné le processus de croissance dans du gel de silice produit à la suite du traitement de la montmorillonite à partir de cristaux de minéraux ferrugineux et magnésiens par l'acide sulfurique.

Naturellement, tout ce qui mérite l'attention n'est pas couvert par un examen aussi bref, mais on peut probablement en tirer quelques impressions générales.

PROCEDES DE FORMATION DE MINERAUX ET ENSEMBLES MINERAUX

On peut décrire la minéralogie d'une grotte en termes de minéraux et d'agrégats uniquement en termes généraux. Pour la touche finale, nous utilisons le terme "ensemble", peu compris par Stepanov, qui englobe bien plus que "assemblage", car de nombreux ensembles sont constitués des mêmes minéraux, mais ils sont très différents en termes d'agrégats. Simultanément, l'ensemble détermine les processus de formation des minéraux, le microclimat et d'autres paramètres importants. Naturellement, le terme «ensemble» n'est pas uniforme dans les cas généraux et chaque type d'ensemble n'est décrit que s'appliquant à un système de grottes particulier ou à une région karstique particulière. Selon Stepanov, l'ensemble est le résultat d'un

cycle de cristallisation, lorsque les croûtes subaquatiques sont d'abord envahies par les croûtes gravitationnelles et les croûtes de corallite, puis par les croûtes d'antholite (pour les croûtes sans carbonate), avant la phase finale de chute et de dissolution endroit. En règle générale, chaque grotte a plus d'un cycle de cristallisation. Avec Bartenev, j'ai proposé une conception de la cyclicité de la spéléogénèse, divisant chaque cycle en trois étapes: initial, formation et modélisation. Cette conception permet d'expliquer la périodicité des processus de cristallisation / dissolution. Selon Stepanov, les ensembles ne diffèrent les uns des autres que par le degré de développement de l'un ou l'autre type de croûte. Nous avons maintenant élargi la compréhension de ce terme pour inclure quelques idées plus larges, ce qui rend difficile son explication succincte. Par conséquent, je commencerai bien par une description des principaux types d'ensembles, et le sens du terme deviendra clair ci-dessous.

J'ai déjà décrit ci-dessus un **ensemble de calcite standard**. On le trouve généralement sous les sols des canyons dans les zones de trous d'aspiration intenses de l'eau. Il existe des variantes sans aucune sorte de croûte (par exemple sans croûte de corallite), ainsi que des variantes avec différents types d'hélicites. Le cas particulier est un ensemble de vents avec des anémolites. Un tel ensemble se trouve rarement à l'état pur. Les oxydes de manganèse sont généralement des minéraux secondaires.

Calcite-aragonite-magnésien. Dans cet ensemble, les croûtes de calcite de corallite sont suivies par des croûtes de corallite souvent initiées par du magnésium. Les corallites d'hydromagnésite sont caractéristiques aux bords des dendrites d'aragonites. Cet ensemble se trouve assez rarement, étant l'un des rares qui font une impression esthétique énorme. La calcite de cet ensemble est représentée par des formes très spécifiques d'hélicites. Les pseudohélicites calcite-aragonite sont très développés mais ils ne sont pas spécifiques à cet ensemble. Les oxydes de manganèse sont disséminés.

Ensemble calcite-aragonite-plomb. Cet ensemble, apparaissant sur les lieux de distribution des filons sulfurés, n'a été découvert que dans deux petites zones du système et la formation d'aragonite a été initiée par le plomb. L'aragonite, dans ce cas, joue son rôle dans la phase de développement des croûtes gravitationnelles, formant d'énormes ségrégations d'hélicites variés ("paille" et "fleurs de fer") et d'agrégats de morphologie unique, analogues à la stalactite et à la stalagmite, sans aucun analogue dans les grottes du monde. Les accumulations de grains minces de sulfures, de cérussite, de silicates et d'une petite quantité de gypse sont caractéristiques de l'ensemble.

Ensemble calcite-gypse de type OSKhl. De grandes ségrégations gravitationnelles spécifiques à des ensembles d'hélicites, généralement recouvertes de rosettes de célestite, se développent dans les croûtes gravitationnelles de calcite. Les gros stalagmites de type macelike, qui sont rares dans d'autres ensembles, se trouvent sous les ségrégations. Le gypse se produit avec la calcite dans les croûtes de corallite. Les lustres en gypse sans stalagmites ni croûtes d'antholite sont typiques.

Ensemble calcite-gypse de type Dikobraziy Hall. Les pseudohélicites prévalent nettement parmi les formes d'hélicite. La célestite forme des inclusions dans le gypse. Les stalagmites de calcite sont absentes, mais de petites stalagmites de gypse sont présentes. Les croûtes d'antholite

sur le gypse sont peu développées. Les stalagmites de gypse monocristallin d'une hauteur maximale de 30 cm constituent un type unique et spécifique d'agrégats dont la nature n'est pas tout à fait claire. La prolifération orientée de monocristaux de gypse sur des hélicites de calcite est du deuxième type unique mentionné ci-dessus.

Ensemble lustre-stalagmite en gypse. L'ensemble se trouve près des entrées de la grotte, sous les restes de gypse des lits de Gaurduck. Cet ensemble se caractérise par d'énormes stalagmites et colonnes creuses en gypse, ainsi que par de gigantesques lustres en gypse. Des agrégats de gypse de tous types de croûtes sont développés. La célestite se trouve sur les calcaires et sur les cristaux de gypse. Les dépôts de cet ensemble masquent généralement tous les dépôts précédents. On peut dire que cet ensemble, qui a été détruit partout sauf dans la grotte Geophyzicheskaya, "décore" la plus formidable des grandes salles du système.

L'ensemble thermique résulte du stade hydrothermal et du remaniement ultérieur de ses dépôts. Les altérations de calcaires jusqu'à une profondeur de 0,5 m avec apport de minerais et de silicates s'étaient produites au premier stade (la température n'a pas été mesurée); la gigantesque calcite cristalline, incrustant des inclusions de sulfures et d'oxydes dans les parois, s'est formée au deuxième étage à une température pouvant atteindre 180 degrés Celsius; les rosettes de fluorite séparées ont été créées au cours de la troisième étape avec une température pouvant atteindre 100 degrés centigrades. Les processus suivants de dissolution et de reprise ont eu lieu avec la formation de miroirs de sulfure.

Ensemble biogénique, se superposant aux formes précédentes. Les processus hydrothermaux ont déterminé les conditions, telles que la présence de sulfures, de fer et de manganèse, pour déclencher le cycle biogénique du soufre décrit pour la première fois par P. Forti en 1990 pour les grottes d'Italie. Malheureusement, nous n'avons pas consacré notre attention à ces processus, bien que leur incidence à Cupp-Coutunn soit bien supérieure à ce qu'elle est ailleurs. A ce moment, toutes les informations ne sont pas analysées. L'expédition de Korshunov cette année a recueilli des données; les cultures bactériennes ont été soulevées, mais leur définition nécessite beaucoup de temps. L'essence est dans l'activité simultanée de bactéries réductrices et oxydantes de sulfates dans les zones de stagnation de l'air. La quantité principale de soufre se trouve dans les sulfures et est également supportée par des inclusions bitumineuses, extraites lors de la corrosion du calcaire. Le soufre suit un cycle commençant à partir d'hydrogène sulfuré (le produit de l'activité vitale des bactéries réductrices de sulfates) passant par l'acide sulfurique (bactéries oxydant les sulfates) et le gypse, résultant de la réaction chimique entre le calcaire et l'eau, et processus se termine avec le développement de nouveaux sulfures d'hydrogène. Le fer et le manganèse sont importants pour l'activité vitale des bactéries sulfato-réductrices; la faible circulation d'air est importante pour retenir le soufre dans la zone d'activité du processus (naturellement, le sulfure d'hydrogène est volatil). L'ensemble du processus se déroule dans une unité de matière très intéressante traditionnellement appelée argile résiduelle. Il s'agit d'une argile silicate-fer-magnésienne très moelleuse avec des inclusions de gypse. L'argile recouvre les murs et les plafonds d'une couche allant jusqu'à 0,5 à 40 mm d'épaisseur, tombant parfois sur le sol et s'accumulant dans de grands massifs. En réalité, il s'agit d'un mélange de la matière résiduelle produite par la corrosion du calcaire, des

colonies bactériennes et des produits de leur activité vitale. Cette substance sent intensément le sulfure d'hydrogène lorsqu'elle est endommagée mécaniquement. Il est intéressant de noter que tout ceci est équilibré sur une grande quantité de facteurs et devrait idéalement exister dans un équilibre très instable. Par exemple, les bactéries sulfato-réductrices sont anaérobies; leur activité vitale dans une grotte non inondée n'est possible que parce que l'argile résiste à la ventilation et que les bactéries oxydant les sulfates absorbent l'oxygène restant. Néanmoins, la stabilité est très élevée.

L'argile résiduelle crée des limitations significatives sur l'équipement spéléologique. L'argile est un excellent isolant thermique en raison de sa porosité et les niches supérieures et galeries aveugles deviennent de formidables capteurs de chaleur. Par exemple, si une bougie ou une lampe au carbure brûle pendant dix minutes dans une zone où l'argile est présente et où l'air stagne, la température augmentera à 50 degrés Celsius ou plus dans certaines niches du plafond et détruira complètement le spéléothèmes de gypse. Dans un cas, un camp souterrain mal situé a chauffé thorougement une chaîne de salles immenses pouvant atteindre 38 degrés Celsius. Par conséquent, la plus stricte retenue que les spéléologues sont obligés d'accepter dans les grottes de Cupp-Coutunn concerne l'utilisation du feu à ciel ouvert (ces limitations ne peuvent être levées que pour des prises de vues de quelques minutes) et l'emplacement des camps souterrains (uniquement dans les galeries de vent avec une "cuisine" utilisant uniquement du combustible sec).

Dans les étages supérieurs des grottes, où les calcaires sont bitumineux, se développe un processus qui a tendance à libérer un excès de soufre dans certains types de gypse produisant de grandes masses de sable de gypse, qui sont apparemment une source de gypse dans les parties principales du système de grottes. Si le microclimat à la place de l'accumulation de sable de gypse le permet, un ensemble essentiellement de gypse se forme, semblant mal placé dans les zones de corrosion intensive, mais existant néanmoins. Cet ensemble est constitué principalement de croûtes antholites, bien que des croûtes de corallite se développent également. Les croûtes antholites (représentées par des couches d'aiguilles et de sélénite) qui se développent dans et sur l'argile constituent une caractéristique importante de cet ensemble, car les argiles et les sables porteurs de gypse ne se forment d'aucune autre manière. Les inclusions de matière résiduelle de calcaires altérés sont souvent présentes dans le gypse de cet ensemble.

Dans les endroits secs, une partie du gypse peut être remplacée par de l'epsomite. Le cas particulier de cet ensemble est un ensemble à la barbe de gypse, caractérisé par l'absence complète de la croûte de corallite et la prédominance de cristaux filamenteux non noués représentés par des poils de gypse et de fines aiguilles rares. À deux endroits sur trois où cet ensemble a été retrouvé, il a été détruit en une seule année par les touristes. Le gypse filamenteux est si délicat que même avec une lumière électrique, il faut être extrêmement percé, car les ondes atmosphériques générées par des mouvements rapides, même à un mètre des formations, peuvent les détruire. L'ensemble fluor-silicate se produit en conséquence de l'ensemble biogénique. Les conditions d'apparition de l'ensemble sont fournies par la présence de débris de veines de fluorite ou d'amas de fluorine du stade thermique. L'acide sulfurique, impliqué dans le cycle biogénique du soufre, réagit

avec la fluorite en expulsant l'acide fluorhydrique dans l'air. Certains cristaux sont dissous le long des fractures jusqu'à une profondeur de 3 à 5 cm. L'acide fluorhydrique réagit avec la calcite ou le gypse de spéléothèmes pour former une nouvelle fluorite. La majorité des aluminosilicates de zinc se trouvent dans cet ensemble. Ici, il est nécessaire de se retirer dans la sphère des hypothèses, car les investigations ne sont pas encore terminées. Il a été suggéré que l'acide fluorhydrique réagissait avec les silicates de l'argile résiduelle, produisant un gaz de silice quadrifluorure, qui à son tour réagissait avec les filons sulfurés du calcaire et de ses débris. Mes collègues et moi ne sommes pas en mesure de suggérer un autre modèle, mais nous ne pouvons pas non plus vérifier celui-ci. Malheureusement, dans tous les endroits où se trouvent les extractions de sauconite, en traçant clairement des fractures dans le calcaire, il existe une couche de spéléothèmes aussi beaux entre les excréments de la sauconite et le mur qu'il est un péché de les défigurer pour vérifier la présence d'une veine de soufre. À l'heure actuelle, il est possible que les éléments de cet ensemble, qui sont utiles pour la recherche par des méthodes directes, soient déjà trouvés. Des excréments très intéressants sur des objets métalliques (telles que des échelles de stations de sondage installées dans des fosses) déjà mentionnées dans la section "Minéraux" peuvent être trouvées à certains endroits de la grotte où l'ensemble bien développé, essentiellement constitué de gypse et les éléments de l'ensemble fluor-silicate ne devrait pas être perceptible.

RÈGLES DE VISITE DES CAVES ET MÉTHODES D'ENQUÊTE

Comme cela a été mentionné dans l'introduction et expliqué brièvement dans la section minéralogique, la tactique de réalisation des expéditions et les méthodes de recherche minéralogique sont strictement limitées. Ces limitations ne sont pas du tout fixées par la législation et le seul espoir de préserver des cavités intéressantes réside dans la conscience et l'autodiscipline des enquêteurs. Tenant compte du grand intérêt que les cercles spéléologiques et géologiques accordent aux grottes, nous souhaitons saisir cette occasion pour présenter une nouvelle fois une liste de règles à l'intention des visiteurs des grottes, en particulier des géologues. En rupture avec la tradition, nous ne citons que les règles relatives à la sécurité de la grotte mais pas à la sécurité des visiteurs.

1. Il n'y a rien de mal à accepter la devise suivante des spéléologues américains "N'enlevez rien à la grotte, à l'exception des photos, et ne laissez rien derrière vous, sauf vos propres traces", bien que même les traces ne soient pas si bonnes. Dans tous les cas, l'élimination de la corbeille est nécessaire à une exception près. Certaines grottes (y compris celles situées dans les régions éloignées de Cupp-Coutunn) sont inaccessibles aux études sans campement souterrain, ce qui pose le problème des toilettes. Les Américains ont tenté sans succès toutes les méthodes pour organiser des installations dans leur unique grotte de Lechuguilla. Toutes les tentatives d'enlever des seaux ou de les sécher sur place, puis de les enlever, se sont transformées en un fiasco complet. Notre pratique indique qu'après un camp de deux semaines pour cinq personnes, les toilettes enfouies dans un grand massif d'argiles contenant de la matière organique sont complètement décomposées au bout de 5 à 7 ans. Dans

ce cas, il est possible de planifier les tailles admissibles, la durée et périodiquement l'organisation du campement souterrain.

2. A propos des traces. Les traces sales sur les spéléothèmes limpides dans de belles parties des grottes sont absolument inadmissibles, sans oublier de s'effondrer et de piétiner toutes les formes intéressantes. Des chemins clairement visibles devraient être organisés directement lors des premières visites dans des lieux vulnérables, et il est déconseillé de s'écarter de ces chemins. S'il y a un objet minéralogique intéressant dans un chemin, il doit être collecté et stocké à proximité du chemin. Naturellement, le sol ne devrait pas seulement être nettoyé. Si on doit ramper et que ce passage doit être utilisé plus loin comme voie, il est parfois nécessaire de retirer du plafond les spéléothèmes qui seront de toute façon cassés par la tête. Bien entendu, cela n'excuse pas le vandalisme, et la pose de la voie comme "trace de dommage minimal" n'est possible que si l'on comprend sa nécessité.
3. De la lumière et de la chaleur. Les observations et les recommandations susmentionnées concernant l'utilisation de la lumière et de la cuisine sont bien sûr liées à Cupp-Coutunn. Néanmoins, dans tous les cas, il est souhaitable d'effectuer des observations et d'élaborer une "politique de chaleur". S'il existe des groupes qui effectuent des recherches sérieuses dans une grotte, ils ont peut-être déjà préparé des calculs et des citations sur la faisabilité des camps.
4. À propos des réservoirs. Les réservoirs souterrains sont extrêmement vulnérables dans trois positions à la fois. S'il s'agit d'un petit lac dans un endroit sec, il est généralement beau et aucune saleté (poussière des mains, savon) ne sera jamais retirée du lac. Si c'est un grand lac, une faune unique peut y vivre et cette faune peut être empoisonnée par une seule cuillère de détergent. Pour ces raisons, les réservoirs ont le même respect que le plus délicat des cristaux.
5. A propos des fouilles. Si un passage doit être creusé dans une nouvelle partie de la grotte ou dans une nouvelle grotte, il faut tenir compte du fait qu'un tel processus peut modifier radicalement le système de circulation de l'air et, par conséquent, le microclimat de la grotte. Il est impératif d'évaluer la possibilité de drainer de belles salles et, si cette possibilité est réelle, il est nécessaire de prendre toutes les mesures nécessaires pour rendre les fouilles hermétiques. Parfois, il suffit de mettre en place un simple écran en tissu, maintenu en place par quelques pierres.
6. À propos des échantillons de minéraux et de roches. La discussion de cette question n'a pas de précédent dans la littérature spéléologique. On considère que les spéléologues ne sont pas tenus de prélever des échantillons et que des expéditions spéciales devraient être organisées pour les investigations minéralogiques, au cours desquelles des spécialistes qualifiés détermineront où et comment prélever les échantillons et avec lesquels ils n'auront peut-être pas la moindre relation. À mon avis, cette politique de l'autruche est en principe incorrecte, ne cédant rien sauf des dommages supplémentaires aux grottes. Une politique intégrale et ouverte est plus que nécessaire ici. Je crois que trois

conditions concernant le prélèvement d'échantillons sont simultanément appliquées. Premièrement, l'échantillon peut représenter un matériau analytique pur, provenant de détritiques couchés librement, ou peut être un élément collecté lors de l'excavation de la passe ou lors du dégagement du chemin. Deuxièmement, le sort de l'échantillon devrait être déterminé. S'il s'agit d'un échantillon analytique, il est nécessaire de savoir à l'avance ce qui doit être prouvé ou réfuté à l'aide de cet échantillon, c'est-à-dire qu'il est préférable de ne collecter qu'un échantillon particulier pour une idée particulière. S'il s'agit d'un agrégat unique recueilli sur le chemin ou quelque chose de ce type, il est possible de l'enlever uniquement pour un emplacement spécialement préparé dans une grande collection. Il y a deux idées ici. Le prélèvement ne peut être excusé que si un nombre suffisant d'accès libre à l'échantillon pour son étude est fourni, ainsi qu'une garantie que celui-ci sera tenu à l'écart de la fosse des résidus ou de la destruction. Ces deux conditions ne peuvent être remplies que dans les grandes collections spéciales, de plus dans leurs expositions générales et non dans les magasins. Enfin, l'échantillon ne peut être enlevé que s'il existe une garantie totale de son transport vers sa localité. Cela signifie généralement un système de transport soigneusement étudié jusqu'à la sortie, non emballé, et un emballage non moins bien préparé pour un transport ultérieur. Dans un contexte plus large, la question de l'enlèvement des échantillons est la question de cas particulière du diagnostic des minéraux des cavernes qui mérite une attention particulière. Les méthodes de diagnostic des minéraux et des adjuvants utilisés dans la minéralogie des grottes sont divisées en trois catégories. Les méthodes de luminescence de champ sont les plus intéressantes, sûres pour les grottes et illimitées en application. Malheureusement, ces méthodes sont pratiquement inutilisées dans notre pays en raison de l'absence d'équipement. Elles sont devenues des méthodes incontournables dans la pratique internationale et l'Union internationale de spéléologie propose un vaste programme de perfectionnement du matériel et de compilation des atlas de déterminations. Shopov, le responsable du programme, a même proposé une méthode extrêmement curieuse de fixation des particularités luminescentes à l'aide d'un équipement photographique évident, mais le déchiffrement des résultats n'est possible que dans son laboratoire à Sofia.

Une méthode modérée en degré de destruction est une analyse express remarquablement répandue avec des méthodes de coloration. Dans la majorité des cas, il suffit de traiter une petite partie de la surface en éliminant les traces. En général, la méthode ne doit pas être utilisée immédiatement, car tout le laboratoire express est lourd et le cycle de diagnostic complet est long et complexe. De plus, une grande quantité d'échantillons est nécessaire. En même temps, si l'on connaît les caractéristiques générales d'une grotte, on peut proposer des modèles et planifier un programme minimum qui pourra être réalisé lors de la visite suivante. Fréquemment, le matériau de la pierre n'est pas nécessaire à la réflexion et il suffit d'effectuer une ou deux déterminations des ions dans les gouttes d'eau des spéléothèmes. Elle doit également être effectuée sur place, car les solutions sont souvent absolument instables et peuvent être fortement modifiées en une semaine ou

quelques minutes. Les méthodes de coloration révèlent un problème. Les sources lumineuses utilisées dans les grottes sont de composition spectrale non standard. Par conséquent, "voir, ce n'est pas croire" et, à des fins de comparaison, il est nécessaire d'utiliser les tables de contrôle colorées spécialement adoptées pour sa propre lanterne.

Les diagnostics destructifs, réalisés avec le retrait de l'échantillon, doivent être appliqués dans des cas extrêmes si les résultats ne sont pas obtenus par les méthodes décrites ci-dessus. Une telle nécessité ne s'est produite que dans quelques dizaines de cas dans notre pratique.

Dans l'ensemble, on peut décrire l'approche recommandée en matière de diagnostic comme étant le principe de prédiction du résultat, en utilisant des données indirectes et une modélisation théorique avec vérification par un minimum d'échantillons sur le lieu.

(7) À propos du secret. Les spéléologues du monde entier sont obligés de lutter activement pour la protection des grottes intéressantes, bien que les objectifs directs des actions militaires puissent varier. Premièrement, ces actions sont dirigées contre un vandalisme évident qui constitue un problème majeur; deuxièmement, ils sont dirigés contre des projets miniers, comme dans le cas de Cupp-Coutunn; troisièmement, contre les projets commerciaux mal conçus dans des grottes (principalement aux États-Unis); quatrièmement, contre les éleveurs de bétail, qui considèrent les grottes comme des pièges naturels pour les béliers (en Angleterre). Aussi étrange que cela puisse paraître, l'arme la plus répandue et la plus universelle est le secret primitif. Dans nos conditions, quand il n'y a pas de législation sur la protection des grottes, la déprédation prospère, bien que son centre soit récemment passé du vandalisme ouvert au tourisme sauvage sans le vouloir. Dans ce cas, la protection des grottes peut n'être que dans la conservation des parties les plus intéressantes jusqu'à des temps meilleurs. Dans certaines grottes et en particulier dans le système Cupp-Coutunn, ces temps sont déjà apparus à l'horizon, mais pas encore dans d'autres grottes. Néanmoins, même dans le système Cupp-Coutunn, les endroits les plus intéressants doivent être maintenus dans une gestion rigoureuse de la conservation. Les passes dans les grottes ne sont pas marquées sur les cartes et, dans certains cas, le relevé de la passe n'est pas effectué. Les passes sont fermées par des blocages artificiels ouverts uniquement lors de visites effectuées par une expédition. Naturellement, toutes ces mesures ne seront plus nécessaires après l'apparition de sérieuses garanties de protection; Jusque-là, la préservation des grottes est sur la conscience des enquêteurs et le secret est la meilleure solution.

Cette catégorie devrait également inclure un résumé des idées sur les limites de la collaboration autorisée avec les pouvoirs locaux et les spéléologues locaux. Celles-ci et d'autres, en règle générale, souhaitent vivement obtenir des informations sur les nouvelles grottes et leurs parties et ont le droit de le faire. Dans le même temps, malheureusement, rien ne garantit qu'aucun de ces groupes n'a des intentions discutables. Mes collègues et moi soutenons la politique ouverte mais n'avons que partiellement ouvert l'information et nous ne l'avons jamais regretté. Nous informons toujours de toutes nos trouvailles, nous soumettons des cartes où toutes nos trouvailles sont marquées, sans toutefois indiquer les laissez-passer. Des informations complémentaires nous restent temporairement s'il n'y a aucune garantie de

conservation légalement justifiée et sous une forme matérielle. Dans de nombreux cas, notre position rencontre la compréhension. Ce n'est que sous la condition que nous puissions prouver que nous n'allons pas organiser nous-mêmes des projets commerciaux dans les grottes. Cela signifie qu'il doit s'entendre parfaitement et entretenir de bonnes relations avec les pouvoirs locaux. Il a été mentionné ci-dessus que la méfiance mutuelle des pouvoirs locaux et des spéléologues locaux et en visite avait sauvé la grotte Geophyzicheskaya. Lorsque la grotte a été sauvée, les relations entre les différentes parties du conflit ont été normalisées. Cela s'est produit dans de nombreux cas. Enfin, les actions prises par conscience, compte tenu de notre propre responsabilité vis-à-vis du sort des grottes, seront toujours indemnisées. De bonnes ou de mauvaises relations sont temporaires, mais les phénomènes naturels ne sont pas réparables.

Rappelant une fois de plus le parallèle avec la grotte de Lechuguilla, nous remarquons que ses enquêteurs avaient le même problème, ce qui a engendré des conflits entre les spéléologues et l'administration du parc national, où se trouve la grotte. L'administration a souhaité organiser un complexe d'excursion. Ce n'est que lorsque la loi fédérale concernant le statut spécial de la "grotte de la Vierge" pour Lechuguilla interdisant directement toute opération technique dans la grotte a été imposée par le Congrès des États-Unis, un langage commun a immédiatement été trouvé et personne n'a protesté contre la réglementation stricte l'administration du parc de toutes les enquêtes et visites dans la grotte, ainsi que de ne pas donner d'informations complètes au centre scientifique du parc.

LA PHOTOGRAPHIE

Lors de mes conférences, je reçois souvent des questions sur la technologie et les possibilités de la photographie souterraine. Cet article présente donc une opportunité de considérer ce problème ici. La caméra miroir doit être exclusivement utilisée. Les possibilités de la caméra ne doivent pas nécessairement être grandes. L'exposition avec obturateur constamment ouvert est principalement utilisée. J'utilise Zenit-19, un appareil photo d'une excellente durabilité - une vertu qui est importante, compte tenu du fait que l'appareil photo est traîné pendant de nombreuses heures dans les passages étroits. Même après que mon appareil photo soit tombé en 1989 dans un puits de 50 m, il a été réparé en une heure à l'aide d'un tournevis et d'une pince. Cependant, la caméra est en panne après 3-5 expéditions de deux semaines en raison de la forte activité corrosive de l'atmosphère.

En revanche, les meilleures lentilles doivent être utilisées. Une lentille à couches multiples est nécessaire car, dans tous les cas, la poussière et l'humidité réduisent remarquablement le microcontraste et toutes les méthodes de préservation sont nécessaires. Un changement d'objectif devrait être fait aussi rarement que possible à cause de la poussière. J'utilise Flectogon Auto MC 35 / 2.8, qui possède de nombreuses qualités. La distance de mise au point de 35 mm permet de prendre des photos à longue distance et en gros plan sans distorsion importante. La distance minimale de définition est de 21 cm, ce qui permet de photographier les détails sans utiliser d'anneaux allongés dans la majorité des cas.

Clignote. Toute la puissance nécessaire ne suffira pas dans la majorité des cas, et il ne faut photographier qu'avec de nombreux flashes et obturateur ouvert. Le temps de charge détermine le degré d'application du flash. Au cours de mes trois dernières expéditions, j'ai utilisé des flashes très impuissants (24 joule) avec des piles composées de 37 éléments 9v. Avec une telle technique, il est possible de faire jusqu'à 100-150 impulsions par minute. Le nombre d'éclairs est déterminé par le nombre d'assistants, mais il ne devrait pas y en avoir moins de deux, bien que le nombre de points de source de lumière pour la prise de vue ne devrait pas être inférieur à quatre. Il est utile d'avoir un flash avec un petit réflecteur carré pour photographier de petits objets. La synchronisation de la lumière est très utile dans certains cas.

Le trépied et la photo-corde sont nécessaires, bien que la stabilité du trépied ne soit pas un facteur définissable. La flamme d'une bougie n'est pratiquement pas brouillée si l'on utilise un objectif de 35 mm; on peut déclencher des flashes avec un peu de retard. Le rôle principal de chaque photographie, même dans le cas d'une macrophotographie, appartient à la mise en scène du cliché. Premièrement, tous les points possibles des sources de lumière sont simulés par une lanterne; les réflexes sur les gouttes, les cristaux et l'optique de la caméra sont étudiés. Ensuite, la route des mouvements des assistants à travers les points de lumière est analysée et le nombre d'éclairs de chaque point est compté. Alors seulement la photographie est effectuée; de plus, en règle générale, il existe 2 ou 3 variantes de décision légère.

Pour l'animation des photographies ou pour l'arrangement de prises de vues de natures mortes et également d'échelles, on peut utiliser divers sujets. La variété la plus efficace telle que la bougie ou le modèle féminin appelé "cristal de gypse" dans le jargon de Cupp-Coutunn a tendance à être trop utilisée et à perdre son attrait. Les échantillons d'échelle paradoxaux avec des fleurs vivantes sont encore curieux.

Le soin apporté à la caméra est important. À l'exception de la brosse, de l'ampoule et du kit de réparation, le séchoir, c'est-à-dire le sac de jute, est nécessaire. Le trépied peut être recouvert par le sac de jute, enfermant à l'intérieur de cette petite tente une bougie allumée et un appareil photo pour le séchage. C'est le seul moyen de prévenir la transpiration entre les lentilles. Il est nécessaire de disposer de cordes

photo et de lampes à impulsions pour les flashes. En raison de l'humidité, elles se mettent facilement en panne. Lors de l'utilisation d'un appareil photo à écran large, il est important que le film soit placé dans un emballage de gel de silice au plus tard trois heures après son retrait de la couverture hermétique. Dans le cas contraire, le film de la remorque en papier se détachera de l'humidité et restera collé dans la couche anti-torsion du film qui va le détruire. Le rôle le plus important appartient à la mallette de transport, qui doit à la fois fournir une défense contre les coups lors du rampement et une défense contre la poussière omniprésente et doit être rapidement ouverte. Les petites boîtes en duralumin avec une enveloppe en mousse plastique et un épaissement en caoutchouc de la couverture, avec quelques poignées et boucles sur différents côtés, sont optimales.

Je voudrais conclure en conclusion que la présence d'excellents assistants est d'une importance vitale sans eux la photographie serait impossible. De plus, tous les membres du cercle spéléologique assistent avec plaisir à une bonne photo, dans l'espoir de reproduire une petite collection de diapositives.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement D. Belakovski, A.Markov, O. Bartenev, V.Detinich, D.Malishevsky, A.Golovanov, M.Pereladov, E.Voidakov, V.Korshunov, C.Self, M.Tranteev et beaucoup de mes collègues pour les recherches qu'ils ont menées sur la grotte Cupp-Coutunn. Leur activité désintéressée a fourni le niveau actuel de connaissance du système. Je voudrais également remercier mes collègues minéralogistes qui ont aidé de manière désintéressée les spéléologues dans la recherche analytique et la modélisation. Je remercie tout particulièrement N. Skorobogatova, directeur du musée de la minéralogie de l'Institut russe des ressources minérales. Enfin, je suis reconnaissant à tous les spéléologues, y compris N.Veselova, L.Minkevich, G.Kulanina, G.Pryakhin et O. Bartenev, V.Detinich, D.Malishevsky et autres susmentionnés pour leur aide dans la photographie. Malheureusement, il est impossible d'énumérer tous ceux qui méritent un crédit.

https://www.orexca.com/rus/turkmenistan/nature/reserves/koytendag_reserve.htm

Réserve de Kugitangsky

Parcs nationaux et réserves au Turkménistan

La réserve de Koytendag, ou Kugitangsky, a été créée en 1986 et couvre une superficie de 27 000 hectares. Elle s'occupe de la conservation et de la restauration des écosystèmes de montagne du sud du Pamir-Alai. La crête de Kugitangtau, située à la frontière des provinces de Gorno-Asie centrale et d'Iran, se caractérise par des conditions physiques et géographiques particulières, ainsi que par sa faune et sa flore d'origine. Dans la zone protégée, 22 espèces de mammifères ont été répertoriées (chèvre, lynx turkmène, ours à griffes blanches, léopard, scarabée barbu, etc.), 143 - oiseaux, 21 - reptiles, 2 - amphibiens, environ 1000 espèces de plantes supérieures, dont 40 sont endémiques. Les monuments archéologiques et paléontologiques sont préservés - traces de dinosaures, grottes Karluksky et Cap-Kutan.

Dans la réserve il y a 3 réserves:

- Karluksky (1986) - karst (protection de grottes souterraines uniques en leur genre, la seule population au monde de Kachitan aveugle).
- Khojaoilsky (1986) - forêt de montagne (préservation de l'arche de Zerafshan, «planche de dinosaure», bouc, etc.);
- Khojaburdzhibelidsky (1986) - Forêt de montagne (protection des massifs de pistaches).

Depuis de nombreuses années, la région de Koytendag à l'est du Turkménistan intéresse les scientifiques et les touristes qui viennent ici à la recherche d'expériences exotiques non seulement du Turkménistan, mais également d'autres pays du monde. Qu'est-ce que la simple "exposition" de ce musée de la nature à ciel ouvert - le plateau des dinosaures? Aujourd'hui, le Ministère de la protection de la nature du Turkménistan développe des itinéraires touristiques dans cette région étonnante (à l'avenir, un parc naturel national sera créé ici). La beauté extraordinaire de cette région a à juste titre le statut de monuments naturels.

Les monts Koytendag constituent l'éperon sud-ouest de la chaîne de Gissar, dont le versant occidental (turkmène) est composé de calcaires du Jurassique supérieur et est découpé par de nombreuses gorges aux parois abruptes. Au sud de la crête près du village de Karlyuk, plusieurs grottes karstiques ont été découvertes. La grotte de Cap-Cotan en fait partie. Sa vaste grotte a longtemps été utilisée par les habitants de la région comme abri pour le bétail par mauvais temps. Mais l'écart étroit qui s'allait profondément dans la montagne - dans la partie principale de la grotte - s'est avéré être accessible uniquement aux spéléologues. Par conséquent, au fil du temps, un passage créé par l'homme a été créé ici - dans un autre endroit, les montagnes ont percé le tunnel.

Les grottes de Karluk sont un véritable royaume de secrets, de mystères et de ténèbres éternelles. Les rayons de la lanterne arrachés à l'obscurité de ses salles formaient d'étranges formes de stalactites, qui ressemblaient parfois à une galerie sculpturale. Par exemple, il y a une énorme tête de morse en pierre avec des émeraudes d'eau cristalline qui coulent le long de sa moustache. Les transitions d'une salle à

l'autre sont encadrées par des stalactites suspendues et des stalagmites poussant du sol vers eux, ainsi que dans certaines colonnes par des stalagnates. Dans la salle des "perles", toutes les surfaces inondées sont incrustées de coquilles de mollusques. Dans le hall du "Nouvel An", des stalagmites blanches comme la neige, surnommées le père Noël et la jeune fille des neiges. Lorsque vous voyagez dans les entrailles de la montagne, vous pouvez trébucher sur les veines de l'onyx de marbre, une pierre ornementale semi-précieuse.

Le paysage de montagne de la réserve de Koytendag se caractérise par de longues gorges étroites aux murs «en creux». Elles sont associées à la libération des eaux souterraines. Par conséquent, elles se différencient toujours par la présence de sources ou de cascades et contrastent fortement avec la végétation environnante et les zones arides. Chaque gorge a une identité et des caractéristiques uniques. Par exemple, à Bulak-dere, il y a une cascade très inhabituelle. Sur le rebord rocheux près de la sortie des eaux souterraines, les cheveux de fougère *adiantum adiantum venereum* adorent l'humidité. Depuis lors, la corniche a été décorée avec des mèches de "cheveux" de la déesse de l'amour Vénus, à travers lesquelles les gouttes de cristal coulent, et la cascade elle-même s'appelle "Cheveux de Vénus".

Dans les gorges de Khoja-Karaul-dere, un vénérable vieillard rencontre le mûrier «Kyzyl-tut-baba», vieux de près de 800 ans, orné de nombreux lambeaux colorés, qui symbolisent les rêves et les désirs cachés des voyageurs qui s'y sont rendus. En haut de la gorge, un autre miracle est la cascade gracieuse Summul, une source d'eau vive qui donne la vie au printemps. Et le long de presque tout le ruisseau, il y a des fourrés luxuriants de menthe qui dégagent un arôme merveilleux.

Kirk-Kyz-dere abrite une grotte sombre avec des milliers des mêmes lambeaux précieux suspendus au plafond, ainsi que sur les murs et les branches d'arbres à proximité. Dans un silence solennel, les pas se font entendre dans un écho retentissant et il semble que l'ancienne légende de 40 braves filles prenne vie, en donnant le nom à la gorge, qui a demandé à Dieu de les transformer en pierres pour ne pas s'attaquer au mauvais ennemi ...

La perle d'Umbar-dere est la cascade du même nom, haute de 27 mètres, la plus haute du Turkménistan. Daray-dere - une gorge à toutes les gorges - la plus large et la plus longue (28 km). Son cours d'eau alimente le village de Bazar-depe et le domaine de la réserve de Koytendag. D'épais fourrés impénétrables de charpente du Caucase, des érables duveteux, des rosiers sauvages, des raisins sauvages et d'autres races constituent un refuge pour de nombreux habitants protégés.

Plateau de dinosaure

«Il y a des traces d'animaux sans précédent sur des chemins sans précédent ...», comme on peut le voir sur le village de Khoja-pil, ou plutôt sur le plateau des dinosaures, situé à proximité de ce village. Les habitants de la région connaissent

depuis longtemps des traces inhabituelles. Ils ont même appelé leur colonie "Les traces des éléphants du grand-père sacré" - Khoja-pil Ata, et les ont associés à des éléphants de l'armée d'Alexandre le Grand ou aux éléphants d'un certain Haji qui revenait d'Inde avec des animaux étranges.

Pour la première fois sur papier, des informations sur les traces étonnantes de la ville de Khoja Pil sont parues en 1980. Les experts ont établi que les traces de Khojapil appartiennent à des reptiles disparus depuis longtemps - des dinosaures qui vivaient il y a 150 millions d'années à l'époque du Jurassique supérieur. Dans le "parc jurassique" turkmène, il y a environ 2500 épreuves. Ils appartiennent à trois genres d'anciens dinosaures bipèdes, jusqu'alors inconnus, appelés Turkmenosaurus, Khojapilzavrus et Hissarosaurus. Tous étaient des herbivores, le Turkmenosaurus et le Khojapilzavrus avaient trois doigts, le Hissarosaurus - des lézards à quatre doigts. Le plus grand d'entre eux est Turkmenzavrus. La taille de son sentier atteint 70 x 65 cm, la taille maximale de la marche est de 220 cm, la moyenne est de 150 à 160 cm. Les lézards sont référés par des experts à la commande de volailles. Très probablement, ce sont des iguanodonts, qui ont atteint une longueur allant jusqu'à 20 m, ils se sont déplacés à l'aide de puissants membres postérieurs. Leurs membres antérieurs à cinq doigts étaient nettement plus courts, alors que les lézards ne les utilisaient pas.

La zone d'empreinte du monument paléontologique mesure 500 x 200 m, le plateau est situé à environ 2 100 m au-dessus du niveau de la mer et à 850 m au-dessus du niveau de la colonie de Khoja Pil, incliné vers le nord-est à un angle de 17 à 20 degrés et représente une couche calcaire. Selon K.N. Amanniyazov, célèbre paléontologue, les traces d'animaux anciens ont été "préservées" comme suit. Les dinosaures marchaient dans une mer peu profonde dont le fond était tapissé de calcaire. Puis, pendant longtemps, leurs traces profondes sont restées sous l'eau, conservant leur forme d'origine. Après le retrait de la mer, le soleil a séché le calcaire avec des empreintes de pattes de reptile. La mer récemment rentrée a englouti les empreintes pétrifiées. Ils étaient recouverts de nouvelles épaisseurs de roches détachées. Cela a duré des dizaines de millions d'années. Au Cénozoïque, c'est-à-dire déjà dans notre époque, la région a embrassé un processus puissant de construction de montagne. Le plateau des dinosaures s'est élevé, et une fois les traces d'anciens dinosaures mésozoïques ont été exposées. Ainsi, un pont s'est formé dans un passé lointain, après un million et demi de millions d'années. Et aujourd'hui, chacun de nous peut toucher l'éternité ...

Dans la CEI, il existe trois points géographiques comportant des traces de dinosaures: les gorges de Rawat au Tadjikistan, le mont Sataplia en Géorgie et le tract Khoja-pil au Turkménistan. Le géologue V.I. Sedletsky de la découverte turkmène voit plusieurs caractéristiques uniques. Tout d'abord, l'immensité du territoire de la piste, qui peut être augmentée en supprimant les limites des couches sous lesquelles les chaînes de pistes sont masquées. Deuxièmement, une bonne conservation des pistes et leur accessibilité pour étude. Mais, le plus important, le plateau est un merveilleux monument de l'histoire géologique de la Terre et de l'évolution de son monde organique.

Les montagnes de Koytendag semblent être remplies de miracles. Ce qui n'est qu'un échec karstique avec un lac en bas à proximité du village de Karlyuk. L'échec en tant que tel ne semble pas être une merveille dans une région au processus karstique développé. Cependant, un vrai miracle vit dans ce petit lac. Il s'agit d'un omble aveugle Kugitang, un petit poisson totalement dépourvu de vision, mais aussi des yeux et de la couverture écailleuse. C'est un témoignage vivant des particularités particulières de l'évolution naturelle, puisqu'on peut supposer qu'une fois la population des ancêtres de cet omble est tombée accidentellement dans le système de réservoirs souterrains de la région karstique. La nature rationnelle s'est immédiatement occupée de la "simplification" de l'organisation biologique des poissons souterrains, en les privant de la vue complètement inutile dans une obscurité complète. L'omble aveugle est inclus dans le livre rouge du Turkménistan.

Dans les environs du village de Koyten, il y a tout un bosquet d'Unabi - un arbre rare, environ 2 000 arbres âgés de 200 à 300 ans et de 400 ans. Le bosquet, d'une superficie de 0,87 ha, est parfaitement clôturé et vénéré par la population locale en tant que lieu saint.

Une autre attraction à Koyten est un immense platane, dont l'âge est déterminé entre 600 et 800 ans, voire 1000 ans. Le lac le plus profond du Turkménistan, Kette-kel, est également situé ici. Sa profondeur est de 59 m et la superficie du miroir d'eau est de 25 ha. Le lac Kaynar Baba est cicatrisant, son eau contient du sulfure d'hydrogène et constitue un lieu de détente et de traitement populaire. À côté, séparé par un linéaire étroit, se trouve un nouveau lac avec un banc de poissons, qui attend habituellement les friandises des visiteurs. La réserve a créé une pépinière pour les rares habitants de la faune de la région: gazelles, chèvres, etc. La pépinière est particulièrement fière de l'impressionnante ferme keklikovy.

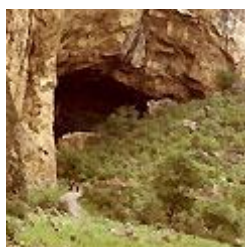
Sur la route de Bazar-depe à Koiten, sur une colline, des pierres blanches sont disposées avec une silhouette de cœur - c'est le lieu de la mort du gars Arza et de la fille Dzhangil - héros de la légende, sur la base desquels le célèbre film "The Kugitang Tragedy" a été tourné.

À l'heure actuelle, la réserve de Koytendag est associée à plusieurs réserves où certaines utilisations économiques sont autorisées dans l'intérêt de la population locale. Cependant, les travailleurs de la réserve estiment qu'une partie des attractions naturelles locales devrait être plus ouverte à l'organisation et au développement du tourisme. La possibilité de créer un parc national pour le développement du tourisme, y compris international, est maintenant à l'étude. Les fonds de parrainage internationaux ont commencé à s'intéresser à cette idée et divers groupes d'experts travaillent maintenant périodiquement dans la réserve.

V. KUZMENKO

Chef du département scientifique, Réserve de la biosphère de Repetek

Source d'information: www.urkmeniya.narod.ru



<https://www.dissercat.com/content/pochvopodobnye-tela-avtokhemolitotrofnykh-ekosistem-peshcher-na-primere-peshcher-khrebta-kug>

Corps ressemblant à des sols d'écosystèmes auto-chimolithotrophiques de grottes: exemple des grottes de la crête de Kugitangtau, Turkménistan oriental, sujet de la thèse et de l'abrégé de la Haute Commission d'attestation de la Fédération de Russie, candidat aux sciences biologiques Semikolenny, Andrei Aleksandrovich

- Semikolennykh, Andrei Alexandrovich
- candidat des sciences biologiques
- 2006, Moscou
- Spécialité de la Commission d'attestation supérieure de la Fédération de Russie 03.00.27
- Nombre de pages 123
- [Télécharger le résumé](#)
- [Lire le résumé](#)



Contenu de la thèse Candidat en sciences biologiques Semikolennykh, Andrei Aleksandrovich

Contenu

INTRODUCTION

Déclaration du problème.

Buts et objectifs.

La nouveauté scientifique du travail.

Valeur pratique.

Matériaux réels.

Approbation du travail.

Des publications

Remerciements f

CHAPITRE 1. L'ÉTAT ACTUEL DU PROBLÈME: LA SPÉCIFICITÉ

EMPLACEMENT DES CAVES, DIVERSITÉ DE CAVE

LES ÉCOSYSTÈMES ET LE RÔLE DES MICROBIOTES EN CES DERNIERS.

CHAPITRE 2. L'ÉTAT ACTUEL DU PROBLÈME: REPRÉSENTATIONS

À PROPOS D'INSITE ÉDUCATIONS SECONDAIRES DE CAVES.

CHAPITRE 3. APPROCHES ET MÉTHODES UTILISÉES.

CHAPITRE 4. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA ZONE DE RECHERCHE.

CHAPITRE 5. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA Cave Cave KUGITANGTAU

SITUATION PAYSAGERE, STRUCTURE DU PROFIL, MORPHOLOGIE, DIVERSITÉ).

Types typiques de paysages de grottes.

Structure morphologique (mésomorphologique) du profil.

La structure microscopique du PPT. Une variété de PPT.

Preuve d'origine autochtone.

CHAPITRE 6. COMPOSITION DU MATÉRIAU PPT CAVES HR. KUGITANGTAU.

La composition mécanique.

Propriétés physico-chimiques.

Composition chimique

Diagnostic de la composition minéralogique de la phase non silicate.

Diagnostic de la composition minéralogique de la phase silicate.

Composition minéralogique consolidée.

La composition de la matière organique.

CHAPITRE 7. LA POPULATION MICROBIENNE DES CAVES SPT DE L'ÉGLISE KUGITANGTAU.

Complexe saprophique de bactéries.

Microorganismes autochémolithotrophes.

Un complexe de champignons microscopiques.

CHAPITRE 8. CORRÉLATION DE LA DISPONIBILITÉ ET DE LA COMPOSITION DU PEP AVEC LA COMPOSITION MINÉRALE ET CHIMIQUE DES RACES MÈRE DES CAVES CHR.

KUGITNGTAU

CHAPITRE 9. EXPÉRIENCE SUR LA VITESSE DE SOLUTION DE «STANDARD

COMPRIMES »DANS LES CAVES DE HR. KUGITANGTAU.

CHAPITRE 10. MICROCLIMAT DES CAVES. MIGRATION DES SUBSTANCES DANS L'EAU.

PROPRIETES HYDROPHYSIQUES DU PPT

CHAPITRE 11. COMPOSITION ISOTOPIQUE DE SOUFRE DANS LES ÉDUCTIONS SECONDAIRES DE CAVES DE HR. KUGITANGTAU ET RACES DE MÈRE DE LA RÉGION. GENESE

GIPSA

CHAPITRE 12. MODELES DE MECANISMES DE PEDOGENESE ET D'EVOLUTION

XP. KUGITANGTAU

Contribution de l'altération des sulfates et des carbonates

Facteurs nécessaires et limitants pour la formation du PPT

La nature paragenétique des horizons PMT et la direction de la migration de la matière

Schémas de transformation des minéraux dans la formation de PPT.

Comportement organique

La rapidité des processus et le schéma de formation et de développement du PPT dans le temps

CONCLUSIONS

Liste recommandée de mémoires dans la spécialité "Science du sol", 03.00.27 code VAK

- [Formation et altération du sol sur du gypse dense dans la zone boréale: schémas spatio-temporels](#) 2007, candidat des sciences géographiques Spiridonova, Inga Aleksandrovna
- [Sols des forêts de Tchouvachie et moyens de les utiliser de manière rationnelle](#) 2004, docteur en sciences biologiques Zakharov, Kuzma Kirillovich
- [Paléosols du Permien supérieur: diagnostics, processus de formation de sol, reconstruction paléogéographique: la région des tronçons inférieurs du fleuve. Sukhona](#) 2010, candidate aux sciences biologiques Inozemtsev, Svyatoslav Anatolyevich
- [Substitutions isomorphes et autres caractéristiques magnéto-minéralogiques des composés du fer dans la zone d'hypergénèse](#) 2006, docteur en sciences physiques et mathématiques, Morozov, Vladimir Vasilievich
- [Sols primaires dans des écosystèmes naturels et artificiels](#) 2012, docteur en sciences biologiques Abakumov, Evgeny Vasilievich

Introduction d'une thèse (faisant partie d'un résumé) sur le thème «Corps ressemblant à un sol d'écosystèmes auto-chimiolithotrophes de grottes: sur l'exemple des grottes de la crête de Kugitangtau, Turkménistan oriental»

Déclaration du problème.

À ce jour, un certain nombre d'écosystèmes ont été décrits dans lesquels le rôle des producteurs primaires n'est pas joué par les plantes, mais par des organismes auto-chimiolithotrophes qui utilisent l'énergie chimique au lieu du solaire. Ces écosystèmes sont décrits au fond des océans, à l'intérieur de la croûte terrestre et dans les grottes karstiques. Les zones de contact et d'interaction des organismes auto-chimiolithotrophes et le substrat minéral, étudiés sur les parois des grottes, jouent le rôle fonctionnel des sols à la surface de jour, exerçant des fonctions régulatrices, structurelles et bioaccumulatives dans les écosystèmes. Contrairement aux écosystèmes aquatiques sans cadre, dans lesquels un environnement aquatique labile ne permet pas la formation d'une structure stable et durable de formations bio / abiotiques, les zones de contact des substrats biotiques et minéraux trouvés dans les grottes karstiques ont un squelette en phase solide et un système d'horizons génétiques sous-parallèle aux facteurs en jeu. Cela nous permet de les considérer non seulement sur le plan fonctionnel, mais aussi sur le plan structurel, en tant que corps biocoseux naturels ressemblant à un sol et présentant un profil anisotrope vertical. On peut supposer que les approches et les méthodes de la science génétique du sol sont les plus efficaces pour étudier la composition, l'organisation, la genèse et le fonctionnement de corps ressemblant à du sol en tant que composants des écosystèmes autochto-photothotrophes des grottes karstiques.

Basé sur les concepts d'«exogénèse in situ» [Targulyan, 1983], de «parasols» [Sokolov, 1993], et sur la définition des corps semblables à des sols comme «des corps possédant certaines caractéristiques caractéristiques des sols, remplissant des fonctions ou occupant l'espace qui appartient habituellement aux sols» [Dmitriev, 1996], nous avons considéré les corps ressemblant à du sol sur les murs et les plafonds de certaines grottes (Figure 1), qui résultent de la transformation successive du substrat minéral (calcaire) in situ sous exposition directe ou indirecte au microclimat. s, des

microorganismes, principalement des bactéries et avtohemolitotrofnyh qui oxydent les composés de soufre.

Parmi les propriétés qui associent nos objets aux sols des écosystèmes terrestres, on distingue:

1. L'objet est une zone de contact entre le microclimat et le «biota» des grottes avec des roches karstiques de la grotte avec la formation d'une zone d'interaction stable en phase solide - un système biocose semblable à un sol.
2. La présence d'une phase biologique active - des microorganismes qui vivent dans le système et affectent son auto-organisation.
3. Le fonctionnement du système biocose avec le développement de tous les processus spécifiques au sol, l'échange de matière et d'énergie entre le substrat minéral, le biote et l'atmosphère de la grotte.

Figure 1. Localisation de l'objet d'étude dans le profil de la cavité et de la topologie.

Race mère

Grottes te.1a de type sol (PPT) 4

Grotte

Différentes topologies de profil

L) sol normal (loué)

Près des vérités de ■ l'atmosphère 1 e

O '

- = et

C) Corps "inversé" (cavité) faceophobe nocturne 2 V

1

Il e s | Je p atmosphère

3. La formation de la structure tégumentaire à la limite entre le médium et le rocher.

4. origine naturelle-historique en raison de la transformation bio-abiotique constante de la roche mère in situ au fil du temps;

5. la capacité de former, de conserver et d'accumuler des produits de fonctionnement en phase solide dans le système;

6. La présence d'horizons subparallèles à la surface du rocher et à l'avant des facteurs existants;

7. Certaines propriétés consistant à faciliter l'accessibilité d'une ressource minérale à un micro-organisme, c.-à-d. le concept est quelque peu analogue à la "fertilité du sol".

La principale différence entre les corps ressemblant à un sol de grotte étudiés (ci-après dénommés «PIT») et les croûtes altérées est leur biotité élevée et l'influence significative attendue de la phase biologique sur les processus abiogéniques (c'est-à-dire le rôle important de la matière vivante dans la transformation des roches).

Ainsi, dans les grottes où l'énergie chimique est utilisée au lieu de l'énergie solaire pour maintenir la productivité de la communauté d'organismes, il se forme des bios-corps ou des systèmes ayant une structure ressemblant à un sol (structure en phase solide, profil, horizons) et jouant le rôle fonctionnel du sol à la surface dans les grottes, ce qui permet d'optimiser l'environnement contact du biote et du substrat minéral lors de la production de biomasse primaire. À l'avenir, pour désigner ces formations, nous avons utilisé l'expression «corps de grottes ressemblant à du sol».

La pertinence du sujet est due à la nécessité de décrire un nouvel objet biocosal naturellement historique, ainsi qu'à la nécessité d'étudier les écosystèmes souterrains isolés de manière conditionnelle, les conditions géochimiques des paysages souterrains et de simuler les mécanismes d'altération et de pédogenèse sans la participation des plantes.

Buts et objectifs

L'objectif est d'identifier les schémas de formation de biocarburants ressemblant à du sol dans les écosystèmes de grottes auto-chimolithotrophes: formation d'une structure horizontale profilée, processus de transformation de la masse minérale et de la matière organique et évolution tendancielle du développement.

L'objectif a défini les tâches suivantes:

1. Caractériser la morphologie, les propriétés physico-chimiques, la composition chimique et minéralogique de corps semblables à des sols dans les cavernes de la crête. Kugitangtau.
2. Identifier les mécanismes d'altération des roches mères, les voies de transformation des minéraux et les caractéristiques de la migration géochimique dans les objets étudiés. Identifier les spécificités de la pédogenèse et de l'altération dans les grottes.
3. Étudier la transformation de la matière organique des corps semblables au sol dans les cavernes de la crête. Kugitangtau.
4. Identifier les modèles de formation, les spécificités de la pédogenèse et des intempéries, la formation horizontale et la formation de profils dans les corps semblables à des sols de grottes de la crête. Kugitangtau.
5. Développer des modèles de pédogenèse et de développement de corps semblables à des sols dans les cavernes de la crête. Kugitangtau.
6. Évaluer le rôle fonctionnel des corps de cavités semblables à des sols en tant que moyens de contact entre le microbiote et le substrat minéral.

La nouveauté scientifique du travail.

Pour la première fois, un nouveau corps naturel biocosal semblable à un sol est caractérisé en détail. La liste des objets étudiés selon les méthodes du sol a été élargie.

Les principales méthodes de transformation de la masse minérale du calcaire et les particularités de la situation géochimique au cours de l'altération biogénique et abiogénique dans les grottes karstiques sont révélées.

Un nouveau mécanisme pour l'évolution des corps en forme de sol est proposé, dont le temps de développement est limité par les forces de gravité.

Pour la première fois, le résultat et les produits essentiels des écosystèmes auto-chimolithotrophes sont pris en compte. La nature possible du contact du biote et du substrat minéral dans des conditions de grotte est établie.

Valeur pratique.

Les corps des grottes, semblables à des sols, servent de modèle au processus de faible dynamique à long terme de l'influence des facteurs abiogènes et de l'activité du microbiote sur la roche mère. L'évaluation du rôle fonctionnel des corps de grottes semblables à des sols nous permet de développer des méthodes d'étude et d'évaluation de la productivité de petits écosystèmes auto-chimolithotrophes isolés de manière conditionnelle, y compris lors de la recherche de la vie dans le sous-sol d'autres planètes du système solaire.

Matériaux réels.

Le travail est basé sur du matériel expéditionnaire et analytique, ainsi que sur les résultats des observations microscopiques obtenues par l'auteur en 1993-2000. Des études sur le terrain ont été menées entre 1993 et 1997, en collaboration créative avec des spécialistes de VNIIGeosystem et de la faculté de géologie de l'Université d'État de Moscou. En 1996/97, les travaux ont été effectués en accord avec le ministère des Richesses naturelles du Turkménistan.

Sur le terrain, les caractéristiques morphologiques, les observations microclimatiques et minéralogiques et les échantillonnages ont été décrits. Le nombre d'échantillons prélevés pour divers types d'analyses est le suivant: roches - 45, eaux souterraines - 5, sols et formations secondaires lâches de grottes - 55.

L'analyse par fluorescence X (composition chimique globale) a été réalisée à l'Institut du sol. RAAS Dokuchaev (Sorokin S.E.). Le laboratoire de chimie de l'Institut de géographie de l'Académie des sciences de Russie (Vostokova T.A., Agafonova E.A., Chugunova AM) a déterminé la composition d'extraits - eau, Tamm et Mera-Jackson, pH, composition mécanique, teneur globale en certains éléments (soufre, potassium dans les aluminosilicates, calcium), teneur en carbonates par la méthode gazométrique. Le département de chimie des sols de la faculté des sols de l'Université d'État de Moscou (Stepanov A.V.) a procédé à l'extraction et à la détermination du poids des fractions de matière organique, la teneur totale en carbone organique obtenu par combustion.

La diffraction des rayons X a été effectuée en partie au département des sciences du sol, à la faculté des sols de l'université d'État de Moscou (Sokolova T.A., Dronova J.I.A.) et en partie au laboratoire d'écologie et de géographie des sols du centre scientifique de Carélie de l'Académie des sciences de Russie (Krasilnikov P.V.), en partie à la fonction biologique.

Faculté des sols de l'Université d'État de Saint-Pétersbourg (Loessova S.N.).

Les principales caractéristiques hydrophysiques des échantillons ont été déterminées au département de physique du sol de la faculté des sciences du sol de l'Université d'État de Moscou (MV Bannikov).

Des analyses isotopiques ont été effectuées à l'Institut des problèmes physico-chimiques et biologiques de la science des sols de l'Académie des sciences de Russie (S. Oleinik).

Des études en microscopie électronique ont été effectuées dans le laboratoire interdépartemental de microscopie électronique de la faculté de biologie de l'Université d'État de Moscou.

Des analyses microbiologiques ont été effectuées en partie à l'Institut de géographie de l'Académie des sciences de Russie et en partie au département de biologie des sols de la faculté des sols de l'université d'État de Moscou (Dobrovolskaya T.G., Ivanova A.E.).

Approbation du travail.

Les matériaux de la thèse ont été rapportés: au colloque international "Percées en géomicrobiologie du karst et géochimie du RedOx" (États-Unis, Colorado Springs, Karst Water Institute) en 1994; lors du 2e Symposium international "Minéralogie et vie: Interactions biominérales" (Russie, Syktyvkar, Institut de géologie) en 1996; au 12e Congrès international de spéléologie (Suisse, La Chaux-de-Fonds) en 1997; lors du 2e symposium international "Karst Water Resources" (Iran, Téhéran-Kermanshah, ministère de l'Énergie) en 1998; lors des lectures de jeunes de Dokuchaev (Saint-Pétersbourg, Université S.-Ptb.) en 2001, à la conférence scientifique et pratique "Ecologie et protection des cavernes" (Krasnoyarsk, Université agraire de l'État de Krasnoyarsk) en 2001.

Les travaux ont été examinés lors de réunions du département de géographie des sols de la faculté des sciences du sol de l'Université d'État de Moscou en 1996, 1997 et 2002, ainsi que lors d'une réunion du laboratoire de géographie et de l'évolution des sols de l'IG ASR en 1999.

Des publications

Sur le sujet de la thèse, 11 travaux ont été publiés (dont 5 résumés, 4 articles de collections, 2 articles de revues et collections révisées par des pairs; 6 ouvrages en russe et 6 travaux en anglais).

Remerciements

L'auteur exprime sa sincère gratitude et sa gratitude aux collègues suivants pour leur aide dans le travail conjoint et leurs conseils avisés: Dobrovolskaya T.G., Ivanova A.E. (Département de biologie du sol, Faculté des sciences du sol, Université d'État de Moscou), Sokolova T.A., Dronova J.I.A. (Département des sciences du sol en général, Faculté des sciences du sol, Université d'État de Moscou), CB Goryachkin, Vostokova TA, EA Agafonova, Chugunova AM (Institut de géographie RAS), Krasilnikova PV (laboratoire d'écologie et de géographie des sols, Institut de biologie, Centre scientifique de Carélie de l'Académie des sciences de Russie), Sedova S.N. (Département de géographie du sol, Faculté des sciences du sol, Université d'État de Moscou), S. Loessova (Université d'État de Saint-Pétersbourg), Oleinik S.A. (Institut des problèmes physico-chimiques et biologiques des sciences du sol), Andreeva CB (Département de physiologie végétale, Faculté de biologie de l'Université d'État de Moscou). Aide précieuse pour organiser le travail de terrain dans la région de la crête de Kugitangtau en

1996 et 1997 ont été fournis par des collègues turkmènes - Atamuradov Kh.I., Berkeliev

T.K., Menliev Sh.R. et Akhmetov E.A. Un merci spécial à l'auteur

Korshunov V.V. | (Département de géochimie, Faculté de géologie de l'Université d'État de Moscou) et Maltsev V.A. (VNII Geosystem) - à des collègues en recherche dans les grottes et aux auteurs de nombreuses idées de ce travail. L'auteur remercie le superviseur - Targulian V.O. pour l'orientation scientifique de ce travail et pour l'aide à l'élaboration des bases théoriques du concept.

Thèses similaires dans la spécialité «Science du sol», 03.00.27 code VAK

- [Fonctionnement du sol des biogéocénoses non perturbées de la taïga méridionale: à environ TsLGBZ](#) 1998, docteur en sciences biologiques Trofimov, Sergey Yakovlevich
- [État magnétique et valence du fer dans la phase solide des sols](#) 2003, docteur en sciences biologiques Ivanov, Alexander Vasilievich
- [Etat et évolution de la masse minérale des sols zonaux sur les loams de couverture: aspects génétiques](#) 2000, docteur en sciences biologiques Simonov, Gennady Alekseevich
- [Oxydogenèse du fer dans les sols de la zone de steppe](#) 2010, docteur en sciences biologiques Alekseev, Andrei Olegovich
- [Interactions zoomicrobiennes dans le sol](#) 2003, docteur en sciences biologiques de Byzov, Boris Alekseevich

Conclusion d'une thèse sur le sujet "Science des sols", Semikolenny, Andrei Alexandrovich

Des conclusions

1. Dans certaines grottes karstiques, avec une combinaison favorable de facteurs environnementaux (température élevée, existence de flux d'air-chaleur, source de sulfure ou de sulfure d'hydrogène), des systèmes tégumentaires de type bios du type bios, à structure horizontale, contenant des biocénoses microbiennes qui produisent la biomasse primaire de l'écosystème de la grotte. La productivité biologique de ces systèmes nous permet de considérer les systèmes de grottes de type sol comme des analogues structuraux et des homologues de sol fonctionnels à la surface de la Terre.

2. Les systèmes ressemblant à du sol se forment principalement sur les murs et les plafonds des grottes; ainsi, la roche mère est située au-dessus de la, la face avant des facteurs agit de dessous et le mouvement des produits de vieillissement est dirigé par gravité.

3. Les systèmes de grottes en forme de sol ont un profil chamais ou rouge, une saturation en Ca élevée et une faible densité apparente. En règle générale, dans le profil, on distingue toujours l'horizon éluvial et l'horizon illuvial en fer et en aluminium. La roche mère est représentée par des calcaires altérés hydrothermalement.

4. Du fait de la dissolution de carbonates et de sulfates, la dissolution et la transformation de la phase aluminosilicate du calcaire (chlorite, montmorillonite), de la jarosite, du gypse, de la goéthite, de l'hématite et de la gibbsite se forment dans le profilé. La formation de gibbsite et d'hématite est due à une exposition constante à des températures d'environ 20 ° C, à une humidification périodique de l'éluvium avec un condensat de vapeur d'air et à l'existence d'une atmosphère oxydante dans l'horizon illuvial.

5. La transformation des minéraux dans le profil des corps de grottes semblables à du sol est représentée par la superposition de produits d'altération ferralitiques sur la zone d'oxydation des sulfures. Le vieillissement se produit sur un fond de carbonate à pH neutre et légèrement alcalin. L'altération associée à l'action de l'acide sulfurique est de nature locale.

6. La phase biologique des corps semblables à des sols de grottes est représentée à la fois par des microorganismes auto-chimolithotrophes utilisant des composés à teneur réduite en soufre et des micro-organismes saprophytes utilisant les matières organiques dispersées de la roche mère

et la biomasse primaire d'organismes auto-chimolithotrophes.

7. Dans le profil des corps de grottes ressemblant à un sol, la teneur en carbone organique est comprise entre 0,15 et 0,4%, ce qui indique une faible accumulation de matière organique par rapport à la roche mère (la teneur en Corg dans la roche est de 0,18%) et la formation est hautement biotique, mais système sans humus. Une analyse de la composition du groupe démontre l'accumulation de fractions bitumeuses et une diminution de la fraction d'acides humiques par rapport à la roche initiale.

8. Il est proposé d'examiner séparément les résultats de l'exposition au sulfate et au dioxyde de carbone en tant que modèles principaux de vieillissement et de pédogenèse. Ces modèles de base peuvent être intégrés de manière synchrone ou mis en œuvre de manière séquentielle. La durée de développement des systèmes de grottes en forme de sol est limitée par la gravité (c'est-à-dire que l'excrétion se produit après l'accumulation de masse critique en phase solide).

LISTE DES OEUVRES PUBLIEES PAR THEME DE LA DISSERTATION

1. Korshunov V., Semikolennykh A. Le modèle des processus spéléogénétiques, lié au RedOx bactérien des cycles sulfuriques dans les grottes de la crête de Kugitangtau // Percées dans la géomicrobiologie du Karst et la géochimie RedOx. Pub. par le Karst Water Institute, NY. 1994. p. 43
2. Korshunov VV, VA Maltsev, Semikolenny AA, Teploukhova EB Un exemple de la formation typique du sol dans le karst sur l'exemple de la grotte de Kap-Kutan (Sud-Est du Turkménistan) // In coll. thèse. Rapports de studio conf. "Problèmes modernes de la science du sol et de l'écologie." Moscou 1994. p 123
3. Semikolenny A.A., Maltsev V.A., Korshunov V.V. Procédés de vieillissement biogénique sulfuré-acide dans les grottes de la crête de Kugitangtau (sud-est du Turkménistan) // Proc. Int. Simp. "Minéralogie et Vie: Interactions Biominérales." Syktyvkar. 1996. p. 61
4. Semikolennykh A. Microorganismes dans les grottes de l'ex-URSS: géographie, écologie, activité géochimique // Proc. du 12ème Int. Cong. de spéléologie. - La Chaux-de-Fonds, Suisse, 10-17.08.1997. Vol.3, pages 293-299.

5. Semikolennykh A. Risques épidémiques dans les grottes de l'Asie centrale // Proc. du 12ème Int. Cong. de spéléologie. - La Chaux-de-Fonds, Suisse, 10-17.08.1997. Vol 5, p. 87-88.
6. Maltsev A., V. Korshunov, Semikolennykh A. Le modèle de formation d'un système ressemblant à un sol dans les grottes de la crête de Kougitantou // Proc. du 12ème Int. Cong. de spéléologie. - La Chaux-de-Fonds, Suisse, 10-17.08.1997. Volume 1, pages 34-38.
7. Semikolennykh A. Microorganismes dans des grottes de la crête de Kougitantou (Turkmenistan) // Proc. de 2nd Int. Symp sur les ressources en eau du Karst (4-13 juillet 1998. Téhéran-Kermanshah. Ir d'Iran). Téhéran, p. 143 (en anglais et en persan).
8. Genèse AA à sept genoux et évolution des systèmes ressemblant à un sol de couleur rouge dans les grottes de la crête de Kugitangtau (Turkmenistan) // Résumés des lectures de jeunes de Dokuchaev (27 février - 2 mars 2001. Saint-Petersbourg). Saint-Petersbourg, 2001. p. 159-160.
9. Semikolennykh A.A., Ivanova A.E., Dobrovolskaya T.G. Communautés microbiennes de grottes de la taïga septentrionale // Science du sol, 2004, n° 1, p. 23-35.
10. Semikolenny A.A. Caractéristiques de la spéléogénèse des grottes de la crête de Kugitangtau associées à des processus biogéniques à base de sulfate // Collection interuniversitaire d'ouvrages scientifiques "Caves" (sous presse).
11. La formation de la couverture de couleur rouge et semblable à un sol dans l'état actuel des grottes subaéales (crête de Kougitantou, Turkmenistan oriental) // Abst. du Congrès de l'Union géographique internationale (sous presse).

Références de la thèse de doctorat Candidat en sciences biologiques Semikolennykh, Andrei Aleksandrovich, 2006

1. Ball TK & Jones JC, Spéléogénèse dans l'affleurement calcaire situé au nord du Coalfield South Wales; le rôle des micro-organismes dans l'oxydation des sulfures et des hydrocarbures. Science des cavernes. 1990, vol. 17, non. 1, p. 3-8.
2. Barnett HL, Hunter BB: genres illustrés de champignons imparfaits. Minneapolis: Editions Burgess. Troisième éd., 1972. 241 p.
3. Bhatti TM, Bigham JM, Carlson L. et Tuovinen OH, produits minéraux d'oxydation de la pyrrhotite par Thiobacillus ferrooxidans // Appl Environ Microbiol. Juin 1993; 59 (6): 1984-1990.
4. Boston PJ Rapport de constatation préliminaire du consortium de scientifiques souterrains de Mars. Déposée par le Service des parcs nationaux. Parc national de Carlsbad Caverns, Carlsbad. 1995. NM. 10 pages.
5. Boston PJ, MV Ivanov, CP McKay Sur la possibilité d'écosystèmes chimiosynthétiques dans les habitats souterrains sur Mars // Icarus, vol 95. 1992. Pages 300-308
6. Boston PJ, Spilde MN, Northup DE, et al. Suites de biosignature de grottes: microbes, minéraux et Mars // Astrobiology, vol. 1, n° 1. 2001. Pages 25 à 55.
7. Botrell S., Crowley S., Self C. Invasion d'un aquifère karstique par des fluides hydrothermiques: mise en évidence de la composition isotopique stable de la minéralisation des grottes. // Géogluides. 2001. # 1, pages 103-121.
8. JC Canaveras, Hoyos M., Sanchez-Moral S., et. al. Communautés microbiennes associées aux gisements d'hydromagnésite et d'aragonite en fibres à aiguilles dans une grotte karstique (Altamira, nord de l'Espagne) // Geomicrobiology Journal. 1999, vol. 16. Pages 9-25.
9. Caumartin V. Examen de la microbiologie des environnements souterrains // Bulletin de la Société nationale de spéléologie. 1963, vol. 25 (1). Pages 1-14.
10. Culver DC, Kane TC, Fong DW Adaptation et sélection naturelle dans les grottes. Cambridge Harvard Univ. Presse 1995.
11. Cunningham KI, Northup DE, groupe de travail Pollastro, groupe de travail Wright, bactérie LaRock EJ, champignons et biokarst dans la grotte de Lechugilla, parc national de Carlsbad Caverns, Nouveau-Mexique. Géologie de l'environnement, # 25. 1995. Pages 2-8.
12. Domsh KH, W. Gams, Anderson T.-H. Compendium de champignons du sol. Réimpression der Ausg. von 1980. Eching: IHW-Verlag, 1993. Vol. 1. P. 860.
13. Ellis MB Hyphomycetes dematiaceous. Institut mycologique du Commonwealth. Kew, Surrey, Angleterre. 1971. 608 p.
14. Engel A. Une altération microbienne accrue dans les habitats souterrains: bactéries oxydant le soufre et l'environnement des grottes // Procès-verbal de la réunion des Amis du karst, Cluj, Roumanie B. Onac et T. Tamas (éd.). Etudes et problèmes karstiques. 2000. Pages 130-134.
15. Forti P. Le rôle de la réaction sulfure-sulfate dans la spéléogénèse. Proc. du 1er Congrès de FEALC. Ouro Preto, Brésil. 1988. Pages 71-73.
16. Fortin, D. et Beveridge, TJ, 1997. Réduction du sulfate microbien dans les résidus miniers: formation de sulfures de fer diagénétiques, Geomicrobiology J., 14, 1-21.
17. Gams W. Cephalosporium-artige Schimmelpilze (Hyphomycètes). Jena: Fisher Verlag, 1971. 262 p.
18. Gounot AM La microflore des limons argileux souterrains: sone activite productrice dan labiocenose cavernicole. Speleogoly annuel. Vol 26. 1967. Pages 23-146
19. Hill, CA et Forti P., Cave minerals of the world. NSS Huntsville, 1997. 463 p.
20. Jain DK, Stoes-Gascoyne S., Providenti M., Tanner C., Cord I. Caractérisation des communautés microbiennes dans les eaux souterraines profondes à partir de roches granitiques // Canadian Jour, de Microbiology / Rev. Peut. Microbiologie. 1997. Vol. 43, n° 3. Pages 272-283.
21. Jakucs L. A. karszotok morfofenetikaja, un karsztfiejloves varienciai. Akad. Kiado, Budapesht. 1971. Pages 114-181
22. Jones B, MacDonald RW Micro-organismes et tissus cristallins de pisolithes de cavernes de Grand Caïman, Antilles britanniques // Journal of Sediment Petrology. 1989, volume 59 / Pages 387-396.
23. Klich MA, Pitt JI Guide de laboratoire sur les espèces communes d'Aspergillus et leurs téléomorphes. Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth,

Division de la transformation des aliments, 1988. Réimpression 1992. 116 p.

24. Lynch JM Environnement terrestre / Les microorganismes en action: concepts et applications en écologie microbienne. Eds. par JM Lynch, JE Hobbie. Blackwell Scientific Publications, 1988. Pages 103-131.

25. Magurran AE, Diversité écologique et sa mesure. 1983. Londres-Sydney

26. Magan N. Fungi dans des environnements extrêmes / The Mycota. Vol. IV Relation environnementale et microbienne. Eds. par DT Wicklow, BE Soderstrom. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1977. Pages 99-114.

27. Maltsev MV, Korshunov VV, Semikolennykh AA Cave Sols chimio-lithotrophiques // Proc. du 12ème congrès, de spéléologie. La Chaux-de-Fonds. Suisse Vol.1.1997. Pages 29-32.

28. Maltsev VA et Self CA Système de grottes Cupp-Coutan. Turkménistan. Asie centrale // Proc. de Bristol Speleol. Soc., 1992. Vol. 19 (2), pages 117-149.

29. Maltsev VA Influence des changements de saison du microclimat de la grotte sur la genèse du gypse // Proc. 10ème Int.Cong.Spel.Vol. III, Budapest, 1989, pages 813 à 814

30. Morehouse DF, 1968. Développement de grottes par réaction d'acide sulfurique. Nation. Spéleol. Soc. Bull., V. 30, n° 1, pages 1-10.

31. Northup D., CA Dahm, Melin LA et al. Mise en évidence d'interactions géomicrobiologiques dans les grottes de Guadalupe // Jour, de Cave and Karst Studies. 2000. vol. 62 (2): 80-90.

32. Pedro G., Lubin JC Sur l'évolution des gels aluminosilicaques en milieu lessivé. Influence de la nature des agents d'altération sur l'édification de gibbsite sur boeuf au sein des produits éluviaux // CR Acad. Sci. Paris, 1970.226 pages 551-444.

33. Pitt JI Un guide de laboratoire sur les espèces communes de Penicillium. Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth, Division de la transformation des aliments, 1988. Deuxième éd. Réimprimé 1991.188 p.

34. Pohlman JM, Illife TM, Cifuentes LA Étude des isotopes stables du cycle organique et de l'écologie d'un écosystème de grottes d'anchialine // Série sur le progrès en écologie marine. 1997. Vol. 155: 17-27.

35. Raper KB, Fennell DI Le genre Aspergillus. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1965, 668 p.

36. Raper KB, Thorn C. Un manuel de la pénicillia. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1949.875 p.

37. Les recherches cherchent l'origine de bactéries souterraines profondes // Terre dans l'Espace. 1994, vol. 7, n° 3. Pages 6-8.

38. Rifai MA Une révision du genre Trichoderma // Mycological Papers, 1969, n° 116. P. 3-56.

39. Sarbu SM, Kimble BK, Vlasceanu L., Kane TC, Popa R. Caractérisation microbienne d'un écosystème d'eau souterraine riche en sulfures // Geomicrobiological Journal. 1994, n° 12. Pages 175-182.

40. Sarbu SM, Lascu C. Corrosion par condensation dans la grotte de Movil, Roumanie. // Jour, études de la grotte et du karst. 1997. Vol. 59 (3): 99-102

41. Schwertmann U. Présence et formation d'oxydes de fer dans divers environnements pédologiques // Fer dans des minéraux de sol et d'argile. Dordrecht: Reidel. 1988. Pages 267-308.

42. Simkiss K., Wilbur KM Biominéralisation. Biologie cellulaire et dépôts minéraux. Londres: Academic Press.

43. Stevens TO, McKinley JP Écosystèmes microbiens lithoautotrophes dans les aquifères basaltiques profonds // Science. 1995, vol 270. Pages 450-454.

44. Toran HP, Harris RF Interprétation des isotopes de soufre et d'oxygène dans l'oxydation biologique et abiologique des sulfures // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1989, vol. 53,23418.

45. Vlasceanu L., Popa R., Kinkle B. Caractérisation de Thiobacillus thioparus LV43 et de sa distribution dans un écosystème d'eaux souterraines de type chimio-autotrophique // Applied and Environmental Microbiology. 1997, août. Pages 3123-3127.

46. Zycha H., R. Siepmann, Linnemann G. Mucorales. Genre, 1969.335 p.

47. Arinushkina EB Guide pour l'analyse chimique des sols. M., 1970. 486 p.

48. Berkeliev T.K., Pautov L.A., Ignatenko K.I. Découverte freponte au Turkménistan // Mineralogical Journal, Kiev, 1992, no. 12/2, pages 84-87

49. Bushinsky G.I. Succès dans l'étude de la genèse de la bauxite au cours des dix dernières années (1955-1965) // Genèse de la bauxite. M., Maison d'édition "Science", 1966. Pages. 5-30.

50. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Méthodes d'étude des propriétés physiques des sols et des sols. Ed. 3rd, M., 1986,416 s.

51. Vodyanitsky Yu.N. La formation d'oxydes de fer dans le sol. M., sol. Im eux. Dokuchaev Académie russe des sciences agricoles, 1992.275 p.

52. Volodin A.P., Pshenichkov V.A. Microflore de la grotte de glace de Kungur // Transactions de l'Institut dentaire de Perm. 1949, n° 3. p 392-402.

53. Vorobyova L.A. Théorie et méthodes d'analyse chimique des sols. M., ed. Université d'État de Moscou. 1995.134 p.

54. Gvozdetzky N.A. Karst 1981. À cause de la "pensée", Moscou.

55. Dmitriev E.A., Sol et corps analogues au sol // Science du sol. 1996. No3. Page 310319.

56. Dombrovskaya Zh.V. Origine de la minéralisation allophane-gibbsite dans les roches de la série du Baïkal // Croute altérée. 1978. Numéro 16, p. 89-106.

57. Zavarzin G.A. Conférences sur la microbiologie naturelle. M., science, 2003. 244-342.

58. Zonn S.V., Travleyev A.P. Aluminium: rôle dans la formation du sol et effet sur les plantes. Dnepropetrovsk Publishing House de la DGU. 1992.224 p.

59. Isachenko V.L. Formes de vie des plantes dans les grottes et les mines // *Nature*. 1943, n° 1.
60. Kirilenko T.S. Le déterminant des marsupiaux du sol: Kiev: Naukova Dumka, 1978. 264 p.
61. Klimchuk A.B., Nasedkin V.M., Cunningham K.I. Grotte formations secondaires de la genèse de l'aérosol // *"Light"*, Kiev. 3 (9), 1993.
62. Korchagin Yu. Et; Chetverikova O. P. Méthodes pour l'étude de la matière organique dispersée de roches sédimentaires, - M.: Nedra - 1976.
63. Korshunov V.V. Flux de chaleur de la Terre et spéléogénèse // *Matériaux du séminaire scientifique IX "Système planète Terre"* (problèmes non traditionnels de la géologie). M., Maison d'édition de l'Université d'Etat de Moscou. 2001. Page 120-122
64. Krasilnikov P.V., Shoba S.A. Sols sulfatés de la Fennoscandie orientale (sur des gisements offshore) // Petrozavodsk: Centre de recherche carélien de l'Académie des sciences de Russie, 1997.160 s.
65. Kuznetsov S.I., Dubinina G.A. Méthodes d'étude des microorganismes aquatiques. 1989. Moscou. "Science"
66. Kutyrev E.I., Mikhailov B.M., Lyakhnitsky Yu.S. Dépôts de karst. Leningrad. Maison d'édition "Nedra". 1989.306 pp.
67. Kucheryavykh V.I., Abduzhabarov M.A. Kap-Kotan-2 est la plus grande grotte d'Asie centrale // *Certains aspects de la géographie physique du sud-ouest de l'Ouzbékistan*. Université de Samarcande. 1982. p. 29-30.
68. Lazarev I.S., Filenko G.D. Caractéristiques géologiques et minéralogiques de la grotte karstique de Gaurdak \\ *Caves* (collection interuniversitaire. Tr. Scientifique), vol. 16. 19751. Pages 45-63
69. Mavlyudov B.R. Systèmes climatiques des grottes // *Questions de spéléologie physique*. M., MIPT Publishing House, 1994. Pp. 4-21 (?)
70. Maltsev V.A. Minéraux du système de grottes karstiques de Kap-Kutan (sud-est du Turkménistan) // *Stone World*. 1993, n° 1 (2), p. 3-13.
71. Méthodes de microbiologie et de biochimie des sols. Ed. D.G. Zvyagintsev. 1991. Moscou. "Maison d'édition de l'Université d'Etat de Moscou".
72. Mirchipk T.G. Mycologie du sol: un manuel. M., maison d'édition de l'Université d'Etat de Moscou, 1988.220 p.
73. Mikheev V.I. Déterminant radiométrique des minéraux. M; Gosgeoltekhizdat, 1957.
74. Le déterminant de la bactérie Bergey, M.: Mir, 1997. 799 p.
75. Razumova V.N. Gibbsitiferous croûtes altératrices des principales roches // *Genèse de bauxites*. M., Maison d'édition "Science", 1966. Pages. 91-101.
76. Razumova V.N., Chernyakhovsky A.G. L'ancienne croûte de vieillissement de l'interfluent Ort-Ilek et l'histoire de son développement // *Transactions d'un géologue*. Et cette Académie des sciences de l'URSS, vol. 77, 1963.
77. Semikolennykh A.A. Caractéristiques de l'écologie des organismes dans les grottes de Pinega // *Matériaux de scientifique et pratique*. Conférence "Problèmes de protection et d'étude de l'environnement naturel du nord de la Russie" (16/08/1999, village de Pinega). Arkhangelsk. Page 131
78. Semikolennykh A.A., Ivanova A.E., Dobrovolskaya T.G. Communautés microbiennes de grottes de la taïga septentrionale // *Science du sol*, 2004, n° 1, p. 23-35.
79. Sokolov I. A. Problèmes théoriques de la science génétique des sols. Novosibirsk, 1993.
80. Targulyan V.O. Formation et altération du sol dans les zones froides et humides. M., "Science". 1971.
81. Targulyan V.O. Exogénèse et pédogénèse: élargissement de la base théorique de la science du sol // *Journal de l'Université d'Etat de Tomsk*. Université d'Etat de Moscou. Ser. 17, science du sol. 1983. No. 1. Page 33-43.
82. Chernyakhovsky A.G. Le zonage vertical de la croûte de vieillissement portant des gibbs du Quaternaire en Abkhazie // *Doklady AN SSSR*. 1971. Volume 198, n° 2. Page 415-418.
83. Chernyakhovsky A.G. La dynamique de la formation de la croûte d'altération des gisements de l'Holocène dans l'Adjara côtier // *Doklady AN SSSR*. 1973. Volume 209, n° 3. Page 695-698.
84. Tchernyakhovski A.G. Croûte de vieillissement altimétrique du Mésozoïque inférieur Dipression d'Orsk (Oural méridional) *Actes d'un géologue*. Et cette Académie des sciences de l'URSS, vol. 77.1963.
85. Yushkin N.P. Minéralogie et paragenèse du soufre natif dans les dépôts exogènes. 1968. Leningrad. "Science."
86. Yakuch L. Morphogénèse des zones karstiques. Moscou "Progrès." 1979.

L'article ici est une traduction directe de l'original russe. Version. La variante adaptée a été imprimée dans Proc. Univ. Bristol Spel. Soc., 1996, 20 (3)

[Passer à la version russe](#)

Vladimir A. Maltsev

Institut VNIIGEOSYSTEM

Quelques considérations sur l'onthogénie des minéraux des cavités: cristaux filamenteux de sulfates et leurs agrégats

ABSTRACT. L'article, basé sur des observations du système de grottes Cupp-Coutunn, critique les modèles génétiques de cristaux filamenteux de sulfates de grottes, basés sur des solutions filtrant à travers des substrats poreux sous une certaine pression externe. Les modèles physiques de telles infiltrations sont construits et les hypothèses d'infiltration s'avèrent incohérentes pour les environnements naturels. Il est prouvé que le mécanisme génétique principal est uniquement l'alimentation locale, basée exclusivement sur la pression capillaire et sur un cycle d'humidité de courte période (saisonnier). Dans certains cas, le rôle majeur des procédés de sulfatation est également constaté. Quelques nouveaux agrégats, basés sur la croissance de cristaux filamenteux, sont décrits.

Introduction

Les cristaux de gypse filamenteux et aciculaires (parfois formés de minéraux) et leurs agrégats (antholites ou fleurs, "poils", "barbes", "coton", etc.) sont plutôt communs dans les grottes et sont généralement bien étudiés. Trois documents principaux sur les cristaux filamenteux dans les cavités [6, 7, 13] suggèrent des mécanismes pour la croissance de cristaux filamenteux dans la zone proche de la surface de substrats poreux, à la fois pour les solutions sursaturées et sous-saturées. Avec cela, les mécanismes d'alimentation, décrits comme une infiltration à travers le substrat sous une certaine pression externe, semblent être faux pour la plupart des agrégats, étudiés par l'auteur.

Dans cet article, nous aborderons les mécanismes génétiques des agrégats de cristaux filamenteux, qui entrent en conflit majeur avec le modèle d'alimentation par infiltration, ainsi que de nouveaux types d'agrégats. Tous sont générés à la limite de phase entre les substrats carbonatés poreux et l'air. Tous les éléments factuels utilisés proviennent du système de grottes Cupp-Coutunn, des monts Kugitangtou, au Turkménistan, mais les mêmes agrégats se retrouvent dans de nombreuses grottes [4].

Cristallisation dans la zone de surface de substrats solides.

Selon Malishevsky [7], une antholite de gypse typique de Cupp-Coutunn est constituée de cristaux filamenteux de 0,002-0,1 mm de diamètre, permettant de trier les cristaux plus épais, plus spécifiques aux substrats argileux. "Hair" et "spiderwork" sont constitués de cristaux encore plus minces. Cela signifie une cristallisation dans des pores de diamètre correspondant. Comprendons la physique de la pénétration à travers de tels substrats. Si nous considérons un écoulement permanent (apparaissant lorsque l'alimentation est externe), nous ne pouvons rencontrer que deux situations "claires" et leurs mélanges.

La première situation. Le niveau d'eau dans le substrat est suffisamment éloigné de la surface pour permettre la formation de ménisques de solution "complets" dans les pores. Connaître les diamètres des pores $0.002\text{ mm} \leq d \leq 0.1\text{ mm}$, la tension superficielle de l'eau, en contact avec de la vapeur ou de l'air $\sigma_{12} = 73 \text{ erg/cm}^2$ et l'angle de mouillage $\theta \approx 10^\circ$, on peut estimer la plage de pression capillaire dans les pores:

$$28800 \leq 4\sigma_{12} \frac{\cos\theta}{d} \leq 1440000 \text{ g/cm}^2 \quad (\text{pour les cheveux - encore plus}),$$

avec une erreur d'environ 25%, causée par les caractéristiques locales de la solution et du substrat. Cela signifie que, dans ce cas, si nous voulons que le substrat suinte sous l'effet de la pression externe, nous devons avoir cette pression plus élevée que la pression capillaire - la dernière se présente ici comme une sorte d'analogie hydrodynamique du frottement au repos. Comme la pression capillaire atteint 1440 at. Et qu'il est impossible d'avoir de telles pressions hydrostatiques dans une grotte karstique, nous allons arrêter l'examen plus approfondi de cette situation.

La deuxième situation. Lorsque le substrat est complètement rempli d'eau (les ménisques sont absents), nous ne pouvons avoir de raisons externes que comme source de pression excessive - la pression capillaire est auto-compensée. Il est plus facile ici de ne pas expliquer une physique générale, mais de prendre un exemple typique et d'effectuer des calculs uniquement pour celui-ci. Le résultat sera suffisamment précis pour la plupart des observations typiques. Les antholites de gypse de la chambre Dvukhetazhnyi se développent sur le toit d'un petit passage sans issue, ayant un autre passage à 1 m plus haut. Calculons la dépense de solution dans les pores. Ici, nous ne pouvons imaginer qu'une rivière dans le passage supérieur, le passage inférieur étant asséché (cela semble impossible, mais dans les grottes de Kugitangtou, c'est assez courant). Donc, nous avons la longueur des pores $l = 1\text{ m}$, la pression excessive $P - P_0 = 100 \text{ g/cm}^2$. Les cristaux filamenteux ont leurs diamètres environ $d = 0.01\text{ mm}$ ici. La viscosité de l'eau à 20 ° C est $\mu = 1.005$. Maintenant, nous avons tout pour appliquer l'équation de Poiseuille:

$$Q = \frac{\pi}{128} \cdot \frac{P - P_0}{l} \cdot \frac{d^4}{\mu}$$

En calculant l'équation de nos données, nous recevons la dépense d'eau dans un pore sur $Q = 2.44 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^3 / \text{sec}$, cela correspond à la vitesse de suintement linéaire d'environ 40 cm / an (c'est l'estimation maximale, du fait que la géométrie des pores est plus compliquée, qu'un cylindre, modélisé dans l'équation).

Considérant que la solution est saturée (autrement nous aurons une cristallisation en dehors du substrat), nous pouvons la recalculer à la vitesse de croissance maximale possible du gypse - 0,4 mm / an. Cette estimation (si comprise comme maximum) ne contredit pas les autres observations - comparaison de la taille des antholites à la durée possible des périodes de microclimat stable, estimée par des observations sur la taille et la vitesse de croissance des spéléothèmes à croissance rapide - les estimations ne diffèrent pas plus de 3 - 4 fois. Mais il reste encore un conflit. La modélisation, présentée ci-dessus, est **vraie pour un seul pore, ou pour des substrats avec des pores de taille égale**, impossible dans une vraie cavité. Les dimensions des pores ont toujours la distribution logarithmique normale et le calcaire a toujours des fractures. Il est absolument impossible de ne pas avoir sur la zone de croissance des antholites (plusieurs mètres carrés)

beaucoup de pores et de fractures, ayant un diamètre supérieur de 2 et supérieure à la valeur moyenne. De la même équation de Poiseuille que nous recevons, la dépense en eau est proportionnelle au 4^{ème} ordre du diamètre des pores et à la vitesse d'écoulement linéaire - au 2^{ème} ordre du diamètre. Si nous considérons la vitesse moyenne estimée avec l'idée d'existence de pores plus gros d'ordre 2, nous pouvons voir qu'il n'existe aucune possibilité théorique d'évaporation complète sur ces orifices. Nous devons en tirer des flux excessifs, et des stalactites, naître de ces flux. Et les stalactites ne sont jamais singénétiques aux antholites. De plus, la vision générique de la situation reçue contredit fortement les statistiques d'observations, montrant que les antholites ne se développent que dans des grottes très sèches [4,13], exemptes de tout écoulement d'eau.



Photo 1. Antholites de gypse atteignant 3 cm de long, poussant sur un bloc de calcaire isolé de 15 cm de large. Grotte Cupp-Coutunn, chambre Nadezhda. Photo: V. Maltsev.

Il ressort clairement de ces estimations que tout cas mixte issu de ces deux situations a suffisamment de réserve d'irréalité pour être impossible. Nous pouvons donc en conclure que, généralement, toute hypothèse d'alimentation externe pour la croissance de cristaux de sulfates de sulfates sur des substrats solides ne peut être acceptée. Nous devons également comprendre que cela ne contredit pas le livre classique de Maleev [6]. Dans le chapitre sur les expériences, il est expliqué que la croissance des cristaux filamenteux n'est reçue qu'avec une pression optimale, combinée à **des dimensions optimales des pores**. Ce dernier signifie également une grande régularité du substrat, possible uniquement pour les substrats artificiels, utilisés par Maleev. Donc, les mécanismes de Maleev fonctionnent vraiment, mais pour des conditions réelles de grotte, avec des substrats moins réguliers, nous devons discuter de certains autres mécanismes d'alimentation.

Si l'alimentation externe est impossible, il faut parler de mécanismes d'alimentation locaux. Cela signifie que toute la moiteur du substrat et tout le suintement qui le traverse sont causées par la pression capillaire elle-même. Dans ce cas, il ne s'agit pas d'un obstacle, mais d'une force de travail principale. Il existe encore deux mécanismes possibles. Le premier est un mécanisme d'infiltration, lorsqu'un côté du substrat entre en contact avec un réservoir de solution et l'autre côté apparaît dans un endroit sec. Dans ce cas, l'évaporation d'un côté fait bouger la solution à l'intérieur du substrat. Ce mécanisme ne contredit aucune théorie, mais si cela fonctionne, nous devons avoir une croissance de cristaux filamenteux sur toute rive de tout pool permanent contenant une solution de gypse presque saturée. Toutes les statistiques d'observation, par l'auteur et dans la littérature [4,13], montrent que des cristaux filamenteux ne se trouvent jamais près de piscines. Peut-être que des conditions suffisamment sèches sont tout simplement impossibles à proximité des réservoirs d'eau, peut-être autre chose - mais cela ne fonctionne pas. Le deuxième mécanisme possible est le mécanisme, lorsque le substrat fonctionne comme un tampon, humidifié et séché pendant un processus de changement d'humidité de courte période, comme le processus saisonnier décrit dans [8]. Bien entendu, ce mécanisme peut également inclure une infiltration, car il est possible d'avoir une condensation principale d'un côté du substrat et une évaporation principale - d'un autre côté. Quoi qu'il en soit, la texture de la croûte des antholites aura sa symétrie, contrôlée par la physique de l'évaporation / condensation.

Comme le dit quelqu'un de sage, après toutes les possibilités sauf une, sont exclues, la dernière est la vérité même si cela semble improbable. Examinons donc de près la variante qui reste: l'humidification et le séchage saisonniers, causés par les inversions saisonnières des vents dans les cavernes. Les conditions aux limites sont simples et réelles:

a) l'humidification ne peut être complète - le niveau d'eau maximal doit rester suffisamment profond dans les pores, sinon la dissolution ou la recristallisation saisonnière des agrégats est inévitable. Cela signifie que la capacité du substrat en solution doit dépasser la condensation annuelle sur sa surface et que la condensation annuelle ne doit pas dépasser l'évaporation annuelle. Il n'y a aucun doute sur la possibilité de telles conditions dans certaines grottes;

b) le substrat doit contenir suffisamment de gypse ou autre sulfate. Cette condition est moins triviale, et pour le regard des sapins contredit beaucoup d'observations. Par exemple, les blocs de calcaire dans un grand effondrement de la chambre Nadezhda sont recouverts d'antholites de gypse de tous les côtés. Si nous voyons un tel bloc de 15 cm de large, il présente à la surface une couverture régulière d'antholites de 2 à 4 cm de long et de 3 à 6 mm d'épaisseur (photo 1), et le bloc lui-même n'est en contact avec les blocs environnants qu'en 4 points, d'une largeur de 0,5 cm² environ grand, nous ne voyons aucune possibilité d'alimentation évidente. Si l'alimentation provient de blocs environnants, la couverture doit présenter une dissymétrie visible. Si l'alimentation est strictement locale, il n'y a aucune possibilité d'avoir de telles quantités de sulfate ni en solution dans les pores, ni dans le calcaire lui-même. Avec cela, la variante d'inondation périodique est également exclue - nous ne pouvons voir aucune trace de dissolution ou de recristallisation, nécessaire pour un tel minéral soluble, tel que le gypse. La seule explication possible - la génération permanente de gypse à l'intérieur des blocs. La sulfateréduction et la sulfuration par oxydation sont connues dans Cupp-Coutunn [5]. Existence de H_2S gaz dans l'air et H_2SO_4 les acides sur les surfaces calcaires sont habituels. Pendant les périodes humides, les deux pénètrent dans les pores avec l'eau de condensation et participent tous deux à la production de gypse. Ce processus devient évident par endroits, semblable à la chambre Nadezhda, mais est important dans tout le système Cupp-Coutunn - il existe une forte corrélation entre l'intensité de la corrosion sulfurique et l'intensité de la croissance des agrégats de cristaux filamenteux de gypse et d'epsomite. Nous pouvons également noter que les antholites de gypse trouvés dans d'autres grottes calcaires sont aussi souvent rapportés avec une sulfatéeuction.

Il existe également quelques preuves supplémentaires de la cristallisation cyclique à courte période. La texture de la croûte des antholites présente une désymétrie bidirectionnelle spécifique, montrant une telle cyclicité. Les antholites sont principalement développés sur les rebords du substrat (où l'évaporation est forcée), à l'intérieur de plus grandes rainures - niches, fractures, sous des blocs (où la condensation est forcée). L'absence d'autres dissymétries (par exemple, l'absence de lignes antholite contrôlées par la fracture) montre également l'absence de pression externe. Seulement dans ce cas, la vitesse de croissance dans un pore est proportionnelle au premier ordre du diamètre des pores. Elle correspond aux degrés de division observés pour les antholites et aux longueurs directes qui dispersent les observations pour la barbe et les cheveux - elles relèvent toutes des modèles statistiques du premier ordre.

Il semble nécessaire de discuter de près du point le plus critique du modèle suggéré - pourquoi, si nous parlons de cycle de condensation / évaporation, nous ne pouvons trouver aucune trace de cristaux filamenteux qui se corrodent directement par condensation. En réalité, une telle corrosion existe parfois, mais seulement pour les antholites et très faible. Dans le cas d'agrégats mal reliés - barbes, poils, araignées (photo 2) - il est complètement absent, sinon ils doivent être détruits chaque année. Il y a trois raisons principales à cela, énumérées par ordre d'importance croissante:

a) la courbure de la surface du substrat est généralement inférieure à la courbure de la surface des agrégats, ce qui donne un équilibre évaporation / condensation plus élevé pour les agrégats que pour le substrat;

b) il n'est pas nécessaire que la condensation soit causée directement par un excès d'humidification de l'air. La raison immédiate la plus courante est les sauts de température, allant toujours de pair avec les sauts d'humidité dans le cycle saisonnier. Dans ce cas, un cristal filamenteux isolé a une très faible capacité thermique, égalisant ainsi rapidement sa température à l'air (la capacité thermique est proportionnelle au 2^{ème} ordre du diamètre, à l'intensité de l'échange thermique et à la surface de condensation - à la fois premier ordre). Ainsi, la condensation par unité de surface sur le substrat et sur l'agrégat diffère d'au moins 1 ordre;

c) aspiration rapide de l'eau de condensation. La pression capillaire, estimée ci-dessus, fonctionne maintenant pour aspirer immédiatement l'eau dans les pores (sauf un film épais de 1 à 2 molécules ayant une très faible capacité massique). Il est suffisamment puissant pour ne pas laisser le temps à la corrosion dans la zone proche de la surface, en particulier à proximité des



Photo 2. Barbe de gypse, 12cm de long. Grotte Cupp-Coutunn, labyrinthe de Pautinny. Photo: V.Maltsev.

orifices des pores, où se trouvent les cristaux dont nous traitons. Bien sûr, ce n'est que lorsque les ménisques complets sont maintenus dans les pores, même au maximum niveau d'humidification, mais cela se situe dans des conditions limites déjà expliquées.

Cristallisation dans la zone de surface des substrats en plastique.

Une situation très différente se présente lorsque nous discutons de la cristallisation à la surface de sédiments massifs de mortier en période de séchage permanent (photo 3). Les agrégats les plus courants sont des cristaux aciculaires ou des jumeaux, d'une épaisseur de 0,5 à 15 mm et d'une longueur allant jusqu'à 90 cm, extrudés de l'argile. Les paquets fibreux de type antholite sont moins courants. On trouve beaucoup plus d'agrégats à l'intérieur du sédiment argileux, affichant un cycle contigu de formations transitoires allant d'aiguilles à des aiguilles fendues, puis à satiner des micro-veines de spar, puis à des cristaux bloqués linéairement, puis à des cristaux euhédraux, puis à des aiguilles. La meilleure description de cette morphologie d'agrégats est présentée dans [1], où environ 40 de leurs types morphologiques sont décrits. Avec cela, certains des agrégats ont une structure mal décrite, et seulement des idées génétiques générales. Nous fixerons notre attention sur deux d'entre elles: les aiguilles extrudées et les paquets ressemblant à des antholites.

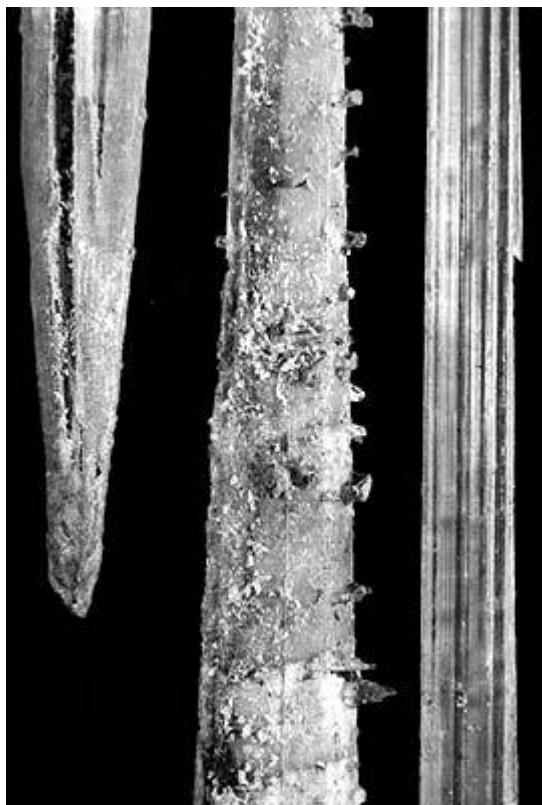


Photo 3a. Aiguilles de gypse. La zone de fractionnement se voit à gauche, deux types de croissance squelettique - au centre et à droite. L'aiguille gauche mesure 1,5 cm d'épaisseur. Grotte Cupp-Coutunn, chambre Dvukh Kolodtsev. Photo: V.Maltsev.

- les paramètres de chaque aiguille sont très réguliers - à chaque endroit, la longueur des aiguilles ne varie que dans un demi-ordre, ce qui signifie des vitesses de croissance presque égales (cette dispersion de longueurs peut s'expliquer exclusivement par un début de croissance non simultané - de nouveaux pores apparaissent pendant le séchage) ;

- l'environnement de cristallisation dans la zone transitoire est déséquilibré - de fortes sursaturations, apparaissant lorsque la solution pressée (sous haute pression) atteint un pore actif (ouvert), entrent en conflit avec de petites quantités de cette solution pressée. Ce déséquilibre entraîne des caractéristiques structurales supplémentaires de la zone transitoire. Plus près de la racine, là où le déficit de solution n'est pas trop important, l'épaisseur augmente principalement non pas à travers le développement des faces, mais à travers la scission du cristal. Plus loin de la racine, où le déficit de solution devient important, apparaissent des signes de croissance du squelette, allant jusqu'à l'apparition de "cristaux de cas" creux. Ces deux effets peuvent être vus sur la photo 3, et sont tous deux en accord avec les théories de la scission des cristaux et de la croissance du squelette [3,11].

b) paquets analogues à Antholite. Au premier coup d'œil, ces agrégats ressemblent beaucoup aux antholites habituels (paquets fendus de cristaux filamenteux), mais en réalité, chacun de ces paquets est un cristal filamenteux fendu unique. Le mécanisme génétique est presque le même, celui des aiguilles. La différence réside dans une plasticité d'argile plus élevée, permettant d'extraire

a) des aiguilles. Ce ne sont pas vraiment des cristaux aciculaires, mais des cristaux filamenteux, transformés en une aiguille à la suite de la plasticité de l'argile. La pression capillaire et la pression de cristallisation pressent ensemble le substrat, ne laissant "vivants" que les pores optimaux dans la paire pression / vitesse. Les autres pores s'effondrent. Il s'agit d'un type très spécifique de sélection même non géométrique, mais d'un autre mécanisme de sélection d'individus simultanés, non décrit dans la littérature. La solution, comprimée à partir des pores effondrés, apparaît dans les pores actifs situés entre le front de cristallisation et la surface, fournissant ainsi une augmentation d'épaisseur des cristaux filamenteux en croissance. Ceci peut être vu à partir de la zone transitoire près des racines des aiguilles, montrant la transformation d'un cristal filamenteux à géométrie contrôlée pour donner une aiguille à face, et ayant une longueur de 1 à 5 cm (photo 3). À la suite de ce mécanisme, plusieurs fonctionnalités intéressantes apparaissent:

- les aiguilles ne se rapprochent jamais les unes des autres - les distances entre chaque paire d'aiguilles varient de 1 mm à plusieurs 1-2, soit plusieurs ordres de plus que dans le cas d'un substrat solide;
- la texture de la croûte présente une symétrie sphérique sans préférence dans les directions de croissance;

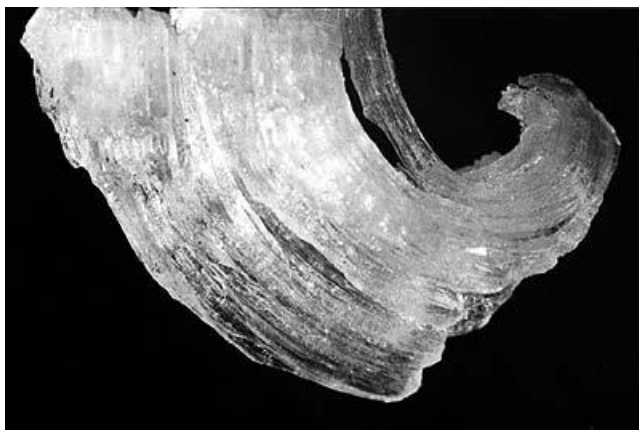


Photo 3b. Sachet de type antholite 2,5 cm de large. Grotte Cupp-Coutunn, chambre Dvukh Kolodtsev. Photo: V.Maltsev.

toute la solution des pores effondrés très près du front de cristallisation. Cela laisse la zone de croissance fractionnée, mais élimine la zone de croissance du squelette, de sorte que nous recevons des agrégats non confrontés. Les dislocations de la vis, typiques du gypse, ne sont pas supprimées par la croissance du squelette, comme dans le cas précédent, mais conduisent à la courbure de l'ensemble des agrégats. Malgré l'identité visuelle totale des antholites (la délicate zone de scission est généralement détruite lors de l'extraction de l'argile), il existe un moyen de les distinguer. Comme indiqué plus haut, les courbes dans ces deux cas ont des raisons différentes. Une antholite est courbée pour des raisons mécaniques - la dispersion croissante des vitesses entre les pores. Le rayon de courbure ne montre qu'une tendance générale, et au niveau micro, cela conduit à de grandes tensions internes, ce qui a pour résultat que les fibres d'un antholite sont toujours cassées dans les courbes. Un paquet de type antholite a la raison de la courbure de la dislocation des vis, équilibré entre les niveaux micro et macro, ne présentant ainsi pas de telles ruptures de fibres. Cette différence peut toujours être vue sous un objectif ou un microscope 20x-50x.

Nous allons expliquer que ces deux types de formations ont été appelées "agrégats" uniquement pour le rendre plus facile à comprendre. Dans la terminologie onthogénétique stricte, il s'agit bien d'individus et non d'agrégats - ils se développent à partir d'un seul embryon et le processus de cristallisation est un processus en un acte, c'est ce que l'on voit de toutes ses caractéristiques. Dans certains cas, bien sûr, les effets saisonniers sont également présents, les preuves sont parfois des racines corrodées des aiguilles et parfois une zonalité observée, mais elles ont une importance secondaire. Le processus de cristallisation principal est contigu: dans des conditions propices à la croissance des cristaux filamenteux, les sédiments argileux massifs sont en état de séchage quasi permanent (voir ci-dessus) et leur capacité en sulfates et en eau est suffisante pour ne pas fournir de solution.

Un cas particulier: les terminaisons de gypse.

Les cristaux filamenteux, transformés en quelque chose, dont la morphologie est loin d'être filamenteuse ou fibreuse, ne sont pas spécifiques aux substrats plastiques et peuvent former non seulement des individus, mais également des agrégats réels. Discutons de l'un de ces spéléothèmes, appelés «terminaisons de gypse», et structurellement peut être décrit comme un revêtement quasi épitaxial.



Photo 4. Revêtements quasi épitaxiaux (terminaisons de gypse). Grotte Cupp-Coutunn, chambre Dikobrazii. Le grand cristal fait 4,5 cm de large. Photo: V.Maltsev.

Ces formations rares, connues uniquement dans deux cavités de la grotte de Cupp-Coutunn (Dikobrazii et Nizkii), ne présentent au premier abord rien de filamenteux ni de fibreux. Ils ont une structure extrêmement simple - une pseudo-hélicite de calcite-aragonite (également connue sous le nom de quill anthodite) [4,9] a orienté la prolifération de gypse macrocristallin sur sa surface. La fin de la pseudohélicite est complètement à l'intérieur d'un des cristaux de gypse. Les cristaux de gypse sont alignés pour que L2 soit perpendiculaire à l'axe de la pseudohélicite (photo 4). L'épitaxie de gypse sur les surfaces de calcite polycristalline est un non-sens, alors essayons de trouver une explication de cette croissance grâce aux caractéristiques de symétrie du transport de masse.

Le facteur de transport de masse le plus évident (et ayant certainement sa place) est le film capillaire en mouvement et en évaporation à la surface. Au niveau macro, la symétrie de texture du revêtement correspond à la symétrie de transport de masse dans un tel film - le revêtement devient plus épais tout en se rapprochant de l'extrémité pseudohélicite (photo 4), affichant ainsi la symétrie du cône [13]. Sur un niveau d'examen plus bas, l'image change. Chaque bord ou sommet de cristal tranchant, lorsqu'il se distingue de l'environnement environnant, doit dans ce cas générer un agrégat présentant également la symétrie du cône. De tels agrégats sont appelés cristallicites [10] et sont bien étudiés. Ici, nous ne voyons aucune caractéristique nécessaire aux cristallicites. La croissance n'est pas dendritique, il n'y a pas de sélection géométrique spécifique, les cristaux ne sont pas allongés, les visages ne sont pas courbes. Au niveau des individus, la texture du revêtement montre une symétrie sphérique, excluant la croissance de l'évaporation du film capillaire, ainsi que la croissance des écoulements de solutions contrôlées par gravitation.

Nous devons donc rechercher certaines caractéristiques locales du transport de masse à travers le film capillaire, en fournissant une) génération d'embryons cristallins orientés et b) une symétrie sphérique de la croissance au niveau des individus. Il n'y a pas beaucoup d'effets locaux possibles - seulement la dispersion de la composition chimique et la dispersion alimentaire, toutes deux avec de nombreuses variantes de changements de fréquence.

Pour commencer, notons que divers revêtements de gypse sur des spéléothèmes carbonatés sont très typiques de Cupp-Coutunn - nous ne discutons ici que de leur forme inhabituelle. Mais c'est la raison pour laquelle nous avons essayé de répondre séparément à la question posée, en recherchant chacune de ces deux caractéristiques dans d'autres types de revêtements de gypse.

Avec des matériaux solubles tels que le gypse, toute modification de la composition chimique de la solution chimique peut entraîner une recristallisation. Généralement, la quantité de cristaux diminue et les dimensions des cristaux survivants augmentent. L'idée de Moroshkin selon laquelle l'environnement du film capillaire a une capacité massique trop faible pour toute recristallisation [10], n'est probablement vraie que pour les carbonates. Pour les sulfates, le film de 0,1 mm a une capacité massique assez élevée et est déjà indépendant de la gravitation. De toute façon, les cristaux de gypse, montrés sur la photo 5 (poussant également sur une pseudohélicite), sont le résultat de la recristallisation, et certainement dans l'environnement du film capillaire. Les preuves sont les suivantes: a) directions de croissance / dissolution, contrôlées uniquement par la cristallographie, et non par une symétrie de transport de masse; b) très rares embryons de cristal; c) rien de tel que la sélection géométrique; d) pas de contrôle de la gravitation; e) surface pseudohélicite corrodée; f) aucune possibilité d'inondation.



Photo 5. Cristaux isolés de gypse recristallisé sur une pseudohélicite. Les cristaux peuvent atteindre 1 cm de large. La sculpture corrosive de la surface de pseudohélicite est typique de la corrosion sulfurique. Grotte Cupp-Coutunn, chambre Dikobrazii. Photo: V.Maltsev.



Photo 6. Type intermédiaire de revêtement de gypse, affichant la morphologie des cristaux comme sur la photo 5, et la morphologie du revêtement comme sur la photo 6. Les cristaux peuvent atteindre 1,5 cm de large. Grotte Cupp-Coutunn, chambre Dikobrazii. Photo: V.Maltsev.

Les revêtements quasi épitaxiaux présentent plusieurs similitudes avec ce cas clair (nous pouvons même trouver quelques formations intermédiaires entre eux, comme le montre la photo 6), ils peuvent donc également être considérés comme quelque chose de recristallisé. Mais ce quelque chose doit avoir une propriété de cristaux orientés embryos, ce qui fait la différence pour les cas de photos 5,6. Moroshkin [10] écrit que la propriété d'embryons orientés et de sélection géométrique supprimée peut apparaître dans les cristallinités et qu'il l'a reçue dans l'une de ses expériences. Sletov dans [12] réfute cette possibilité. Probablement, l'explication de Stepanov [pers. Comm.], Selon laquelle, dans cette expérience, Moroshkin a utilisé un substrat poreux et a donc reçu des cristallinités non claires, mais des cristallinités, poussant sur des efflorescences filamenteuses, présentant une dispersion d'orientation des embryons moins convaincante, semble convaincante.

La dernière idée est une bonne clé pour comprendre nos revêtements. La couche superficielle d'un pseudohélicite est une corespherolite de calcite allongée selon la terminologie de [2]. Si nous imaginons que ses

individus grandissent mal connectés, avec des pores laissés entre eux, ces pores doivent être isométriques dans la section transversale et strictement perpendiculaire à la surface.

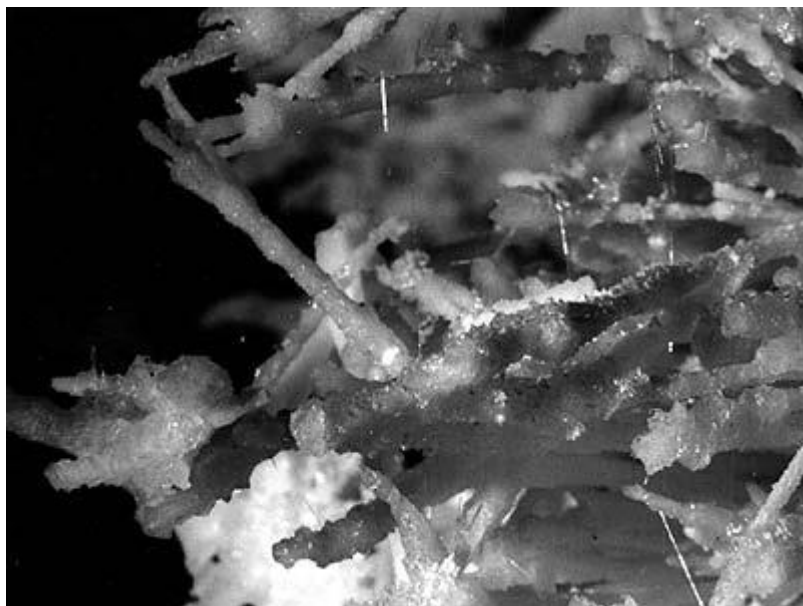


Photo 7. Cristaux de gypse filamenteux, poussant sur des pseudohélicites. Longueur de cristal jusqu'à 4cm. Grotte Cupp-Coutunn, chambre Dikobrazii. Photo: V.Maltsev.

Et s'il existe une longue période sèche dans la grotte et si les processus soufrés bactériens sont actifs pendant cette période, alors, comme il est décrit dans la section sur les substrats solides, il est possible de recevoir une croissance de cristaux filamenteux dans ces pores, dans tous les environnements des boîtiers orientés comme les cristaux des revêtements quasi épitaxiaux. Bien sûr, il y a trop de "si" dans cette conception. Des études menées près des zones où se trouvent les revêtements quasi épitaxiaux ont permis de les éliminer complètement. On a trouvé plusieurs endroits où la période sèche se poursuit et on a observé la croissance de cristaux filamenteux modernes à partir de la surface des pseudohélicites (photo 7). Nous pouvons maintenant construire un modèle génétique complet pour ces revêtements:

- en premier lieu, un pseudohélicite présentant une connexion anormalement mauvaise entre des individus de la couche externe est développé;

- à l'étape suivante, le microclimat devient

beaucoup plus sec, la pseudohélicite elle-même cesse de se développer et des cristaux de gypse filamenteux commencent à se former à partir des pores;

- enfin, le microclimat redevient humide et le film capillaire en mouvement réapparaît. Les cristaux de gypse filamenteux se dissolvent en partie et apparaissent en partie comme des embryons pour la croissance isométrique des cristaux de gypse. Des quantités supplémentaires de gypse (il est évident que les cristaux filamenteux ne contiennent pas suffisamment de matériau pour un revêtement similaire à celui de la photo 4) peuvent être apportées au cours de plusieurs processus, par exemple avec le film d'eau sur cette étape.

Quelques discussions supplémentaires.

Le modèle suggéré d'alimentation des agrégats à partir de la croûte d'antholite a une conséquence intéressante. Probablement, de bonnes estimations des vitesses de croissance et des agrégats d'âges peuvent être reçues dans une grande partie des cas sans étude isotopique. Dans la plupart des cas, la zone tampon du substrat n'a qu'une épaisseur de plusieurs centimètres. Et que ce soit trop sec ou trop humide, cela provoquera des ruptures visibles de la cristallisation. En règle générale, pour les agrégats ne présentant pas de telles fractures, les irrégularités d'une année à l'autre de la plage de niveau de l'eau dans le substrat doivent être inférieures à un demi-ordre (avec une compensation statistique sur une longue période). Ainsi, la vitesse de croissance de tels agrégats est presque constante et peut être mesurée de manière indirecte au cours d'une ou plusieurs années - en mesurant le bilan total évaporation / condensation avec recalcul en la vitesse de croissance à travers les dimensions de coulée et la solubilité minérale.

Enfin, listons les types de cristaux filamenteux et d'agrégats fibreux, pour lesquels la modélisation ci-dessus ne peut pas être appliquée:

- a) de plus en plus sur des substrats de sulfate - en raison de la structure différente des pores et une autre chimie de la zone tampon;
- b) se développer à l'intérieur du substrat - à cause d'une autre physique d'alimentation;
- c) non sulfate - à cause d'une autre chimie, parfois - d'une autre physique (par exemple, la glace a une autre physique de cristallisation);
- d) de plus en plus en dehors des grottes - en raison de conditions microclimatiques supplémentaires avec une cyclicité généralement plus courte.

RÉFÉRENCES

1. R. Casali, P. Forti. I cristalli di gesso del Bolognese // Speleol. Emiliana, ser.2, v.1, no.7, p.1-24.
2. AAGodovikov, OIRypenesh, VIStepanov. Sphérolites, sphéroïdes, sphéroïdites, corespéroïdites (en russe) // Novye Dannye o Mineralakh (Nouvelles données sur les minéraux), vol. 36, 1989, Moscou, "Nauka", p.82-89.
3. DPGrigorjev, AGJabin. Onthogénie des minéraux. Individus (en russe). Moscou, 1975.
4. C. Hill, P. Forti. Cave aux minéraux du monde. SNRS, 1986, 238 p.

5. VVKorshunov, VAMaltsev, AASemikholennykh, EBTeploukhova. Un modèle de génération de sol non traditionnelle dans les grottes karstiques, avec l'exemple de la grotte Cupp-Coutunn (en russe) // Dans le livre: Sovremennye problemy pochvovedeniya i ekologii. Moscou, MGU, 1994.
6. MNMaleev. Propriétés et genèse des cristaux filamenteux naturels (en russe). Moscou, "Nauka", 1971, 180p.
7. DIMalishevsky. Le mécanisme de croissance des minéraux en cas de filtration à travers des environnements poreux: formations à effets de membrane contrôlés (en russe) // Zapiski Vsesouznogo Mineralogicheskogo obschestva, Sankt-Peterburg, actuellement en phase d'impression.
8. VAMaltsev. L'influence des changements de saison du microclimat de la grotte sur la genèse du gypse // Proc.10th Int.Cong.Spel.Vol. III.Budapest, 1989, p.813-814
9. VAMaltsev, CASelf. Système de grottes de Cupp-Coutunn, Turkménistan, URSS // Actes de la société de spéléologie de l'Université de Bristol, 1992, vol.19, p.117-150.
10. VVMoroshkin. Sur la genèse des agrégats de type cristallicite (en russe). // Novye Dannye o Mineralakh SSSR (Nouvelles données sur les minéraux en URSS), vol. 25, 1976, Moscou, "Nauka", p.82-89.
11. GVRusso. Fractionnement de cristaux de gypse (en russe) // Zapiski Vsesouznogo Mineralogicheskogo obschestva, Leningrad, 1981, vol.110, n ° 2, p.167-171.
12. VASletov. Sur onthogénie des agrégats de calcite et d'aragonite de cristallicite et d'hélicite provenant des grottes du sud de Ferghana (en russe) // Novye Dannye ou Mineralakh (Nouvelles données sur les minéraux), vol. 32, 1985, Moscou, "Nauka", p.119-127.
13. VIStepanov. La cristallisation des processus de périodicité dans les grottes karstiques (en russe). Trudy mineralogicheskogo muzeja imeny Fersmana. Moscou, 1971, n ° 20, p.161-171

CUPP-COUTUNN CAVE, TURKMENISTAN

Cupp-Coutunn, the longest limestone cave in the former Soviet Union, is located in the Kugitang region of eastern Turkmenistan, close to the borders with Uzbekistan and Afghanistan. The cave is internationally famous for its mineralogy, both in the number of mineral species and in the great variety of its speleothem forms. In 1991, Cupp-Coutunn and its associated caves were placed on the Global Indicative List of Geological Sites (GILGES) by a working group of the World Heritage Convention.

The Cupp-Coutunn cave system (Figure 1: Maltsev & Self, 1992) is located on the southwestern flank of the Kugitangtau ridge, which runs north-south for some 50 km and attains an altitude of 3137 m. Low hills to the north connect the Kugitangtau ridge to the southwestern end of the Tien Shan mountain chain, from which it appears

Topographically as an outlier. The Kugitangtau is an anticlinal dome with a granite batholith intruded into its core. A major fault, the Eastern Kugitang Upthrust, along the north—south major axis of the anticline, separates the uplifted Kugitangtau from the Uzbek plain to the east. The Kugitangtau cuesta presents a scarp face over 1 km high, topped with a near-vertical wall of upper Jurassic limestone. The dip slope to the west is a gentle 7° to 15°, deeply dissected by canyons. This dip slope is cut by a second major fault, subparallel and of opposite throw to the Eastern Kugitang Upthrust, leaving the central spine of the ridge as a horst block.

The caves of southern Kugitangtau show a complex history. They developed as an extensive phreatic maze, following the then horizontal bedding in the limestone on several levels, probably in late Cretaceous times. These passages were subsequently abandoned as conduits for groundwater flow and infilled with argillaceous sediments. Neogene uplift and tilting of the strata rejuvenated the caves. Detrital deposits were locally eroded by groundwater introduced via a north—south fault set, though in places the consolidated remains of this ancient filling are retained as the walls or roof of the cave. New passage development was restricted to invasive tubes in the immediate vicinity of these faults. The air-filled passages were then invaded by thermal water entering from another (Chilgas) fault set, with chemical alteration of the cave wall rocks and sediments. Alteration effects include recrystallization of the limestone and replacement of carbonates by other minerals, mostly silicates and sulfides. Small amounts of hydrothermal calcite and fluorite were locally deposited within the cave, the calcite sometimes containing microscopic inclusions of metal sulfides. The thermal fluids do not appear to have been particularly aggressive, as no significant passage enlargement has been noted. Stable isotope analysis of rock and mineral samples suggests that the thermal water was an evolved basinal brine (Bottrell, Crowley & Self 2001).

During the mid-Quaternary, there was some movement of the Chilgas faults. This caused the displacement of cave passages crossed by these faults, and collapse in some of the larger airfilled passages. The modern phase of development is marked by condensation corrosion of the cave walls and roof the reworking of material from the thermal phase, and the deposition of speleothems. For the most part, the caves are independent of drainage from the surface, though some

canyons have cut their beds deep enough to intersect the caves. However, the Kugitang region is semi-arid and significant quantities of water enter the caves about once per decade, locally introducing alluvium or reworking the older sediments.

The international importance of the Cupp-Coutunn cave system is in its speleothem mineralogy, which has been entirely deposited during the post-thermal phase of the caves' development. Some very rare minerals have been formed by the reworking of material from the thermal phase, whether this material was deposited in the cave itself or as vein minerals in fractures crossing the cave. Particularly interesting are zinc aluminosilicates, which are coloured green by trace quantities of nickel. Sauconite was the first to be identified, and then the very rare fraipontite (with only a few occurrences known worldwide, this is its first report as a cave mineral). Si and Al mobility is due to acidic gases released from a red, clay-like coating (ochre) on hydrothermally altered wall rock. Ochre is a variable but stratified material, with sulfate-reducing bacteria in the lower layers and oxidizing bacteria in the outer layers, it is more like a soil than a classic corrosion residue and various secondary oxide and silicate minerals have been identified

Within it (Maltsev, Korshunov & Semikolennykh, 1997). Hydrogen sulfide produced within the cave is oxidized to sulfuric acid, which in turn attacks crystals of thermal phase fluorite. Gaseous hydrogen fluoride is released into the cave air, the evidence for this being tiny dark purple crystals of fluorite that have been found growing on calcite helictites and on euhedral gypsum crystals (Maltsev & Korshunov, 1998).

Cupp-Coutunn has spectacular displays of speleothems of the more common cave minerals. Where surface water infiltrates from canyon floors or from north—south faults, there are calcite stalactites, stalagmites, and even shields. A particularly beautiful banded flowstone (marble onyx) was commercially mined from 1970 until 1982, with three mine adits cut into the cave to provide easier access. The mining was finally halted following a campaign led by Moscow and Ashkhabad cavers. Aragonite is a main speleothem mineral in some parts of the cave, often in association with calcite. This association produces some of the most photogenic speleothems, such as quill anthodite bushes and multi-corallite splays (Figure 2). Helictites are abundant, sometimes with euhedral crystals of clear gypsum or blue celestite growing on their sides. Gypsum is found in most parts of the cave, as beards, flowers, crusts, chandeliers, and as large hollow stalagmites. Rare speleothem forms include solid crystalline stalagmites of gypsum, aragonite pseudo-stalactites, and macro-crystalline calcite stalactites.

Cupp-Coutunn/Promeshtochaya (combined length 56 km) is part of a more extensive karst system that is still largely filled with ancient sediments. Nearby, and recognized as part of the Cupp-Coutunn system, is Geophyzicheskaya (length 4.5 km, with spectacular gypsum chandeliers) and Hashm-Oyeek (length 7 km, first reported by Diodorus Siculus c. 40 BC). Dozens of other cave fragments have been found in neighbouring canyons throughout southern Kugitangtau. The area was once very popular with Russian cavers, but

there have been few expeditions since Turkmenistan became an independent country.

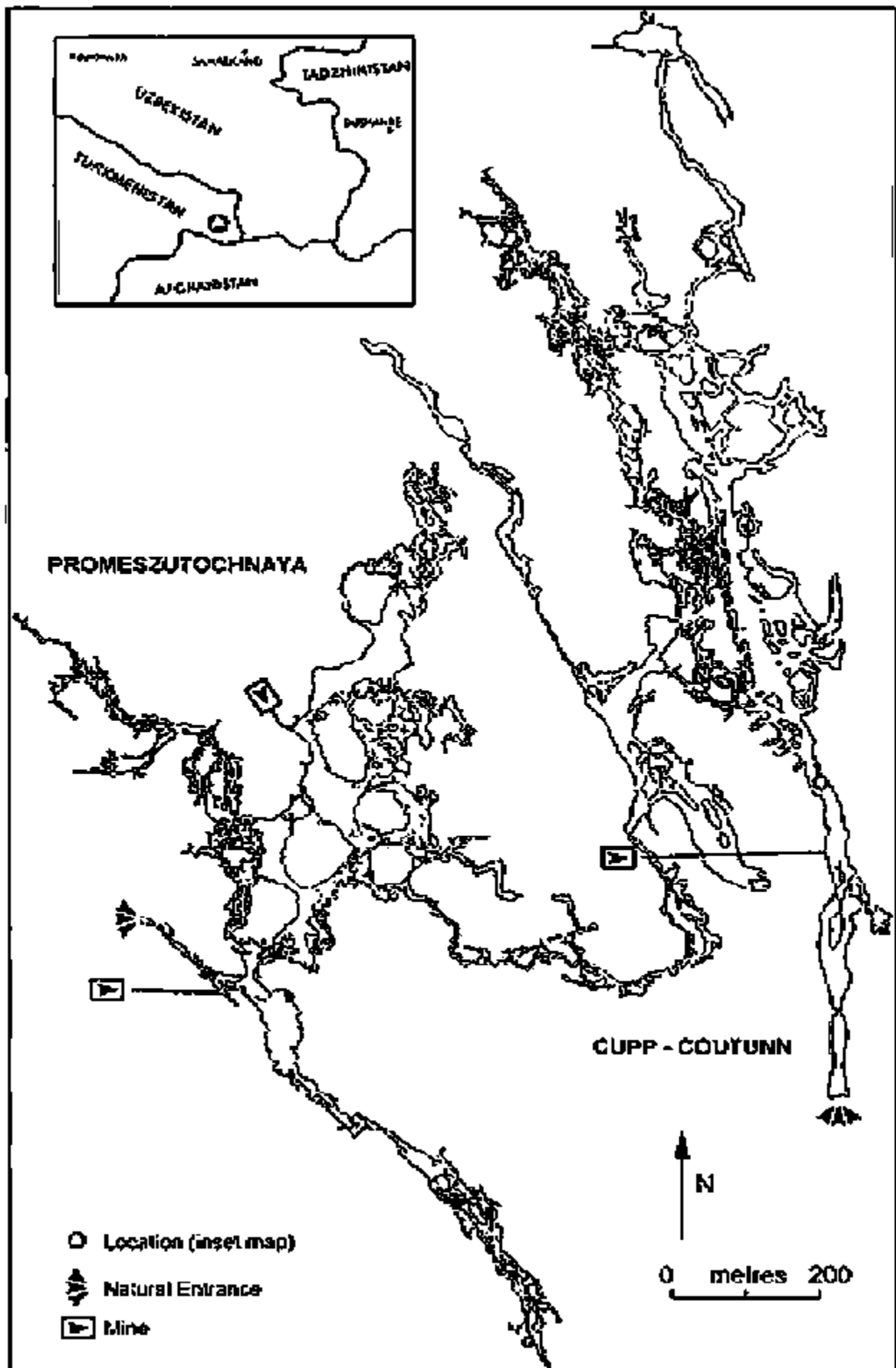
Vladimir Maltsev's team (Moscow) was pre-eminent in both the exploration and the scientific study of the caves during the late Soviet period. Much of our modern understanding of ontogeny is based on speleothem observations made in these caves.

CHARLES ANTHONY SELF

Works Cited

Bottrell, S. H., Crowley, S. & Self, C. A. 2001. Invasion of a karst aquifer by hydrothermal fluids: evidence from stable isotopic compositions of cave mineralization. *Geonulds*, 1:103-21
Maltsev, V. A. & Korshunov, V. A. 1998. Geochemistry of fluorite and related features of the Kugitangtou ridge caves, Turkmenistan. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60(3):151-55
Maltsev, V. A., Korshunov, V. A. & Semikolennykh, A. A. 1997. Cave

Chemolithotrophic soils.



<http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/3187/>

Echos du Kugitang

01 février 1985



Il y a trois ans, sur les contreforts de la crête de Kugitangtau, un groupe de spéléologues amateurs de Krasnoyarsk a découvert une grotte non indiquée sur les cartes géologiques, mais dans une douzaine de momies d'hommes et d'animaux. Une découverte inattendue au cours de cette période a réussi à acquérir des détails légendaires, donnant lieu à une variété de suppositions et d'hypothèses. La deuxième descente vers la "Kunstkamera" - comme les spéléologues ont appelé la grotte qu'ils ont découverte - a dissipé de nombreuses conclusions préliminaires. Cependant, certaines questions liées à la découverte inhabituelle n'ont pas encore été répondues.

Nos lecteurs nous ont demandé de parler des expéditions des spéléologues de Krasnoyarsk à Kugitang, mais aussi des montagnes elles-mêmes, un coin unique et peu connu de l'Asie centrale.

Mecque des spéléologues

Comme s'étendant au sud-ouest depuis les sommets vertigineux de la chaîne de montagnes Baysuntau du Pamir-Alai, les montagnes de Kugitang s'étendaient dans une courte crête de pierre. Tadjik "tang" se réfère à une gorge étroite, et "kug" se réfère à des montagnes. Kugitang - montagnes avec des gorges étroites. Depuis des temps immémoriaux, le «tau» turc, qui se traduit également par des montagnes, est resté fidèle à l'ancien nom iranien. Il s'est avéré délicat, mais le mot Kugitangtau a migré vers les cartes géographiques et a remplacé le plus courant, Kugitang, ou même simplement Kuytan.

«Dick et Sullen Kugitang Tau. Plongé dans une sieste, il regarde au loin les déserts de sable de Kara-Kumov, la lumière, la belle et amusante Amu, qui coule dans la plaine. Il voit constamment des caravanes qui vont d'Afghanistan à Kerki, puis au Khiva le plus éloigné. Kugitang vit depuis des millénaires depuis que l'énorme mer sans côtes a agité son pied, balayant les côtes des crêtes gris verdâtre des vagues. Puis la mer, vague après vague, a peu à peu quitté le nord, laissant derrière elle un immense désert de sable, semblable à la mer, mais de couleur jaune »- c'est ainsi que le voyageur russe, D. Logofet, a décrit cette région au début du siècle.



Une communauté rocheuse avec deux calottes de neige pointues s'élève solennellement et sévèrement du désert. "Arybaba" - les trois millièmes très rapprochés sont appelés ici "sommet sacré fourchu". Ici, dans les hautes terres, des espèces rares et menacées d'animaux et de reptiles ont trouvé refuge aujourd'hui: le mouton vintororn et le bouc des Boukhara, le lynx turkmène et le léopard des neiges, le lézard gris et le serpent aux grands yeux, des dizaines d'oiseaux énumérés dans le Livre rouge.

Pendant plusieurs mois de l'année, Kugitang ressemble à un désert brûlé. Les tourbillons, arrivant du sud, créent des nuages de sable et les jettent à grande échelle dans les profonds canyons. Les vents hivernaux, traversant les hauts sommets, remplissent les contreforts de neige. Et ce n'est qu'au printemps que les éperons sont recouverts de tapis d'herbes émeraude et de tulipes rouges.

Dans les gorges étroites, des millions de ruisseaux et de rivières commencent à exploser. Gagnant en accélération et en force, ils se transforment en villages rugissants. Les bergers sortent pour voler; on voit ici et là de gros troupeaux sur les pentes. À l'approche de la chaleur estivale, les troupeaux sont conduits dans les alpages, car les ruisseaux encore turbulents hier se sont asséchés et l'herbe a brûlé.

Mais l'eau - la principale condition de la vie dans ces montagnes escarpées - continue de couler sous terre, élargissant les fissures dans les dalles de pierre, nettoyant les roches tendres - calcaires et dolomites. De siècle en siècle, un processus géologique sans fin se poursuit à Kugitang: de nouveaux corridors souterrains se forment et s'allongent. Dans les profonds karsts sous les plateaux rocheux, les rivières souterraines coulent, les lacs débordent, où vivent les poissons aveugles, les labyrinthes de labyrinthes de palais décorés de stalactites et de stalagmites, des salles ouvertes où battent des fontaines et des rideaux de gypse.

Certaines cavités ont accès à la surface - ce sont les fameuses Kugitang, ou, comme on les appelle aussi, les grottes Karluk. Ils sont connus depuis longtemps. Le premier à les signaler fut l'historien grec Diodore de Sicile, qui vécut au premier siècle avant notre ère. Aujourd'hui, chaque année, des groupes de spéléologues de différentes villes du pays y viennent: une étude géologique de Kugitang est en cours. Environ quatre cents grottes et plus de soixante caves ont été répertoriées dans les seuls contreforts occidentaux de la crête, dont dix-sept s'étendent sur de nombreux kilomètres. Mais Kugitang, apparemment porté par les géologues et les touristes, n'en a pas assez de présenter de nouveaux casse-tête.

Les éclaireurs karstiques

Une épaisse colonne de vapeur sortit du sol. Et ceci est un signe indiscutable de la cavité karstique située près de la surface.

"Nous irons au fond des choses", a déclaré le chef du détachement de cavaliers de Krasnoïarsk, Leonid Petrenko, et ses camarades l'ont soutenu, sachant que plusieurs jours voire plusieurs semaines de travail pénible seraient à prévoir, ce qui prendrait probablement presque la totalité des vacances. Mais le désir d'ouvrir un nouveau karst l'emporte.



Ce n'est pas la première année que des membres du club de tourisme amateur de l'association de production Krastyazhmash se sont rendus à Kugitang. Ils ont recherché de nouveaux passages et salles dans les grottes déjà célèbres, mais ils ne pouvaient toujours pas en ouvrir de nouvelles.

Krasnoïarsk a démantelé le blocage des pierres pendant plusieurs jours. Lorsque la profondeur du puits atteignit cinquante mètres, la grotte imprenable s'appelait déjà "Sans espoir". Et Petrenko a divisé l'équipe. Lui-même et d'autres passionnés sont restés sous les décombres. Un petit spéléogroupe dirigé par Nadezhda Frolova est parti à la recherche de nouveaux cratères karstiques.

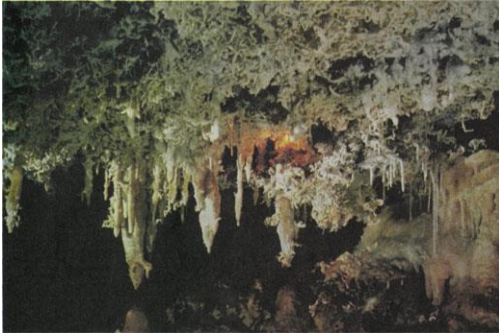
Ils ont marché pendant plusieurs kilomètres sans s'arrêter, ont emporté du matériel, une canette d'eau. Très fatigué - le dur travail a affecté la veille. Le canyon a bloqué le chemin. À son fond, il a fallu descendre presque comme un mur. Il était plus difficile de marcher sur les pierres que le récent village avait traînées, mais les deux côtés de la gorge, creusés de niches et de grottes, étaient clairement visibles.

L'embrasure noire en haut de la falaise n'a pas été immédiatement vue. L'entrée de la grotte était bien masquée par la pierre plate qui faisait face au bout - une sorte de porte naturelle. Il est difficile de remarquer le trou dans le mur de pierre déchiré à une centaine de mètres de hauteur. Besoin d'un œil formé et vif.

Les spéléologues sont entrés sous un dais de pierre. Cela semblait être une grotte ordinaire. Mais dans un coin sombre, un passage d'un demi-mètre de haut a été deviné.

Grigori Sorokopud se coucha dans la poussière et se glissa soigneusement dans la crevasse. Au début, le trou se rétrécissait et quand on se dit: était-il temps de revenir en arrière, la voûte de la grotte se souleva brusquement. L'éclaireur se tenait à la limite de la lumière crépusculaire et de la nuit noire. Faisceau de phare en orme dans un nuage de poussière. Et le spéléologue a fait un pas en avant ...

Ne se sentant pas fermement appuyé sous son pied, Sorokopud se recule. Il a appelé ses camarades. Mikhail Kudryavtsev est arrivé.



- Que s'est-il passé?

Shrike pointa silencieusement dans les ténèbres.

Kudryavtsev a lentement pris un morceau de papier dans sa poche, y a mis le feu et, après avoir attendu le début de l'incendie, il a desserré la main. La boule de feu se planifiait en douceur, illuminant les murs rugueux et la défaillance en forme de cône du sol de la grotte.

- Regarde!

Le trou sombre à l'avant des jambes s'est progressivement élargi: la corniche à poussière s'est effondrée. Les traces rainurées des bottes tout-terrain de Grigory ont progressivement glissé dans l'abîme.

Le reste est venu, a allumé des lampes de poche. Le piège insidieux était plus clair. Un étroit passage le long du mur contournait un entonnoir sinistre. Ses bords étaient marqués par des crochets pour plus de sécurité.

Frolova lui jeta une pierre sous les pieds. Ayant fait tomber la croûte de sable frittée, il descendit silencieusement.

- Waouh! - Sorokopud ne pouvait pas supporter l'attente intense - Profond!

Ils ont jeté une pierre plus grande. Et encore une fois, ils n'ont pas entendu un coup au fond. Ils ont essayé de mesurer la profondeur de la mine karstique avec une corde. Elle n'a apparemment pas atteint le bas, apparemment accrochée aux corniches internes. Plongeant devant le "piège", les spéléologues s'éloignèrent dans l'obscurité de la grotte. Quelques mètres plus tard, un autre échec similaire s'est ouvert. Derrière la grosse pierre se trouve la troisième. Nadezhda Frolova a décidé de reporter l'assaut sur les "puits sans fond" au lendemain.

Découvertes inattendues

Le matin du 26 avril a commencé par une préparation minutieuse à la descente. Après avoir discuté, les explorateurs ont augmenté la longueur des cordes à 100 mètres. Ils ont enfoncé des crochets dans le sol, ont attaché une corde avec une «araignée» et ont solidement fixé un bloc de corde de sécurité au rocher. Ensuite, les stalactites qui pèsent sur l'échec ont été coupées: elles ont dû être sacrifiées pour un travail en toute sécurité dans les puits. Finalement, Frolova a donné l'ordre de descendre.

Ceux qui sont descendus les premiers ont été particulièrement durs. De temps en temps, des morceaux de roche cassés par une corde se séparaient de l'entonnoir, des bombes à poussière s'effondraient et se brisaient sur leurs casques. Après chaque "explosion", les alpinistes étaient enveloppés d'un brouillard gris, les lumières s'éteignaient et la poussière obstruait ses yeux et son nez. Des morceaux se balançaient sur les murs d'un dénivelé, avec de nombreux rebords et corniches d'échec, menaçant de tomber de tout mouvement imprudent. La pluie de petites pierres ne s'est pas arrêtée.

En haut aussi, j'ai eu du mal. Kudryavtsev et Frolova, tenant la corde d'appui, s'inquiétaient pour leurs camarades. Les deux premiers ont dépassé un peu plus de vingt mètres, mais ni leurs voix ni leurs cris n'ont été entendus. Le reste a commencé à descendre.

L'information a été transmise le long d'une chaîne en direct. Enfin, "sur le toit" a indiqué que les deux premiers sont entrés dans la galerie inférieure de la grotte et se sont posés au sol.

«La profondeur est de soixante-quinze mètres», a déclaré Kudryavtsev, qui a atterri en dernier.

Ils sont descendus pendant trois heures... Le maître des sports d'escalade dans des conditions ordinaires surmonte ce chemin sur une corde en trois sauts en quelques secondes. Mais underground n'est pas à la hauteur des records.

Les spéléologues ont regardé autour. Ils se trouvaient dans une vaste cavité karstique d'assez grandes dimensions: environ deux cents mètres de long, quatre-vingt de large. Au lieu de sexe - un tas de pierres chaotique. Selon les géologues, la grotte était en train de s'effondrer. En regardant de plus près, les éclaireurs remarquèrent qu'ils se trouvaient sur une étrange élévation. Des bougies étaient allumées: des momies de personnes et d'animaux gisaient autour de lui, les contours des objets apparaissaient sous la poussière.

C'est devenu effrayant. Les momies semblaient les surveiller sous tous les angles. Le seul désir était de quitter ce cimetière le plus tôt possible.



Spéléologues - les gens ne sont pas timides. Et encore, il fallait s'efforcer de comprendre la situation. De manière passionnante, le peuple de Krasnoïarsk a rendu impardonnable, selon les archéologues, une erreur méthodologique, poussant la clé du secret de la grotte à la prochaine expédition. Naturellement, ils se sont intéressés principalement aux momies et non aux objets pour lesquels il est plus facile pour les spécialistes d'établir l'âge approximatif des objets trouvés.

Afin de bien regarder les restes de personnes, il a fallu les élever. Les spéléologues ont été choqués par la vue d'une momie. Au début, l'homme était couché sur le ventre. Sans le savoir, un bras plié peut être pris pour un retourné et une crampe mourante aux traits faciaux déformés, pour une grimace de peur extrême. En regardant la photo du «Terrifiant», les scientifiques n'avaient plus qu'à se demander comment la mort de cet homme avait été appréhendée.

Tirer quelque chose du contenu de la «Kunstkamera» avec lui - un nom de la grotte est venu à l'esprit tout de suite - ce n'était pas le cas des explorateurs de la grotte. En essayant de ne toucher à rien d'autre, ils se sont préparés à la hausse.

Mikhail Kudryavtsev a grimpé le trou d'homme vertical sur les grappins fixés à la ceinture - des pinces métalliques qui vous permettent de vous appuyer de manière rigide sur la corde lors du levage. Nadezhda Frolova se cacha des pierres qui tombaient derrière le rebord de la corniche inférieure du puits et laissa les uns après les autres avancer. S'étant fixés d'en bas et d'en haut, en laissant tomber une corde accrochée aux stalactites, les spéléologues ont grimpé en toute sécurité. À Nadezhda, qui se tenait dans l'aération du puits depuis environ quatre heures, un câble de sécurité a été interrompu par un éboulement et une lampe de poche brisée.

Elle monta en dernier. La fatigue avait disparu, seul le corps était douloureux à cause des morsures de certains insectes. Allumé l'échec. La poussière sur l'entaille de l'entonnoir s'est agitée. Cependant, pas de poussière ne s'est déplacée, mais des centaines de petites créatures translucides ...

À l'aube, les éclaireurs se sont rendus au camp de base pour ouvrir Hopeless.

Légendes et hypothèses

Les récits des peuples d'Asie centrale regorgent d'intrigues qui pourraient facilement être liées à la «ville des morts» découverte. Certains ont essayé de trouver la clé de la Kunstkamera en eux. Les plus appropriés étaient les légendes sur les terribles divas gardant des trésors enfouis dans des cavernes, sur le cruel baiy qui envoyait leurs ouvriers à une mort certaine, sur les cavaliers qui étaient volontairement victimes d'un désir imprudent de s'enrichir facilement et immédiatement.

Plus on parlait de trouvailles dans la grotte de Kugitang, plus d'hypothèses apparaissaient au sujet de la mort violente des personnes enterrées là-bas. Les participants à la descente eux-mêmes l'ont cru. Et pas étonnant! Des douzaines de corps fanés, entrecoupés de momies d'animaux sauvages et d'animaux domestiques, se tenaient devant leurs yeux, les incitant à construire les hypothèses les plus incroyables.

Par exemple, n'aurais-je pas pensé que les restes de personnes à demi décomposés sont des preuves tangibles des événements historiques lointains et cruels qui ont couvert l'Asie centrale dans le passé? De grandes et petites guerres ont fait écho dans les montagnes de Kugitang. Selon les informations de Diodore de Sicile, les phalanges d'Alexandre le Grand sont passées au nord dans ces lieux; l'ancien écrivain Arrian a relaté la résistance désespérée des montagnards aux conquérants, les massacres des Macédoniens sur les habitants rebelles de l'ancienne Bactria et de Sogd. D'innombrables tribus nomades ne passèrent pas non plus devant Kugitang, se forçant mutuellement à sortir des riches alpages. Essayé de conquérir la tribu turc Karluk vivant ici au XIIe siècle, le souverain Merv Sultan Sanjar. Passé par Kugitang et les hordes de Gengis Khan, et les troupes du "boiteux de fer" Timur ...

La cause de la mort de dizaines de personnes pourrait être une coutume barbare. Après tout, avant que les Russes n'arrivent dans le khanat de Boukhara, ils se sont brutalement attaqués aux voleurs, aux apostats et aux chefs rebelles des soulèvements populaires: ils les ont jetés des minarets et les ont égorgés. De telles atrocités ont eu lieu de temps en temps à Boukhara même et dans d'autres grandes villes du Khanat au cours du siècle dernier. Où pouvons-nous parler des mœurs de sa province orientale, de ce qui était considéré comme le Kelif Beck et le Kugitang amlyakdarstvo qui en faisait partie. Les gens ordinaires ont été assimilés à des bouées et des beks à des grains de sable à Karakum, et le même voyageur, Logofet, donne un cas caractéristique dans son essai. En réponse à la demande du chef de la garnison russe de faire rapport sur les détails de l'incident tragique survenu à Amu Darya, le Kelif bek dit: «Le malheur est arrivé par la volonté d'Allah et autant de personnes qu'Allah a voulu ont été sauvées, mais beaucoup sont mortes par la volonté d'Allah, mais que cet incident ne soit pas causé au général, puisque le peuple de l'émir n'est pas compté et que plusieurs personnes sont plus ou moins dans le khanat, cela n'a aucune importance pour lui. »

Cependant, la naissance d'une telle hypothèse "sensationnelle" a été involontairement promue par les archéologues eux-mêmes. Récemment, un message est apparu sur les découvertes dans le sud du Turkménistan de traces de l'habitation d'un homme ancien. Selon un certain nombre de scientifiques, la réinstallation de peuples primitifs des hauts plateaux iraniens s'est faite le long des sentiers de montagne de Kopetdag et de l'ouest du Pamir-Alai, y compris de Kugitang.

Et deux ans plus tard, les spéléologues ont décidé de refaire la descente dans la mystérieuse grotte de Kugitang avec des scientifiques.

Réunion

Kugitang est clairement visible depuis la gare de Charshangu, mais il est difficile de s'y rendre. Les bus ne circulent pas et il n'est pas facile de prendre l'avion, surtout à l'automne, lorsque tous les véhicules sont occupés à cueillir le coton. Et où sans guide chercher dans le désert suscite une petite expédition errant de grotte en grotte?

"Nous trouverons des spéléologues", a déclaré Tulegen Ismankulov, secrétaire du comité du district de Charshanginsky du Komsomol. "J'ai moi-même grandi dans un village de montagne et je connais presque toutes les gorges de Kugitang. Certes, jusqu'à ce que je vous dise quelle grotte s'appelle la «Kunstkamera», mais nous demanderons aux bergers de montrer le chemin.

Ils ont rapidement convenu d'un voyage au camp d'expédition. Le lendemain, une voiture d'une station de récupération de la forêt partait de Charshanga pour se rendre dans des forêts montagneuses.

Dans la matinée, une voiture a sonné chez Tulegen. Nous avons sauté des nattes, pris une bouchée rapide, ramassé des pastèques et quitté la maison.

"Ahmed-aka Avlyakulov", a présenté Tulegen, assis au volant, "le directeur de la station de récupération de la forêt."

"La route est difficile", dit-il doucement. "Nous devons nous dépêcher de trouver la grotte avant l'aube."

Une heure plus tard, relativement rapide, nous étions à la première crête ondulée. Un lac bleu a clignoté dans le sable.

«Kaynar-baba est une» source sacrée en ébullition », a expliqué Ahmed-aka.

Est venu plus près. Il y avait une forte odeur de soufre. Au fond du lac, apparemment, il y avait plusieurs clés qui donnaient vraiment l'eau bouillante. Et quiconque y passe essaie de rester au moins près de cette source de sulfure d'hydrogène cicatrisante, pour se détendre après un long voyage dans le désert. Tulegen espérait rencontrer quelqu'un de l'expédition ici, mais il semble que nous soyons en retard.



Nous avons fermé la route goudronnée et avons conduit la voiture sur les éperons. Une terre grise parsemée de terriers de gerboise sauta devant ses yeux, par endroits parsemée d'épines vertes.

Au début, d'étroites bandes de coton traînaient le long du chemin, puis la voiture a de nouveau roulé dans la plaine déserte. Nous avons parcouru des kilomètres le long des marais salés le long de la pente de la crête, avons traversé les anciennes pistes de roues automobiles et n'avons pas quitté la vue de la crête des éperons sortant du désert.

Ahmed-aka a choisi une voie de voiture visible uniquement par lui et l'a dirigée vers la montagne. Nous avons été jetés d'un côté à l'autre. Nous avons regardé dans une colline de sable lointaine. Un oiseau de proie s'éleva au-dessus de lui. Mais elle n'a pas attiré l'attention du chauffeur. Après une minute, j'ai vu un point noir descendre lentement dans notre direction. Un homme marchait dans les basses montagnes. Nous avons roulé un peu en avant et nous nous sommes

arrêtés près d'un profond entonnoir karstique.

Vingt minutes passèrent. Un homme descendit lentement de la pente la plus proche. On pouvait voir sa chemise verte et un grand bonnet blanc - les habitants ne portent pas de tels vêtements.

Finalement, un vieil homme maigre vint à nous et nous tendit la main.

«Lyubin, Vasily Prokofievitch», s'est-il présenté, «le chef du détachement paléolithique de l'expédition du complexe archéologique du Sud-Turkménistan».

De retour à Ashgabat, à l'Institut d'histoire Batyrov de l'Académie des sciences de la RSS turkmène, il m'a été conseillé de chercher le détachement paléolithique d'UTAKE à Kugitang et de m'entretenir avec son chef, le professeur Léningrad Lyubin, l'un des principaux spécialistes de l'archéologie des grottes. Mais alors je n'espérais pas trouver d'archéologues dans les montagnes désertes. Et bonne chance

"J'ai remarqué qu'une voiture roulait près des montagnes et j'ai donc décidé de descendre, explique Vasily Prokofievich. Tu es donc également intéressée par la grotte Kunstkamera?" - Il m'a regardé attentivement.

"Après tout, la ville des morts a été découverte", ai-je dit avec incertitude. "Et il y a beaucoup d'hypothèses différentes ..."

Le professeur s'arrêta: «Ne vous précipitez pas pour deviner, la momification des restes humains et d'animaux a naturellement eu lieu, ce qui est favorisé par le microclimat de la grotte. La question de savoir comment les gens y sont arrivés est plus compliquée. Il est nécessaire d'examiner soigneusement la Kunstkamera afin de la juger avec expertise. Voyons si les archéologues peuvent descendre dans la galerie inférieure de cette grotte sans préparation spéciale ... Les spéléologues de Krasnoyarsk sont arrivés hier - ils se préparent à une nouvelle descente dans les puits. Après avoir soulevé quelques objets à la surface et dressé la carte topographique correcte de cette partie du karst, je pense que de nombreuses hypothèses disparaîtront d'elles-mêmes.

La fin suit

Alexey Tarunov

<http://orient-tracking.com/Hystory/Koitendag.htm>

GOVURDAK-KOITENDAG OASIS

Ne jetez pas d'énergie au vent,
Après avoir bien fait, donnez de l'eau au désert
Ne pas enterrer accumulé dans la poussière, -
Donnez au profit de votre peuple.



Monts Kugitangtau (pentes orientales)

Le sud-est du Turkménistan est riche de paysages naturels uniques et de monuments historiques et historiques fascinants qui plongent non seulement dans le Moyen Âge mais aussi dans l'Antiquité. Cette région est scientifiquement peu étudiée et attire des chercheurs du monde entier. Pourquoi ces endroits, les montagnes et les contreforts de Kugitangtau sont-ils si remarquables? Tout d'abord, un relief montagneux unique et fortement disséqué composé de calcaire, de gypse, de grès et d'autres roches. Le mot «Kugitang» (Kuhitang) peut être traduit du tadjik en «montagnes aux gorges étroites» («kuh» - «montagnes», «tang» - «étroit, à l'étroit») et en terminant par «tau», qui est présent dans les terminaisons de nombreux locaux, noms, signifie "montagnes", mais déjà traduit des langues turques. Au Turkménistan, ces montagnes s'appellent déjà Koytendag (montagnes de profonds canyons). De nombreuses gorges et canyons

profonds, tels que Chinjir, Ob-dara, Bulak-dara, Umbar-dere, Gaudera (Gavdere), Daray-dere (Daraidere), sont parsemés de ravins et de cavernes karstiques résultant de la dissolution et de la disparition des calcaires du Jurassique supérieur.

Le Daray-dere est particulièrement distingué, il s'appelle «les gorges des gorges» et commence presque tout en haut du Kugitang, à une altitude d'environ 3 000 m. Cette gorge descend progressivement dans la vallée, formant plusieurs cascades et rapides sur son chemin. La rivière Kugitang (Koytendarya), qui coule le long d'une vallée fertile du nord-est au sud-ouest, recueille toutes les eaux rares de ces canyons - ses composantes de la rive gauche. Les affluents de la rivière Kugitang situés sur la rive droite sont moins importants. Les montagnes à l'ouest de Kugitangtau - basses altitudes, sont également une continuation de la province de montagne Gissar-Alai. Au nord, les montagnes de Dzhugashty et Ukhtargi, à l'ouest, les montagnes de Kyzylkhor, Balakhan, Gaurdak, Tagara et Shiram, au sud, les montagnes Karachagat et Karabil. Dans l'extrême sud-ouest, presque à proximité du chenal de la rivière Amu Darya, les chaînes de Kattaur et de Kundalyangtau (Kundalyang-tau, Kundalyagtau, Kundalyag-tau) s'étalent l'une après l'autre.

À propos de cette crête très méridionale, rapportait il y a plus de cent ans le général russe, scientifique oriental Dmitry Nikolaevich Logofet (1865-1922). Dans son essai de voyage intitulé «Aux frontières de l'Asie centrale», il a déclaré: «Parallèlement au fleuve, et à deux ou trois milles de la côte, la chaîne de montagnes Kundalyan-tau s'étend; ces montagnes sont sans arbres et désertes. À certains endroits, ils extraient de la pierre alliée dans des cabanes à Kerki et plus bas le long de l'Amou Daria. » Au XXe siècle, Kundalyang-tau n'était intéressant que pour les paléontologues, en raison du développement important des gisements marins du Crétacé inférieur et pour les prospecteurs qui identifient des perspectives de production industrielle. Toute la région montagneuse, de Gaurdak (dôme de Govurdak, dôme de Tagar, montagnes de Balakhan) à l'ouest à la crête de Kugitangtau à l'est, est considérée par les géologues comme un tout - la région de Govurdak-Koytendag, caractérisée par des processus tectoniques identiques, composée de dépôts sédimentaires du Jurassique.

Les montagnes de Kugitangtau ont acquis une grande popularité, non seulement grâce aux canyons, mais surtout grâce aux complexes de grottes uniques. Certaines grottes de

Kugitanga ressemblent à des jungles de pierre, parmi lesquelles se trouvent des galeries de salles couronnées de stalactites et stalagmites bizarres, de gypse et de nemiks célestes similaires à la porcelaine, aux "perles des grottes", aux "fleurs de pierre" congelées - anodites et gélectites - divers décors de calcite, marbre onyx et aragonites. Il y a en particulier de nombreuses grottes sur les pentes occidentales de Kugitang (territoire du Turkménistan). Il s'agit de grottes telles que Kap-Kotan (Kap-Kutan, Kapkutan), Hashim-Oyik (Hashm-Oyik, Hoshm-Oyyk, Hoshimoyuk, Hoshmoyuk, Hoshmoyuk, Hoshmoyuk), Gulshirin (Gulshirin), Tashyurek (Tashyurak, Dash-Yurek, Dashyurak), la grotte récemment découverte de Tase-Charva. Les plus célèbres d'entre eux sont inclus dans le soi-disant système de grottes de Karluk (environ 30 grottes). Il est à noter que ces grottes ont été mentionnées dans leurs collections historiques «Bibliotheca Historia» (Bibliothèque historique) par l'ancien historien grec, mythographe et voyageur Diodore de Sicile (vers 90-30 av. J.-C.).

Ce qui est intéressant, c'est qu'en 1979, le célèbre explorateur de Kugitang - spéléologue et géologue V.A. Maltsev a réussi à trouver du poisson aveugle dans l'un des creux karstiques du Kugitangtau sur le territoire du Turkménistan. Plus tard, en 1981, une expédition composée de V.Yu. Dolzhansky a été prise à plusieurs de ces poissons et livré à Moscou. En 1983, N.V. Parin a donné son nom à un poisson à cette espèce - Noemacheilus (Troglocobitis) starostini - L'omble de Starostin ou l'omble aveugle Kugitan, en l'honneur de I.V. Starostin, ichtyologiste et hydrobiologiste qui a travaillé au Turkménistan au milieu du XXe siècle et qui a apporté une contribution significative à l'étude de l'ichtyofaune locale. Golets Starostin, en tant qu'endémie locale, figure dans les Livres rouges du Turkménistan et dans l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature). Plus de 80 espèces de poissons aveugles vivant dans des grottes sont connues dans le monde, mais sur le territoire de l'ex-URSS, le char Kugitan Starostin est le seul représentant. Sur le territoire de la partie turkmène de Kugitangtau, outre les grottes de Karluk, la grotte culturelle et

la gorge de Kirk-Gyz (Quarante filles) sont également connues et attirent de nombreux pèlerins.

Dans plusieurs numéros du journal Trud de 1984, ainsi que dans le journal Vokrug Sveta de 1985 (n° 2-3, article «ECHO de Kugitang»), ont été publiées des notes dans lesquelles un groupe de spéléologues de Krasnoyarsk a signalé une découverte dans une grotte nommée "Kunstkamera", de nombreux vestiges - des momies et des os de personnes et d'animaux. A cette époque, cette découverte a donné lieu à de nombreuses suppositions et légendes, parfois les plus incroyables. Mettant de côté les théories les plus mystiques et les plus incroyables, je voudrais parler de théories plus réelles. Beaucoup ont commencé à penser que la grotte était un piège pour les animaux et les bergers qui, en pénétrant par inadvertance dans les profondeurs, sont tombés dans la mine. Les bêtes, en passant, pourraient également venir ici pour la [momie](#), qui a été trouvée ici sur les murs de la grotte. Il existe une version selon laquelle les voleurs ont utilisé cette grotte pendant un certain temps, cachant leurs victimes pour toujours, surtout depuis que des bâtons brûlés qui servaient autrefois de torches ont été retrouvés dans la grotte. Selon les scientifiques, la datation des découvertes dans cette grotte est différente. Certains d'entre eux les attribuent aux XVIIIe et XIXe siècles, et certains au XXe siècle. En tout cas, je me souviens des mots du célèbre orientaliste hongrois Arminius Vambury (1832-1913), qui a voyagé à travers l'Asie centrale au 19ème siècle sous l'apparence d'un derviche. Un des tronçons de la route de Vamberi est passé de Karshi à Kerki (Atamurat moderne). Selon Vamberi, cette section de la route était dangereuse pour les marchands, dont les environs sont remplis de voleurs téméraires, dont les captifs ne reviennent pas.

L'objet paléontologique le plus important d'importance mondiale dans l'ouest de Kugitang est le célèbre plateau de dinosaures sur lequel sont gravés d'anciens géants d'environ 160 millions d'années. Ce petit plateau incliné, d'une taille d'environ 500 à 200 m, est situé dans l'ordre de l'État de Khojipil à une altitude d'environ 1 400 m, non loin du village de Khojapil-ata. La taille des pistes varie de 18 à 71 cm, la plus grande pouvant appartenir à un mégalosaurus. Au total, plus de 2500 pistes ont été identifiées sur les zones suivantes: Place centrale Khojapil, Kirk-gyz, Sarygat, Sary-Gaya, Niyaz, Ak-Tapiz (Sagat) et autres, d'une longueur totale d'environ 10 km. Fondamentalement, les pistes appartiennent aux dinosaures bipèdes de la sous-classe des Archosaures. Trois types de traces appartenant aux nouveaux genres ont également été révélés: Turkmenozavrus, Khodzhipilozavrus, Gissarozavrus (classement par ordre décroissant de taille d'impression et de longueur de foulée).

Le mot "Khojapil" (Khojapil) peut être traduit par "Éléphants sacrés" ou "Maître d'éléphant". Bien que selon une légende, la première personne qui a découvert ces traces s'appelle Hodge. Parmi la population locale, il existe des croyances et des légendes sur les éléphants, qui étaient ici avec un pèlerin errant d'Inde, ou sur les éléphants d'Alexandre le Grand, qui ont laissé des traces ici au cours de sa campagne. Cependant, certains paléontologues pensent qu'il ya 60 à 80 000 ans d'éléphants et de rhinocéros habitaient ici. De plus, les os d'anciens éléphants se trouvaient déjà au Turkménistan: en 1943 et 1952, les restes d'un éléphant fossile près du village de Khudai-Dag; en 1989, dans la région de Zeyidsky (aujourd'hui «Le nom du 15e anniversaire de l'indépendance du Turkménistan»), le réservoir osseux de l'éléphant

paléoloxodonte appartenant à la période quaternaire (anthropique).

Un autre endroit comportant des traces de dinosaures a été trouvé en 2002, sur le versant nord-est du mont Gaurdak (chaîne de Gaurdak, dôme de Govurdak), à côté de la carrière de soufre. Selon les scientifiques, l'âge de ces pistes à trois doigts fossilisées est de 140 à 145 millions d'années, le nombre total étant de 114 pistes. Il n'existe pas non plus de traces profondes et parfaitement arrondies des scientifiques.

Une découverte intéressante et très mystérieuse a été faite en 1983 par le scientifique turkmène K.N. Amanniyazov, qui, parmi les traces de dinosaures sur le plateau de Khojapil, a découvert six traces du pied humain de taille 43, l'une après l'autre. La datation faite par le professeur Kh. Khudaikuliev d'imprimés a donné un résultat inattendu - 150-200 millions d'années (période jurassique). Certaines publications ont écrit à ce sujet au cours de ces années et des nouvelles télévisées ont été publiées. Malheureusement, la vulgarisation de ces découvertes n'affecte pas toujours de manière positive la préservation des monuments. Après les publications, le flux de touristes a augmenté, en raison de l'une des pistes qu'il a gâchées. Apparemment, certains touristes à courte vue ont eu l'idée de scinder l'empreinte la mieux conservée et de l'emporter avec eux ... En 2000, le Dr Dennis Swift de l'Institut des dinosaures des étrangers ont examiné ces pistes, en l'honneur de qui ils ont été appelés "traces de Swift." Un autre mystère: sur le même plateau, des traces de sabots de chèvre ont été découverts, exactement les mêmes que celles qui vivent dans les montagnes de Kugitangtau (Koytandag). Il en résulte une contradiction avec la chronologie et une contradiction avec la théorie de l'évolution de Darwin en faveur du créationnisme. Il y a des disputes entre scientifiques. Dans ce contexte, les liens entre l'image des dragons dans l'art populaire et les artefacts trouvés associés aux dinosaures sont intéressants.

Il existe de nombreuses légendes associées aux dragons. Les contes de fées d'Asie centrale présentent souvent des dragons. Ce n'est pas un fait, par exemple, que les humains n'ont jamais vu de dinosaures. Nos ancêtres ont pu trouver de telles traces pendant longtemps, et éventuellement des parties de squelettes. Tout cela pourrait être transmis oralement de génération en génération, créant ainsi diverses légendes et légendes. Et ce ne sont pas que des hypothèses. Dans le même Turkménistan, les ruines de la mosquée Seyit Jamal Ad-Din du XVe siècle sont connues dans le village d'Anau, détruit en 1948 à la suite d'un fort tremblement de terre. Sur le portail de la mosquée, il y avait une mosaïque avec des images de dragons - la seule sur des structures similaires dans le monde musulman. En 1904, une expédition archéologique dirigée par un géologue et voyageur américain, R.V. Pampelli (1837-1923), ainsi que le célèbre archéologue Hubert Schmidt (1864-1933), firent de nombreuses découvertes importantes à Anau. La mosquée de Seyit Jamal Ad-Din a également été examinée. Selon certaines informations (S. M. Demidov, «Dragons dans la mythologie turkmène»), l'expédition est parvenue à extraire du Turkestan de précieux matériaux archéologiques, notamment des mosaïques décorées sculptées sur le portail de la mosquée avec des images de dragons aurait dû rester en Russie. Académicien V.V. Bartold (1869-1930) a critiqué les méthodes de travail de cette expédition, qui a commis de nombreuses erreurs, notamment comme une grande quantité de matériel non comptabilisé. Il n'est pas surprenant qu'après presque un siècle, en 2001, les recherches aient

repris ici. En 2002, les Américains ont octroyé une subvention pour recréer les images perdues. Néanmoins, il convient de mentionner que les fouilles entreprises dans les environs d'Anau par Rafael Pampelli ont donné un résultat très intéressant. Il s'est avéré qu'il y avait un foyer de l'une des plus anciennes civilisations de l'Est, datant du 5ème millénaire avant JC, qui a été inclus dans la littérature scientifique en tant que «culture Anau». En turbulente 1918-1920 le vandalisme contre la mosquée d'Anau s'est poursuivi. «Candidat» soviétique D.I. Nechkine, qui avait été envoyé au Turkestan ces dernières années à la tête de la commission pour la protection de tous les monuments historiques du Turkestan, a indiqué que, pour le British Museum, la doublure de la mosquée d'Anau avait été partiellement supprimée pendant l'existence du gouvernement provisoire. Les ravisseurs ont motivé cela par le fait que le «gouvernement barbare des Russes» ne pouvait toujours pas sauver ces monuments (S. M. Gorshenina, Revue ethnographique, n° 1, 2013, p. 52-68).

De retour à la mosquée Seyit Jamal Ad-Din, je voudrais apporter une légende enregistrée par l'archéologue et critique d'art G.A. Pugachenkova (1915-2007), qui raconte l'apparition de cette mosquée. Il dit qu'une fois, une cloche a été suspendue à un arbre près du mur de la forteresse de la ville, qui pourrait être utilisé par les personnes en détresse. Les habitants, entendant le son de la cloche, se sont précipités à la rescousse de celui qui a fait sonner cette personne. Et un jour, quand ils ont entendu le son de la cloche, les gens se sont précipités vers cet arbre et ont vu qu'un énorme dragon frétilant sonnait. Il a commencé à indiquer deux personnes dans la foule - des menuisiers avec une hache et une scie, ainsi que vers les montagnes. Dzhemal - la reine de l'État (selon une autre version, Seyit Jemal, le souverain) a ordonné à ces maîtres de suivre ce dragon. Bientôt, ils ont vu un autre dragon qui, après avoir avalé une chèvre de montagne, éprouvait une forte douleur à la gorge de la part de ses cornes. N'ayant pas peur d'entrer dans la gorge du dragon, les maîtres ont été en mesure de couper les cornes du bouc et de couper sa carcasse en morceaux. En récompense, le premier dragon a amené ces maîtres dans la grotte où ils ont pu collecter des trésors - de l'or et des pierres précieuses. Résidents de la ville, le lendemain, la cloche a encore sonné. Deux dragons apportèrent de l'or et des pierres précieuses sur les crêtes de la reine puis se retirèrent dans les montagnes. Et la reine Dzhemal, en l'honneur de tout ce qui s'est passé, a ordonné à ces mosquées de construire une mosquée avec des images de dragons. "Beauty House" - cette mosquée s'appelait ainsi, gardée par deux dragons, dont les images étaient visibles sur le portail. Voici comment, dans une légende, les traces d'un dinosaure, d'une chèvre à cornes, d'un homme et même d'une grotte sont étroitement liées.

En ce qui concerne l'activité humaine, l'un des premiers artefacts trouvés à Koytendag (la région des rivières de montagne Hashymoyun et Bulak-dere) est un outil de l'ère mésolithique (XII - VIII millénaire avant notre ère). Parmi les

nombreux noyaux, flocons, plaques et agrafes, un objet sculpté au silicium qui ressemblait à une grenouille était d'un intérêt particulier. Les scientifiques ont tendance à penser que cet article a été utilisé comme outil pour la fabrication d'outils et la chasse. L'ère mésolithique date des vestiges d'une structure à une chambre construite en pierre traitée dans la région de la source Khojashyullik (à l'est du mont Balakhan), où diverses autres découvertes ont également été découvertes.

Les traces de l'ère antique (Kushan et Sasanian) sont représentées par des couches sur les vestiges d'anciennes forteresses (Kala) et de colonies (depe) telles que Kelif, Shor-depe, Monzhuk-depe, etc. Tout au long de la rive droite de l'Amu Darya, de Kelif à Kerkichi, y compris au pied des montagnes de Koytendag, on trouve des dizaines de vestiges d'établissements anciens et médiévaux très mal étudiés. La traversée stratégique de l'Amou-Daria dans la région de Kelif est inextricablement liée aux noms des grands conquérants. Selon des sources écrites, en 329 av. Les troupes d'Alexandre de Macédoine, après un passage difficile à travers le désert de Bactriane, traversèrent les chênes (Amu Darya) à l'aide de tentes en cuir, à partir desquelles des flotteurs étaient remplis de paille et reliés entre eux par une sorte de pont flottant.

Le ferry Kelifsky était toujours utilisé par les marchands dans le système de routes commerciales de la Grande Route de la Soie, par lequel passait l'une des lignes principales. À l'époque médiévale, le territoire du Turkménistan, et en particulier les territoires montagneux de Koytendag, faisaient partie du territoire de Khorezm Sud. Après la conquête arabe de Maverannahr, Kelif acquiert une importance non seulement en tant que traversée, mais aussi en tant que ville commerçante. Parmi les géographes arabes, nous trouvons des références à Kelif. Al-Makdisi (Mukkadasi, 946/947 - vers 1000) présente la ville de Caliph, la seule à Jeyhun (Amu Darya), construite de part et d'autre par le pont: Rabat Zul I-Karneyn (Zulkarnayn) sur la rive gauche avec une mosquée cathédrale. Remise Zu-l-Kifl (Zul Kifl) sur la rive droite.

Abu Sa'ad al-Samani (1113-1167) décrit la forteresse de Kalif (Kelif) sur les rives du Ceyhun, la qualifiant de «forteresse imprenable comme une ville», située à 18 kilomètres de Balkh.

En 1220, Mahomet était assis à Kelif, mais lorsqu'il apprit l'approche des troupes de Gengis Khan, traversant le Jeyhun (Amu Darya), il s'enfuit en Iran avec de petites forces militaires.

L'historien-géographe iranien Hamdallah Qazvini (env. 1281/1282 - 1344 ou 1350) décrit dans son ouvrage «Selected History» Kelif comme une petite ville dont la circonférence du mur de la forteresse de 3000 marches sur les rives de Jeyhun a également une largeur de 3000 marches.

Logofet au début du XXe siècle décrit la forteresse de Bek: la Kala (forteresse) a été construite au sommet d'un rocher qui, abaissant progressivement, descend vers les rives de l'Amou Darya. Les hauts murs altérés de l'ancien bâtiment l'entourent et sont fermés par des portes situées près de la rivière. Parmi les anciennes maçonneries des murs, on peut voir des incrustations de briques d'adobe, indiquant que les murs ont été rénovés relativement récemment. À cette époque, la frontière entre l'empire russe et l'Afghanistan passait le long de l'Amou Darya et cette forteresse servait de point de douane par lequel passait un important flux de marchandises.



Crête Kelif-Sherabad
dans la zone du bassin de Pashkhurt

Le moderne Kelif et la gare sont situés directement au pied des montagnes de Karajadag (au sud-ouest de la crête Kelif-Sherabad). Les vestiges de la ville antique et médiévale de Kelif se trouvent à 1 km de la gare. Plus au sud-ouest, là où la rivière se resserre le plus possible à l'ancienne traversée de l'Amou Darya, sur une haute falaise se trouvait la citadelle de la forteresse de Kelif, qui est actuellement les vestiges d'une ville antique et médiévale, dont la couche culturelle comprend époque antique et début du moyen âge.

Parmi les aulia et les mazars, des lieux tels que Ak Ata Baba, Tagay Halpa Baba, Khoja Chilgaz Baba sont vénérés à Koytendag.

Parmi les monuments naturels hydrologiques de l'ouest du Kugitang, on peut noter de petits lacs, notamment les lacs karstiques: Khorjun-kel (Khurzhumkul, Khorzhunkel), Aigyrkel et le lac le plus profond du Turkménistan, Kete-kel (Kattakul, Kattakol, Kattakel); Cascades d'Umbar (hauteur 27 m), Summul, cascades dans les gorges de Daray-dere; une source thermale à sulfure d'hydrogène, Keynar-baba (Gaynar-baba), à une température constante de 22 ° C, une source à sulfure d'hydrogène Aksu, ainsi que de nombreuses autres sources sacrées vénérées par la population locale.

Les montagnes de Koytendag et ses environs sont riches en monuments naturels botaniques. Connu: à Chilon-ata (village de Koiten), un bosquet d'arbres (dattes chinoises, jujubes) d'une superficie de 0,75 hectare avec des arbres inclinés d'un côté, dont certains ont plus de 200 ans; bosquet de pistaches d'une superficie de 1 500 hectares, âgés de 200 à 250 ans (environ 1 m d'épaisseur d'arbre) dans le tractus Khojaburjibelend, pistaches de Karadepe; des platanes (platanes) âgés de 350 à 1000 ans dans le village de Koyten, ainsi que le platane «Uchdogan», au creux duquel plusieurs personnes peuvent être accueillies. Dans la gorge de Khoja-Karaul-dere (Khojagaravul, Khojakaraul, Tutly-dere), un mûrier âgé de 700 à 800 ans est connu sous le nom de "Kyzyl-tut-baba" (Gyzyltut baba), qui signifie "Red Grandfather - Mulberry". Selon certaines sources non vérifiées, dans les

montagnes, il y aurait des genévriers millénaires, dont les spécimens individuels atteindraient sept mètres de diamètre.

En 1986, des réserves ont été créées dans les montagnes de Kugitangtau. Depuis le Turkménistan, sur le versant ouest de Kugitangtau, la réserve de Koytendag (anciennement Kugitang) (plus de 27 000 hectares) a été organisée. La même année, il se trouvait déjà en Ouzbékistan, sur les pentes occidentales de la crête de Kugitangtau. La réserve de Surkhan en 1986 a été créée sur le site de l'ordre de Kugitang (qui existe depuis 1970) et a été combinée avec la réserve d'Aral-Paygambar (existe depuis 1971) en un tout - dans la réserve de l'état de Surkhan. Certes, plus tard, l'île Aral-Paygambar a été transférée au service des frontières. La superficie du site Kugitangsky de la réserve de Surkhan s'étend sur plus de 24 000 hectares. Cette position commune des réserves des deux pays voisins a un effet positif sur la protection du monde animal et végétal ainsi que sur de nombreux monuments naturels à caractère géologique, botanique et historico-culturel. Le territoire des deux réserves occupe la zone moyenne et haute de la montagne. Le point culminant des montagnes de Kugitangtau est le sommet Ayrybaba (3137 m au-dessus du niveau de la mer). Au Turkménistan, il s'appelle Beyik Turkmenbashi. À l'ouest de la crête de Kugitangtau, les pentes sont plutôt douces, divisées par de nombreux canyons étroits et longs, composées de couches puissantes, parmi lesquelles se trouve un vaste réseau de grottes, déjà évoqué plus haut. À l'est, des falaises rocheuses verticales, parfois jusqu'à 500 mètres, sont clairement visibles depuis le bassin de Pashkhurt, perçu comme un grand bastion ou les murs d'une immense forteresse. Près du pied de cette crête escarpée, les midlands se rapprochent progressivement pour se transformer en montagnes basses. Le monde végétal des réserves naturelles est particulier. La superficie totale des forêts de genévriers est d'environ 14 000 hectares.

<https://web.archive.org/web/20130114151204/http://giantcrystals.strahlen.org/asia/kapkutan.htm>

Asie: Turkménistan: cristaux géants d'aragonite et de gypse dans le système de grottes de Kap-Kutan

Coordonnées: environ 37,44 ° N, 66,26 ° O: système de grottes de Kap-Cutan, monts Kugitangau, Tianshan, Turkménistan,

Le système de grottes de Kap-Kutan ou plus précisément de Cupp-Coutunn est l'une des rares grottes citées dans la littérature classique en dépit de son emplacement relativement éloigné. L'historien DIODORUS a décrit les grottes dès 49 avant JC dans son livre «Bibliotheca Historica»! La connaissance des grottes s'est perdue pendant plusieurs siècles jusqu'au début des années 1950, lorsqu'un géologue russe les a visitées et leur a proposé d'exploiter sa richesse en onyx bagué en tant que pierre ornementale. L'exploitation minière a débuté à la fin des années 50 et s'est poursuivie pendant 20 ans, avant d'être stoppée par un mouvement croissant de protection de la nature.

La géologie du système de grottes est assez complexe. Une succession épaisse de calcaire du Jurassique supérieur a été introduite par des roches volcaniques et des granites à une époque ultérieure. Ces intrusions apportaient des solutions sulfuriques chaudes, qui formaient les grottes et les magnifiques spéléothèmes.

Contre l'extraordinaire beauté de la [grotte de Lechuguilla](#), le système Kap-Kutan est au moins comparable, sinon plus spectaculaire, à son pendant antagoniste américain.

Kap-Kutan est un autre exemple de formation de grottes à l'aide de solutions d'acide sulfurique. Il en résulte un très long système de grottes avec une décoration spectaculaire et parfois très grande composée de différents minéraux tels que l'aragonite, la calcite, l'hydromagnésite et le gypse. L'aragonite et le gypse forment de grands lustres et des agrégats de cristal pouvant atteindre une longueur de 4 mètres et plus. Bien qu'il ne s'agisse généralement pas de monocristaux, ils peuvent facilement atteindre une taille supérieure à un mètre.

Outre les superbes spéléothèmes d'aragonite et de gypse dans le système de grottes, de gros cristaux



Photo by Vladimir Maltsev

Reposant sous des cristaux d'aragonite dans la grotte de Kap-Kutan



Photo by Vladimir Maltsev

Spéléologue perdu dans une forêt d'aragonite géante à Kapkutan

Source de toutes les photos de cette page: Vladimir Maltsev

Pour plus d'images du système de la grotte Kap-Kutan, [cliquez](#)

de calcite d'une dimension pouvant atteindre 2 m apparaissent sous forme de cristaux librement cristallisés sur certaines parois de la grotte.

Le système de grottes de Kap Kutan est certainement l'un des systèmes de grottes les plus remarquables au monde. Il présente une vaste et riche variété de décorations spéléothémiques remarquables et nécessite par conséquent une protection stricte.

Autres occurrences notables et célèbres de l'aragonite:

- les lustres en aragonite de la [grotte de Lechuguilla](#) , au Nouveau-Mexique; très similaire à Kap-Kutan

- Gros agrégats coralliformes - la "Eisenblüte" (fleur de fer) est connue dans diverses localités, les plus célèbres étant les occurrences de l'Erzberg en Styrie, en Autriche.

- Des cristaux transparents jaunes jusqu'à 20 cm sont connus à Horenec, près de Bilina, en République tchèque. Une autre découverte célèbre de la République tchèque est le "Karlsbader Sprudelstein", où l'aragonite forme de grands nodules blancs dans les sources thermales de Karlovy Vary.

- Le Maroc (Tazouta) et l'Espagne (Minglanilla) ont produit des cristaux palpitants d'aragonite jusqu'à 20 cm et plus.

- Tsumeb - l'une des localités minérales les plus prolifiques connues - a également produit de gros cristaux d'aragonite (variété de tarnowitzite) jusqu'à 20 cm.

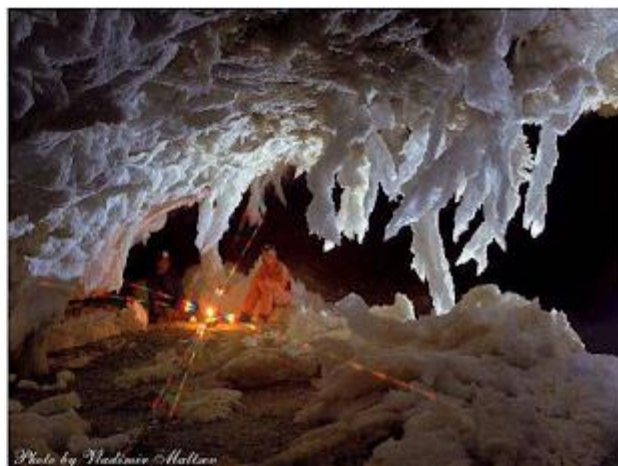
Ressources et liens Internet pertinents:

La plupart des publications scientifiques sur le système des grottes de Kap-Kutan sont en russe et ne sont pas facilement disponibles dans l'Ouest. Cependant, le site Web de Vladimir Maltsev, qui présente d'excellentes images et fournit des informations détaillées sur la géologie et la minéralogie du système Kap-Kutan et sur la protection dont elle a tant besoin, constitue une excellente ressource en ligne pour le système de grottes Kap-Kutan.

[Le site web de Kap-Kutan par V. Maltsev](#)

Grotte de Kap Kutan, Turkmenistan

Une grotte à la géologie complexe, comparable à celle de Lechuguilla. Connue depuis l'antiquité puis redécouverte et exploitée dans les années 50, elle ne jouit pas de la même renommée malgré ses salles et ses "chandeliers" magnifiques. Les infos sont rares, on peut néanmoins tenter sa chance.



Credits Photo: Vladimir Maltsev

MINÉRAUX DU SYSTÈME CUPP-COUTUNN KARST CAVE, SUD-EST DU TURKMÉNISTAN.

INTRODUCTION

Le réseau de grottes karstiques Cupp-Coutunn, situé sur le versant ouest de la limite sud de la crête de Kugitangtau, est le plus grand système karstique calcaire du territoire de l'ex-URSS. Le système mérite sa place parmi les dix des grottes les plus intéressantes du monde, tant par la variété et la singularité de sa minéralogie que par la valeur esthétique de ses formations. Les formations géologiques du système Cup Coutunn sont incluses dans le projet de nouvelles publications de la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO dans la section consacrée aux objets d'importance non classifiée. Aujourd'hui, l'extension totale du réseau de grottes dépasse les 80 km et la longueur de sa plus grande grotte (la grotte Cupp-Coutunn II) est de 56 km. Les grottes ont connu un sort difficile pendant les périodes d'exploitation industrielle de l'onyx en marbre (stéatite à rayures) arrêtées par le public en 1981. De plus, le système a subi des périodes d'invasion par les collectionneurs et les touristes "barbares", ainsi que des combats entre les autorités locales puissantes

pour le contrôle des grottes. Néanmoins, les spéléologues menant des recherches sur le système de grottes ont réussi à garder les zones les plus intéressantes saines et sauves.

La minéralogie des grottes karstiques est en principe un domaine de connaissances très intéressant et spécifique. Les caractéristiques de ce domaine sont déterminées par quelques facteurs principaux, tels que: (1) le rôle de la modélisation théorique. Ce rôle prévaut sur le rôle de l'analyse, dans lequel l'utilisation de méthodes non destructives de diagnostic sur le terrain est une priorité. Il est tout à fait naturel que ces grottes atypiquement minéralisées soient extrêmement rares et leur destruction complète pourrait avoir lieu littéralement après seulement quelques visites sauvages; (2) l'absence de soutien de l'Etat. L'absence de lutte pour l'obtention de fonds publics et de diplômes scientifiques entre chercheurs crée des interrelations très spécifiques, simples et agréables. (3) activité commune concernant la recherche sur les grottes parmi des minéralogistes et des spéléologues de divers intérêts qui sont

des personnes largement éduquées, possédant une bonne dose de romantisme (sans quoi ils n'auraient pas pu choisir un tel passe-temps) et donnant des idées extrêmement intéressantes et parfois fructueuses "sur le côté "; (4) l'absence de hâte. Les résultats de la recherche ne sont publiés que lorsque l'auteur le souhaite vraiment et de la manière dont il le souhaite (parfois même sous la forme d'idées nues). La technique de rédaction de l'article est plutôt curieuse. La majorité des chercheurs de différentes villes et pays ne se rencontrent que dans les grottes elles-mêmes, ayant apporté tout le matériel nécessaire. Par conséquent, si le processus d'écriture d'un article donné a mûri et en particulier si l'article a plus d'un auteur, le train de Samarcande à Moscou est un lieu standard de la réalisation de la publication. Ce record est un sondage de 65 pages rédigé en anglais par C.Self et moi-même au cours des deux jours et demi consacrés aux Actes de la Bristol University Speleological Society.

Malheureusement, l'idylle décrite ci-dessus a récemment été légèrement perturbée par des amateurs organisant des "expéditions scientifiques internationales" dans le système de grottes de Cupp-Coutunn sur une base commerciale. Les amateurs de ces types d'expédition ne disposent même pas de matériel topographique, sans parler d'autres éléments nécessaires. Naturellement, de telles expéditions n'ont aucun sens, mais le bruit est si grand, même si on met de côté les dégâts directs causés aux grottes. Par exemple, il a été recommandé à cinquante participants de "l'expédition" russo-kirghize-anglaise en 1990 d'utiliser des lampes au carbure dans les grottes, qui sont des modifications particulièrement sensibles du régime thermique et lorsqu'aucune lumière électrique n'est acceptable. Les enquêtes amateurs ont eu un autre effet intéressant. À l'époque de la stagnation de l'URSS, il était si difficile de publier un article scientifique de grande envergure qui ne concernait pas la "thématique" officielle de son institut, au point que les gens étaient souvent trop paresseux pour s'impliquer dans le processus. En conséquence, seuls de brefs articles sur le système de grottes Cup Coutunn ont été publiés en russe et les principaux articles de l'enquête ont été imprimés à l'étranger. En conséquence, cet article est le premier grand article sur ces grottes à paraître dans une publication russe. J'ai choisi ce périodique en particulier en raison de son caractère, ce qui permet de promouvoir un équilibre quelque peu différent entre hypothèses vérifiées et hypothèses de travail (qui sont abondamment dues aux particularités du domaine décrites ci-dessus) à celui présenté dans une publication purement scientifique. Naturellement, le contenu de cet article est légèrement subjectif et même discutable à certains endroits. Il est particulièrement noté partout dans le texte où sont discutées les formations géologiques et minéralogiques. J'adhère aux conceptions des scientifiques de mon entourage, à partir desquels j'ai l'autorisation de publier des idées formulées conjointement dans la majorité des cas. De telles remarques sont absentes dans les parties du texte où sont discutées des catégories philosophiques et politiques, bien que les conceptions discutables et même apocryphes soient présentes. Par exemple, habituellement dans le monde spéléologique, toute discussion sur le retrait d'échantillons de grottes est taboue; par conséquent, je ne présente que mon propre point de vue, soutenu également par mes collègues les plus proches.

GEOLOGIE DU MASSIF

La géologie de la crête de Kugitangtau est plutôt simple. La ligne de crête est une ligne d'horizon unique, qui n'est presque pas compliquée par la tectonique sus-jacente, car elle est coupée par une cuesta sur le versant est. La pente ouest est un plateau plat avec une hauteur de 300 à 3000 m. Le plateau est blindé par des calcaires de la série Kugitangtau (Jurassique supérieur, Callovien - Oxfordien) jusqu'à 500 m d'épaisseur, dans lesquels se trouvent les grottes interrogées. Les restes de dépôts de gypse-anhydrite de la série Kaurmeridgean-Titonian Gaurduck, dans lesquels le karst est développé, se trouvent d'un endroit à l'autre. Mais les grottes ne sont pas intéressantes là-bas. Un lit de flysch épais, qui ne semble pas imperméable, sous-tend les calcaires. Sous la cuesta, le flysch est envahi par un batholite de granit et un massif volcanique qui, selon toute apparence, se sont même introduits dans une partie érodée du calcaire et laissé des galets d'agate dans les vallées du canyon qui découpent la crête moderne. Le plateau est découpé par quelques centaines de canyons atteignant 300 à 400 m de profondeur et 30 km de long. Certains canyons révèlent les étages supérieurs des grottes, mais en général, les grottes sont situées complètement en dessous du niveau du canyon et s'étendent librement en dessous. Les formes karstiques de surface, telles que les évier, les dolines, etc., sont totalement absentes. Les calcaires sont très intéressants car ils sont représentés par des variétés très massives, légèrement marbrées et fortement silicifiées. Le processus karstique normal ne pourrait pas se développer, raison pour laquelle les grottes peuvent progresser de plusieurs mètres sous le fond du canyon sans être interceptées, même par de petites dolines. Il existe des intercalaires avec des concrétions sidéritiques, des inclusions séparées de soufre et de nombreuses veines de calcite et de fluorite à basse température. Il existe également des veines de sulfure de Pb-Zn, partiellement exploitées auparavant. Des veines simples avec de la célestite sont également présentes.

La tectonique de la crête est également simple. Le rôle substantiel appartient à un système de poussées ascendantes, presque parallèles à l'axe de la crête, qui forment des blocs d'horst. Chaque poussée ascendante d'une hauteur de 40 à 300 m est bien tracée dans les traits de relief et traverse en oblique un plateau, le divisant en blocs supérieur et inférieur bien définis. Les autres fractures ont une hauteur maximale de quelques mètres.

HYDROGEOLOGIE ET KARST

Le karst profond de la crête de Kugitangtau s'est formé en trois étapes. La première étape a été développée dans une plaine au Crétacé supérieur. Les cavités formées, selon toute apparence, représentaient un grand labyrinthe de joint phréatique entre deux rivières ou de la rivière à la mer, semblables aux labyrinthes de Podolia (Ukraine). Les cavités ont été complètement et assez rapidement colmatées par des sédiments argileux qui y étaient restés après le soulèvement de la crête du Paléogène.

L'activation de la deuxième étape karstique a eu lieu au Quaternaire moyen, alors qu'il existait un climat plutôt humide. L'hydrogéologie de ceci était très intéressante. Dans la zone inférieure de la crête, les eaux de pluie étaient collectées dans des lits de ruisseaux souterrains et disparaissaient rapidement, n'ayant presque pas le temps de

s'infiltrer dans le massif en raison du faible potentiel karstique du calcaire. Ainsi, les canyons ont été formés. Dans la zone supérieure, qui avait un climat plus humide et une couverture neigeuse pendant la moitié de l'année, la filtration à travers les joints était par conséquent plus active, bien que le processus karstique puissant ne se soit pas produit. L'eau filtrée, descendant le long de la pente, atteignait la poussée ascendante la plus proche et était déplacée sur sa surface, pénétrant à certaines profondeurs pour atteindre les anciennes cavités colmatées, où le processus karstique pourrait être activement développé dans les sédiments créés pour le remaniement répété d'anciennes cavités par les eaux de tête près des ascendances dans leurs ailes inférieures. Chaque poussée ascendante commande en même temps un système de grottes modernes, et les grottes de Cupp-Coutunn sont l'un de ces systèmes. À l'heure actuelle, seuls cinq pour cent de ce système ont été explorés et seuls de petits fragments des systèmes restants (environ une dizaine) ont été mal analysés. À ce stade, également caractérisé par l'activation de processus tectoniques dans la région, il existe dans certaines cavernes des périodes d'invasions de solutions thermiques, laissant des traces minéralogiques très intéressantes. Les eaux des poussées ascendantes non absorbées par les cavernes étaient rejetées par les sources situées au pied de la crête, et les eaux absorbées étaient déversées dans de grands collecteurs phréatiques situés sous la vallée, dans les gisements de gypse de la série de Gaurduck. Cette eau a traversé ces collecteurs et filtré en direction de la rivière Amu Darya, apparaissant comme des sources à moins de dix kilomètres du pied de la montagne.

La troisième étape de la formation karstique, qui se poursuit encore de nos jours, reproduit l'hydrogéologie de l'étape précédente, mais elle diffère par une quantité d'eau beaucoup plus faible, ce qui n'est pas suffisant pour le processus karstique normal. Le développement des grottes, y compris la formation de leur nouvelle étendue, s'est poursuivi dans les couches supérieures sèches, en utilisant des éléments de la circulation interne de l'eau et des facteurs chimiques, ainsi que biochimiques, tels que le cycle bactérien du soufre, le cycle du fluor secondaire soutenu par l'ancien cycle du soufre et ainsi de suite qui sera discuté ci-dessous.

Les collectionneurs de sous-plaines sont particulièrement intéressants. La formation de soufre dans le gypse est due à l'activité des bactéries. Par conséquent, l'eau qui s'éloigne du point d'alimentation est enrichie en sulfure d'hydrogène. Certaines de ces sources, par exemple Kainar-Bobo, qui s'échappent du système de Cupp-Coutunn à 9 km de son exutoire au-dessous de la plaine, sont intensément enrichies en sulfure d'hydrogène. Une conséquence très intéressante en résulte. La coutume locale consistant à héberger des carpes dans toutes les sources d'eau potable pourrait détruire l'aquafaune troglobiotique, mais le collecteur était divisé en sections par des barrières d'hydrogène sulfuré qui préservaient sa part. Par exemple, j'y ai découvert en 1981 le seul poisson aveugle de la faune de l'ex-URSS - la loche aveugle de Kugitangtau. Naturellement, tous les détails du processus karstique ne sont pas connus. Par exemple, les niveaux inférieurs du système, où se trouvent tous les canaux actifs, sont à nouveau presque complètement collés aux sédiments argileux, qui ne peuvent pas être éloignés à cause de la rareté de l'eau au troisième stade. Seules des hypothèses très mal fondées sur la taille et la structure de ces niveaux existent. Il y a d'autres points de vue sur le karst de Kugitangtau.

Les grottes ressemblent aux grottes de Lechuguilla et de Carlsbad, au Nouveau-Mexique, aux États-Unis. Elles présentent une morphologie inhabituelle, des processus très intensifs impliquant du soufre et une minéralogie unique. La participation des bassins gaziers voisins qui se sont partiellement déversés dans les cavités karstiques s'est avérée être un facteur déterminant de la genèse des grottes du Nouveau-Mexique et a en partie déterminé la morphologie et la quantité de soufre. La géologie de Kugitangtau est similaire, révélant des capteurs de gaz, dont une partie est vide à présent. Il est possible que des processus similaires aient été actifs dans ces cas, mais les preuves directes font défaut.

HISTOIRE DE L'ENQUÊTE

Les grottes du système Cupp-Coutunn sont très paradoxales non seulement dans leur aspect minéralogique, mais aussi dans leur structure. Ces facteurs ont conduit à des problèmes importants au cours de leur enquête, qui était criblée d'apparences régulières de situations paradoxales et parfois humoristiques. Par exemple, le système de grottes, totalement inconnu il y a 25 ans et célébré seulement au cours de la dernière décennie, était déjà très bien connu il y a deux mille ans (voir "Bibliotheca Historica" de Diodorus, Siculus, dans laquelle l'auteur cite savamment Khashm -Oyik - la plus grande partie du système de la Coupe Coutunn, bien qu'il n'ait pas mentionné les noms des grottes de la crête de Kugitangtau).

L'histoire moderne de la recherche sur ces grottes a commencé lorsque le géologue d'Ashkhabad, Yalkapov, a élaboré les premiers plans de Khashm-Oyeek (3 km) et de Cupp-Coutunn II (5 km) au milieu des années 50, découvrant également de nouvelles grottes. Malheureusement, il a publié un article qui suggérait les caves comme un dépôt de marbre onyx. C'était le début d'un projet minier sans précédent qui a entraîné la destruction de ce monument naturel unique. Apparemment, Yalkapov a compris ce fait et il a rapidement quitté l'histoire des grottes. Il est de coutume de penser qu'il avait muré les entrées dans les grottes qu'il n'avait pas montrées aux responsables de l'entreprise "Soyuzquartzsamotsvet" après le début du projet minier. Je suis d'accord avec ce point de vue, basé sur certaines découvertes. Jusqu'en 1981, les grottes du système étaient à peine étudiées. Par exemple, les spéléologues de Samarkand ont découvert de nouvelles grottes et prolongent Cupp-Coutunn II; une très grande suite a également été retrouvée au cours des travaux miniers dans la petite grotte de Promeshtoch'naya. Je suis également apparu pour la première fois dans la région au cours de cette période, assumant le rôle inconvenant d'un employé de l'entreprise "Soyuzquartz Samotsvet". Cependant, j'espère que mes nouvelles activités de protection des grottes pendant plusieurs années vont en partie contribuer à éliminer ma culpabilité.

En 1980, j'ai lancé une campagne pour mettre fin à l'exploitation du système de grottes et promouvoir sa protection. Cette campagne a été soutenue par des spéléologues, des instituts scientifiques, des médias (notamment des journaux tels que "Sovetskaya Kultura", "Izvestiya", "Komsomolskaya Pravda" et la télévision), des universitaires (Yanshin), des pouvoirs locaux, une expédition régionale de prospection géologique, et de nombreuses autres personnes et organisations. C'est étonnant qu'en

URSS, à Brejnev, tout cela a été couronné de succès. Les "protectionnistes" ont ramassé les grottes et même une action semi-militaire avec tir a eu lieu lorsque le gardien du dépôt minier contenant des explosifs a reçu pour instruction de sortir du canyon sur le plateau, de construire une redoute et, le cas échéant, que l'un des spéléologues apparaisse dans la réserve. Toute la campagne avait pris un peu plus d'un an lorsque la direction générale a finalement décidé que ces deux mille tonnes d'onyx, (selon le montant calculé), coûtaient nettement moins que l'offre financière pour les nombreuses commissions, organisées après des publications dans les médias. Quelques tentatives de réutilisation ont ensuite eu lieu, mais il était plus facile de les arrêter: bien que dans un cas, Koutouzov, le spéléologue local et son ami aient été obligés de se barricader dans la grotte Geofyzicheskaya et de résister à un siège d'un mois et demi. Il était plus difficile de voir les géologues d'Asie centrale de la notion de grottes dans la crête de Kugitangtau comme une source de beaux souvenirs, mais cette tâche était nettement plus facile que prévu. Ainsi, seules des récurrences rares se produisent maintenant. À l'honneur des géologues, ce processus s'est déroulé sans aucune mesure administrative.

L'étude normale des grottes a commencé lorsque l'exploitation a été arrêtée. Au cours des dix dernières années, la Coupe Coutunn II a été rejointe par la grotte Promesutochnaya, qui atteint 56 km de long. De nouvelles grottes ont été découvertes, notamment la grotte Geofyzicheskaya, une des plus belles grottes connues également sous le nom de Zimnyaya, Gyul-Shirin et d'autres noms. J'utilise le premier nom officiellement déclaré. À l'heure actuelle, c'est la seule grotte où il n'y a pas de zones détruites et il n'est pas nécessaire de parcourir de longues heures à travers les passages étroits pour atteindre les endroits les plus intéressants. C'est un grand crédit pour les spéléologues et pour l'expédition régionale de prospection géologique. Dès que les idées de conservation de la grotte sont devenues populaires, la suspicion commune de ces deux forces a constitué un véritable miracle. Le rôle principal dans les enquêtes appartient aux groupes de spéléologues de Moscou et en particulier au groupe que je dirigeais moi-même, au groupe de Bartenev, au club scolaire de Balashikha (région de Moscou) et à quelques autres. Les groupes de Krasnoyarsk ont également effectué d'importantes découvertes.

La recherche minéralogique du système de grottes a été favorisée par un autre scénario guidé de nouveau par le principe que les grottes sont trop intéressantes dans leur minéralogie pour être facilement étudiées. Laissez-moi expliquer ceci. Les formations secondaires révèlent deux aspects d'intérêt minéralogique. Le premier aspect est une variété et une rareté de minéraux et de processus de formation de minéraux. Le deuxième aspect est une variété et un manque d'agrégats d'agrégats et de processus de formation d'agrégats. Traditionnellement, dans la minéralogie des grottes russes, on a considéré que l'existence de grottes intéressantes dans le premier aspect est tout simplement impossible. La priorité de la recherche a été automatiquement réorientée vers le deuxième aspect de l'intérêt.

Les grottes du système Cupp-Coutunn sont très intéressantes dans les deux sens; de plus, dans les endroits où se trouvent les agrégats les plus inhabituels, il n'y a presque pas de minéraux rares et vice versa. Ainsi, les parties des grottes qui présentent un intérêt dans le premier aspect n'avaient

pratiquement pas fait l'objet de recherche avant 1986, même lorsqu'une enquête spéciale avait eu lieu. Par exemple, Victor Stepanov, minéralogiste russe de premier plan dans la caverne, a participé à deux reprises à la Coupe Coutunn. La deuxième fois, c'était avec moi en 1981. Nous avons principalement concentré nos activités sur la grotte de Promesutochnaya, où, comme on l'appellera plus tard, les objets les plus intéressants étaient situés près de l'entrée. Les traces magnifiquement préparées de l'activité thermique représentée par la fluorite, les cristaux gigantesques de calcite, les sulfures, etc. sont restées longtemps inaperçues. Les spéléologues (dans leur tentative) se sont empressés de se rendre dans les halls avec de beaux agrégats de gypse et de calcite le plus rapidement possible. Pour commencer une recherche ciblée des traces de l'activité thermique, puis des processus de formation de minéraux non standard, un spéléologue de type plus sportif, qui ne s'intéressait pas aux charmes de la nature, était nécessaire. Orevkov a également évoqué ce rôle en 1985, s'intéressant aux raisons pour lesquelles le gravier sur le sol de l'un des passages avait une couleur violette. En outre, toute une cascade de découvertes ont été découvertes, qui ont presque complètement changé les idées préconçues sur la minéralogie de Cup Coutunn.

L'ETAT ACTUEL DE LA PROTECTION DE LA GROTTES

Actuellement, les grottes du système Cup Coutunn sont suffisamment connues pour faire l'objet de violents conflits entre organisations locales du droit de contrôle, de la protection et du tourisme. Périodiquement, la matière atteint le point de résistance ouverte, et le contrôle physique des changements de la grotte a lieu deux ou trois fois par an. Toutes ces organisations à leur époque ont déployé des efforts pour sauver les grottes; et par conséquent, il est doublement regrettable qu'un certain nombre de problèmes prioritaires ne soient pas résolus en raison de cette opposition.

Un problème majeur est la restauration immédiate de la gestion de la circulation de l'air dans le système. Quatre entrées artificielles dans le système, percées lors de l'exploitation minière, ont changé et contraint la circulation de l'air à un degré tel que les grottes sèchent à une vitesse catastrophique, mais les portes à treillis montées en acier d'armature n'en ont naturellement pas épargné les grottes. La zone de destruction causée par le changement de microclimat dépasse considérablement celle provoquée par l'exploitation minière. La zone de dommages s'étend rapidement et peut détruire jusqu'à 30% du système après cinq ou dix ans. Toutes les propositions des huit dernières années sur le scellement hermétique des couloirs, qui avaient été faites par les spéléologues à toutes les parties, ont été prises en compte malgré le fait que seule une livraison de ciment est requise et que tous les travaux seraient effectués de manière irréversible, base volontaire.

Le deuxième problème concerne le tourisme "involontairement sauvage" qui tire parti de la popularité des grottes. Ce type de tourisme a été généralisé récemment en raison de la confrontation susmentionnée entourant les grottes. Chaque partie au conflit a besoin de publicité et d'un soutien moral. C'est pourquoi, si quiconque semble disposé à organiser une "expédition internationale" sur une base commerciale, toute partie à laquelle il applique immédiatement apporte tout le soutien possible, même sans aucune tentative de clarification de la situation réelle. Peu

importe si une partie profite ouvertement de tels événements ou aide sans aucune compensation, prétendant croire aux objectifs annoncés, ou même s'être égarée par inadvertance pour ce compte. Cela ne change rien. Nous ne connaissons pas de cas où ces expéditions à grande échelle ont apporté autre chose que du mal aux grottes et de l'argent à l'organisateur. Il est particulièrement déplorable que des spéléologues de renom soient entraînés dans de tels arrangements et y participent, intentionnellement ou non. Cette critique ne fait pas référence à la participation généralisée des spéléologues du monde aux expéditions de recherche normales sans aucune base commerciale. La situation est paradoxale en ce que l'idée d'organiser un complexe touristique commercial ne suscite aucune objection de la part des défenseurs de la protection des grottes, même si, dans le monde entier, les spéléologues résistent activement à des projets similaires dans des grottes vraiment uniques. En réalité, avec la législation, la psychologie de masse et l'économie de la région que nous avons, l'établissement d'un complexe touristique est le seul moyen de préserver les grottes. Des excursions peuvent être organisées dans les régions les plus proches et les moins vulnérables, sans endommager les grottes. Dans le même temps, cet arrangement a mis fin à la possibilité d'une assistance incontrôlable dans les régions profondes.

De plus, l'organisation de telles routes est le seul moyen d'attirer suffisamment de capital pour une reconstruction partielle de la partie endommagée des grottes. Un tel projet de restauration consisterait à éliminer les traces les plus évidentes d'exploitation minière, à éliminer les graffitis des spéléothèmes, etc.

L'apparence d'un complexe touristique présente un autre aspect important. Le projet d'un complexe touristique à orientation géologique (les grottes ne sont qu'une partie du projet) n'est pas seulement commercial, il sert également à garder l'intelligentsia dans la région. Le travail de nombreux scientifiques est lié aux entreprises géologiques et minéralogiques, et ces spécialistes perdent rapidement des emplois. Si ce projet ne fonctionne pas, la menace d'un système alternatif de renouvellement de l'exploitation minière d'onix et de souvenirs de cavernes peut se matérialiser. Il est donc très important d'atteindre un point de non retour dans la réalisation du projet touristique.

MINERALS

À l'heure actuelle, le système Cupp-Coutunn ne cède qu'à la grotte de Tuya Muyun (Ouzbékistan) et à SCS (Bulgarie) dans la variété de minéraux connus. La liste citée ici inclut trois types de minéraux: des minéraux éprouvés, des minéraux connus par des rapports uniques (indiqués par un point d'interrogation) et des minéraux non déterminés (indiqués par des astérisques numérotés). Nous voudrions nous excuser pour le terme "argiles résiduelles", que nous utilisons ici pour désigner les couvertures duveteuses de couleur vive sur les murs et les plafonds dans les zones de corrosion intense avant de découvrir qu'il ne s'agissait pas uniquement de reliques de corrosion du calcaire, mais une substance minérale-bactérie très complexe et très active. Nous ne pouvons donc pas proposer de lettre et de termes suffisants.

Éléments natifs. Seul le soufre sous forme de fragments de roche de poudre fine a été trouvé. La source est inconnue. La genèse biogénique est supposée, bien que les bactéries

soufrées n'aient pas été découvertes dans les échantillons bactériologiques.

Sulfates. Le gypse est suffisamment répandu dans les spéléothèmes modernes. Il a deux origines. Le premier est l'entrée des eaux de pluie provenant des roches résiduelles des gisements de Gaurduck (les plus grands massifs mais locaux); La deuxième origine est le cycle biogénique du soufre, qui sera examiné ci-dessous. Récemment, il a été découvert que, dans de nombreux cas (dans les zones sèches), les formations (en particulier les fleurs) considérées comme du gypse sont en réalité composées d'epsomite en agrégats typiques du gypse. Il est intéressant de noter que la présence d'epsomite était présumée sur la base de la composition chimique de l'eau et recherchée pendant deux ans, mais elle a été découverte dans un tout autre endroit. La célestite est présente dans de nombreuses générations, le plus souvent avec le gypse, et forme des rosettes isolées très spécifiques de cristaux jusqu'à 2 cm. Il y a quelques rapports d'occurrence de monocristaux de baryte (?), Mais les résultats de l'analyse sont absents. Peut-être * 1, trouvé lors du premier passage sur un sol de calcite dans une étroitesse près du Vodopadnyi Hall sous la forme de sphérulites vert vif de 2 mm, est relié à des sulfates. À Moscou, l'échantillon de * 1 s'est complètement dissous lors d'une tentative de lavage. Il n'a pas été possible de répéter l'échantillonnage car le sol dans cette étroitesse était rempli d'argile juste après la première expédition. La composition de l'eau dans les piscines les plus proches indiquait qu'il s'agissait probablement de sulfate de nickel.

Carbonates. La calcite est largement répandue à la fois dans les spéléothèmes modernes et dans les vestiges de dépôts hydrothermaux (où la température atteint 150 et 200 degrés centigrades selon des rapports isolés). Dans les formations spéléothémiques, la calcite se produit en même temps que la ferrocalcite, la calcite de manganèse, la dolomite et la calcite à haute teneur en magnésium, à partir desquelles elle ne peut pas être distinguée visuellement. La calcite peut être reconnue par des méthodes de coloration. Seule la calcite à haute teneur en magnésium contient des agrégats spécifiques, et la dolomie se présente également sous la forme d'une poudre fine dans des argiles résiduelles altérées. L'aragonite est un minéral spéléothémique majeur dans certaines parties des grottes. Parfois, sa croissance au lieu de la calcite est contrôlée par le magnésium, dans d'autres cas par le plomb. Le rire provoque la présence d'inclusions de céruosite dans les agrégats d'aragonite. L'absence absolue de célestite, uniformément répartie dans tout le système, dans les zones à minéralisation développée en aragonite et l'absence presque totale de strontium dans l'aragonite elle-même permet de supposer la présence de strontianite, visuellement similaire à l'aragonite. La sidérite se présente sous la forme d'incrustations modernes et minces sur les anciens cristaux de calcite hydrothermale dans les zones peu corrodées de la grotte. Il existe deux minéraux qui n'ont pas été diagnostiqués et qui appartiendraient également à des carbonates. Des monocristaux de * 2 sont présents sur les hélectites de calcite. La forme du cristal est conforme à l'aragonite, mais le lustre et les teintes beaucoup plus intenses après un test de coloration correspondent à la dolomite. Un spécimen n'a pas été prélevé, en raison de la beauté particulière et de la protection particulière des zones où ce minerai est présent. Lors du nettoyage des pistes (le seul moyen de prélever un échantillon dans ces régions), il n'a pas été découvert. * 3 est également conforme à l'aragonite sous sa forme cristalline, mais il n'a pas été étudié comme

échantillon pour les mêmes raisons. Elle forme des agrégats très spécifiques non connus pour l'aragonite (dendrites coralliennes à la texture en nid d'abeille héritée de la seconde minérale, maintenant dissoute, à croissance parallèle); il a toujours une couleur jaune vif et se limite aux zones de distribution de la sauconite nickelée.

Hydro magnésite. Dans tous les cas, l'hydromagnésite fleurit aux extrémités des cristaux d'aragonite et des hélictites.

Oxydes et hydroxydes. Une étude détaillée n'a pas été réalisée. Les oxydes et hydroxydes de fer se retrouvent souvent dans les argiles résiduelles des murs et des plafonds dans les zones fortement corrodées. Les oxydes de manganèse recouvrent à certains endroits des spéléothèmes et des cristaux de calcite et de gypse et forment également des dendrites à l'intérieur des spéléothèmes de calcite. Le quartz est présent dans les argiles résiduelles dans les zones de corrosion du calcaire altéré de manière hydrothermale (cristaux jusqu'à 0,2 mm) ainsi que de la fluorite de la phase thermique (cristaux jusqu'à 2 mm).

Sulfures. Halena se présente sous la forme d'inclusions fines (jusqu'à 0,05 mm) dans la calcite hydrothermale. Dans les mêmes endroits, on trouve du métacinnabar avec de la fluorite hydrothermale (cristaux jusqu'à 1 mm) et également sous forme de poudre sur des buissons d'aragonite avec des oxydes de manganèse. Quelques cas de pyrite (?) Survenus sous forme de poudres sur des cristaux de gypse ne sont pas confirmés par l'analyse. La sphalérite n'est pas présente, bien que le zinc soit largement répandu à certains endroits de la grotte. Nitrates. Les fleurs de salpêtre sont connues dans les zones proches de l'entrée de la grotte, mais elles n'ont pratiquement pas fait l'objet de recherches particulières. Des mélanges d'autres minéraux facilement solubles apparaissent dans les efflorescences avec le salpêtre, bien que leurs sources soient différentes. Le salpêtre est formé à partir de guano, mais les conditions préalables au dépôt de sels solubles transportés à partir de reliques de gypse salifère se trouvent dans la même zone. Dans un cas, nous avons observé l'epsomite, dans un autre, l'halite. Halogénures. La fluorite se présente sous forme de grandes quantités de débris de roches minérales veinées et de cristaux mal colorés (jusqu'à 5 cm) de la phase thermique (température de formation de 80 à 100 degrés centigrades), ainsi que de cristaux modernes de couleur violet foncé (jusqu'à 1 mm) sur des spéléothèmes de calcite et de gypse.

Silicates. La montmorillonite se trouve non seulement en association avec d'autres minéraux argileux, mais également sous forme d'agrégats monominéraux sous forme de globules séparés amorphes atteignant 1 cm de diamètre situés le long des fissures sur des croûtes de calcite et comblant des cavités de dissolution de l'intérieur des touffes de gypse. La sauconite et la fraipontite sont généralement colorées en vert par du nickel et se présentent sous la même forme dans la partie occidentale de la grotte de Promeszutchnaya. Certaines données sur la présence d'autres aluminosilicates zincifères dans cette région sont disponibles. Les minéraux de nickel fournissant la coloration verte n'ont pas encore été étudiés et les causes de leur attrait pour les aluminosilicates contenant du zinc sont assez obscures. La substance * 4 ayant une composition proche des silicates et des caractéristiques absolument paradoxales a été trouvée dans la salle Vodopadnyi. La substance remplit de grosses masses de gypse dissoutes de l'intérieur et présente une texture feutrée extrêmement poreuse. Il a été découvert uniquement parce

que ses fragments s'étaient déversés et sont tombés dans une mare lors de notre passage et y flottaient encore après une semaine. Nous n'avons pas eu le temps de terminer notre étude, mais les données primaires ont montré qu'il s'agissait d'un mélange de deux minéraux - des silicates de fer et de magnésium. Cependant, la plage de température possible dans les grottes contredit la présence de rire. Peut-être que la substance est un produit du traitement à l'acide sulfurique de la montmorillonite, qui se produit souvent sous une couche de plâtre avec la présence d'ions de fer et de magnésium en solution.

Autres minéraux. Il y a quelques rapports de découvertes de tuyamunite (?) Dans la grotte Geofyzicheskaya, qui sont probablement vraies car des anomalies pouvant atteindre 300 microrentgen par heure sont connues pour cette grotte. Il est peu probable que la tuyamunite soit d'origine cavernicole, ce sont plutôt des fragments rocheux de veines.

Minéraux découverts, mais absolument pas étudiés. Bien qu'il s'agisse d'une des divisions les plus intéressantes, les informations disponibles sont si ambiguës qu'il n'y a rien à décrire dans la plupart des cas. Je vais donner deux exemples inattendus de minéraux absolument nouveaux pour Cupp-Coutunn. Mineral * 5, qui se trouve dans la galerie OSKHI sous forme d'une seule rosette de cristaux (le plus grand mesure environ 3 cm), est totalement impénétrable pour l'échantillonnage sans détruire le vaste buisson d'hélictite. Les cristaux présentent un lustre très intense, sont bien tranchants et absolument atypiques pour les grottes, ce qui suscite un grand intérêt. Selon les derniers rapports de Korshunov, des fragments de gypse d'un ancien lustre du sous-sol de la salle Baobab contiendraient des inclusions uniques de * 6, cristaux transparents vert clair et brillants (environ 0,1 mm).

Produits de la formation de minéraux technogènes. J'ai découvert il y a deux ans que, dans certaines zones de la grotte, des objets en métal (échelles, lattes de repère topographiques et autres) laissés là avaient subi une influence très intéressante de l'atmosphère. La quasi-totalité de l'aluminium dans les lattes de référence avait disparu et des grappes de sphérulites vitreuses, solides dans un cas et d'un gel semi-liquide, pendaient à sa place. Récemment, l'expédition de Korshunov (comprenant des étudiants de l'Université d'État de Moscou) a apporté des échantillons et effectué des recherches intensives.

PRINCIPAUX AGREGATS MINERAUX

Pour la description des agrégats minéraux, j'utilise la classification de Stepanov partiellement publiée, modifiée par notre équipe. La classification internationale généralement acceptée, entièrement reprise dans les travaux classiques de C.Hill et P. Forty, "Cave Minerals of the World", tout comme la classification populaire de Maksimovich avec ses nombreuses variantes, comporte un certain nombre d'erreurs graves liées au systématisme de leur construction et, par conséquent, ils ne peuvent pas être appliqués avec succès à Cupp - Coutunn.

La classification de Maksimovich est "trop spéléologique". Il décrit un groupe de classes de stalactites presque similaires à tous égards, à l'exception de la forme, qui n'est influencé que par le taux d'entrée d'eau. Dans le même temps, il désigne un groupe d'"excentriques", comprenant tous les hélictites, les corallites, les cristallites et de nombreux autres types

d'agrégats, chacun comprenant plus de formes que le groupe de stalactites. Une telle classification définit correctement les types de grottes standard (Crimée, Oural, Caucase) mais est tout à fait inappropriée pour la description de grottes où le mode principal d'approvisionnement en solution diffère du courant libre et où la calcite n'est pas le seul minéral. La classification internationale, au contraire, est "excessivement minéralogique", avec le chimisme comme principe principal. Les agrégats, différents des encroûtements gravitationnels, sont trop étroitement liés aux minéraux, ce qui n'est pas vrai en général. Ainsi, les antholites (terme de Maleev) sont directement associés au gypse au niveau de la terminologie (d'où, "fleur de gypse"), mais il existe en même temps des antholites d'epsomite ou de glace, qui se distinguent visuellement de ceux du gypse. Cette classification décrit de manière satisfaisante les grottes standard ainsi que les grottes "à minerai karstique", mais elle n'est pas assez universelle pour s'appliquer au système de Cupp-Coutunn. La classification de Stepanov diffère principalement des deux mentionnées.

Les termes d'agrégats spécifiques ne sont pas normalisés dans la classification de Stepanov. Les termes de ce niveau, utilisés ci-dessous, ont été sélectionnés par ordre décroissant de priorité: - termes appliqués dans les publications de Stepanov et de ses abonnés. Les termes définissent principalement des agrégats de croûtes de corallite et d'antholite; - les premiers termes utilisés en Russie dans des articles consacrés à la genèse d'un agrégat rapporté; - termes de classification de Maksimovich (agrégats de croûte gravitationnelle); - termes de la classification de Hill et Forti; - termes utilisés dans des articles étrangers consacrés à la genèse d'un agrégat rapporté; - termes utilisés dans les articles consacrés à la morphologie d'un agrégat rapporté.

Croûtes de corallite. Les agrégats de cette classe diffèrent fondamentalement des formations décrites ci-dessus et apparaissent lorsque le mouvement de films minces dans la solution d'alimentation est davantage influencé par les forces capillaires que par les forces de gravitation. Ce sont des dendrites constituées de cristaux (cristallicites) ou de sphérulites (corallites) et ont une morphologie extrêmement distincte de celle des dendrites subaquatiques. La première différence est que les branches ne s'intègrent jamais, formant exactement des buissons à plusieurs niveaux; Deuxièmement, il n'y a pas de régularité cristallographique dans la ramification des cristallicites. Le fait de contrôler la croissance de la corallite et de la cristallicite exclusivement par la physique de l'évaporation, qui est toujours plus actif sur les surfaces présentant un petit rayon de courbure (sur les extrémités, les arêtes et les faces), est à l'origine de ces différences. La différence dans les conditions de formation des corallites proprement dites et des cristallicites est simplement le rythme de leur croissance. Lorsque le taux est faible, les cristallicites grandissent. Lorsque le taux est élevé, les cristaux commencent à se fendre et des corallites se forment. Diverses formes intermédiaires apparaissent également, telles que des dendrites constituées de cristaux incurvés. On trouve souvent diverses formes de transition allant des croûtes gravitationnelles aux corallites, telles que les arbustes en forme de stalagmite, qui ne reçoivent pas assez de solution du fait des gouttes d'eau pour permettre la croissance de stalagmites normales, mais suffisantes pour la formation d'une tache mince croissance des corallites juste en dessous de ce point de gouttes.

Il existe un groupe de cas particuliers importants pour les croûtes de corallite. Des types d'agrégats absolument différents apparaissent si plus d'un minéral est formé dans une croûte. Ainsi, une proportion exactement fixe de magnésium en solution et un processus d'évaporation suffisamment intense permettent la croissance simultanée de la calcite et de l'aragonite. Conformément au modèle présenté ci-dessus, la croissance de l'aragonite se produit sur les bords mêmes sous forme de minces cristaux aciculaires. À une faible distance du bord, la quantité de magnésium est insuffisante et la croûte de calcite environnante se développe. Il en résulte la formation de pseudohélicites, qui ressemblent peu aux dendrites et qui ont l'apparence de "crayons" parfois ramifiés et orientés différemment avec un mince cristal d'aragonite au centre.

Cela devient plus intéressant si l'on considère la croûte de corallite non seulement des minéraux non carbonés, mais également des minéraux hautement solubles (gypse et en particulier l'epsomite). La grande solubilité ne garantit pas la stabilité et le système de microclimat dans la grotte change lentement. Naturellement, la croûte de corallite devient prédominante pour ces minéraux, mais cela ne suffit pas. La longue existence des agrégats et, partant, leur grande taille, semble de toute façon moins conditionnée, mais ils existent néanmoins. L'astuce consiste à prolonger l'existence de l'agrégat en raison de la brièveté de la vie des individus. Les grandes formations de gypse et toutes les formations d'epsomite ne se développent que dans des endroits où l'air est très intense. On sait que le soi-disant "vent d'hiver" des entrées inférieures aux entrées supérieures et le "vent d'été" des entrées supérieures aux entrées inférieures existent dans les grottes. Par conséquent, les fluctuations saisonnières du vent provoquent les fluctuations de l'humidité près des entrées des grottes. Le vent intérieur provoque une évaporation active; le vent sortant permet à la condensation de continuer. Selon la physique de l'évaporation et de la condensation, le premier procédé est plus actif sur les bords de la grotte et le rire prévaut dans les cavités. Ainsi, les croûtes de minéraux solubles subissent une recristallisation permanente, se corrodant d'un côté et se développant de l'autre. Les croûtes sont séparées du substrat sur les murs et les plafonds, elles sont maintenues dans leurs aspérités et tombent parfois avec la formation de "berges" pouvant atteindre un mètre. Les stalagmites se transforment rapidement en formations de croûte corallite creuses à l'intérieur. Ainsi, les stalagmites bien connues de Khashm-Oyeek (10 m) ont une largeur allant jusqu'à 3 m, et leurs parois ont une épaisseur d'environ 2 à 5 cm. Dans des cas particuliers, le processus est si intense que la croûte qui grossit pendant la période sèche tombe pendant la période humide. Turchinov et moi-même avons décrit pour la première fois de telles "éphémères" dans les grottes de Podoliya, et seulement après cela, ont-elles été découvertes à Cupp-Coutunn. Il est à noter que, avant notre publication, de tels agrégats étaient censés se former à partir de la phase gazeuse et il a même été "prouvé" par le fait que, dans la grotte de Dzhurinskaya, sur la paroi de la barrique opposée au passage creusé, des buissons de gypse se sont développés au fil du temps, six mois. En réalité, cela ne prouve pas le transport du gypse par voie aérienne, mais atteste plutôt du rôle du vent et de l'humidité dans les processus de cristallisation. Au point que les lustres en gypse mentionnés ci-dessus à Lechuguilla sont également situés à l'endroit où les niveaux d'humidité inférieurs du système s'approchent du fond du canyon. Il est intéressant de noter que, dès que le

concept de recristallisation permanente a été mis au point, les massifs de gypse du système Cupp-Coutunn sont immédiatement considérés comme l'un des outils d'exploration les plus importants pour la poursuite du système de grottes. Lors de l'exploitation minière, les grottes ont été ouvertes par plusieurs couloirs, ce qui a complètement réorganisé le système de circulation de l'air. Les massifs de gypse permettent de reconstituer d'anciens écoulements d'air, notamment dans les endroits où ils se concentrent ("cols" entre des parties légèrement reliées).

Les croûtes antholites sont typiques des minéraux hautement solubles non carbonates et se forment à de tels degrés de séchage, lorsque l'arrivée d'eau en surface est complètement terminée, ce qui entraîne une alimentation supplémentaire exclusivement par les pores de l'intérieur du substrat. Dans le cas de substrats denses à petits pores, se forment des cristaux filamenteux et leurs amas ("laine", "barbe", fleurs); dans le cas de substrats argileux à micropores, mais à joints ouverts de séchage et incapables de résister à la pression cristalline, apparaissent des intercalaires aiguilles et sélénite. La particularité de la croissance de tous ces types d'agréats, qui contrôlent entièrement leur structure et leur morphologie, est qu'ils ne poussent pas sur les extrémités libres des cristaux, mais sur les points de fixation, c'est-à-dire les seules extrémités des cristaux situés sur les cristaux, les pores. Ainsi, le terme "fleur de gypse" est déterminé par le mécanisme de division et de torsion lors de l'irrégularité de la croissance de la base.

Les croûtes antholites, ainsi que les corallites non carboniques, sont contrôlées par le cycle saisonnier d'humidité, mais peuvent également l'être par les cycles d'humidité provoqués par des inondations parfois irrégulières. Le fait est que l'afflux constant à travers les pores du substrat est une absurdité et que nous rencontrons dans chaque cas le processus de séchage du substrat périodiquement humidifié contenant le minéral requis. L'humidification peut se produire très rarement. Par exemple, je connecte des aiguilles de gypse d'un mètre sur des masses d'argile des niveaux inférieurs du système Cupp-Coutunn avec des inondations catastrophiques, apparaissant une ou deux fois par siècle.

Le mélange de croûtes de corallite et d'antholite est un phénomène courant pour les minéraux non carbonés. Il en résulte une croûte de corallite finement cristalline à un cycle saisonnier marqué et suffisamment poreuse pour servir de substrat tampon à la croissance des antholites pendant le pic de sécheresse chaque année. C'est ainsi que se forment les croûtes quelque peu paradoxales, séparées du mur, où poussent des fleurs. Auparavant, elles étaient interprétées assez logiquement et intrinsèquement comme des formes de trois générations, allant des fleurs à travers la croûte, en passant par la dissolution de la croûte avec son retrait du mur. Néanmoins, les trois générations se déroulent simultanément, mais en différentes phases au cours du cycle de l'année.

Les helictites (également appelés stalactites excentriques) sont peut-être les agrégats les plus énigmatiques et les plus inclassables, qui représentent des "vers" calcitiques ou aragonitiques parfois ramifiés, non contrôlés par des processus évidents. Elles sont rares dans les grottes typiques et, dès les premiers jours de la spéléologie en tant que science, les différends concernant leur morphologie et leur genèse étaient très populaires. Certains scientifiques ont

observé des caractéristiques définies, d'autres pas. Des dizaines de modèles, tels que les modèles de canaux capillaires, la pression cristalline mutuelle de trois individus spécialement orientés, la croissance d'un film spécial dans une chimie particulière et bien d'autres ont été avancés. Le fait humoristique est que tout le monde ou presque avait raison. Dans ce cas, nous traitons d'un analogue minéralogique de la théorie de la convergence, c'est-à-dire de l'effet de la similarité externe essentielle d'agréats possédant une morphologie et une genèse différentes. Les helictites à canaux capillaires se retrouvent assez souvent bien que le modèle physique de leur genèse ne soit pas convaincant. Néanmoins, le fait que la solution arrive par le canal capillaire est sans aucun doute. Les helictites de ce type se trouvent le plus souvent avec de la paille de soda. La stalactite soda-paille est une transition de la forme gravitationnelle à la forme capillaire et représente des monocristaux tubulaires non tranchés se produisant plus rarement que les jumeaux, dont la croissance est conditionnée par un apport de solution très lent et ne se produit que le long du périmètre d'une goutte d'eau pendante. Il existe des cas de cette stalactite, dans lesquels l'hélicite capillaire se développe, reconvertissant parfois en une stalactite soda-paille. Le diamètre de ces stalactites secondaires diffère toujours de l'original en raison du changement de tension superficielle proportionnel à la cristallisation. Les helictites capillaires ne se reconvertissent pas en stalactites dans les zones de fluctuations saisonnières d'humidité et s'étirent vers le vent sec. Dans ce cas, ils s'appellent des anémolites.

Les "spars" sont également associés à des stalactites sodo-pailleuses et représentent des arêtes vives et tordues (parfois en un hélicoïde en spirale idéal, qui a donné le nom d'hélicite) à une inter-croissance de trois cristaux, dont la pression cristalline mutuelle a provoqué cette torsion. Ils ont également un canal, mais les fissures linéaires entre les individus produisent une partie de la solution sur la surface qui fournit une bordure externe. Les pseudohélicites sont un type d'hélicites, qui sont en réalité des corallites à deux minéraux, comme indiqué ci-dessus.

Les autres types d'hélicite des grottes de Cupp-Coutunn n'ont pas été étudiés en détail, bien qu'il soit bien connu qu'une douzaine de types pourraient être sélectionnés parmi eux avec une genèse fondamentalement différente. Par exemple, les helictites ayant une morphologie extrêmement semblable aux formes de canaux sont assez paradoxaux, mais ne poussent que sur le sol en flowstone et atteignent un mètre de haut. Les "parterres" de buissons d'hélicite à orientation gravitationnelle, où chaque hélicite est une sphérolite allongée et sans chants, clivant le long de la conchoïdité et sous chaque "parterre de fleurs" poussent des stalagmites normales, trouvés dans le hall Velikolepiye de la grotte de Promeszutchnaya actuellement détruite, sont obscurcis. Jusqu'à présent, aucun modèle raisonnable n'a été proposé pour les helictites d'aragonite droites ("paille") ayant un canal central complètement dissous, et la partie non dissoute de la croûte est composée de cristaux, formant une surface laineuse et étant orientée de manière identique par rapport à l'axe. Certains helictites de calcite de la section de Glinyanaya Rechka dans la grotte de Promeszutchnaya ont une prolifération orientée de gypse, ce qui est généralement une double absurdité, car l'épitaixie de gypse sur la calcite est inconnue, et l'épitaixie de monocristaux est impossible.

Il existe plusieurs classes d'agrégats caractéristiques du système de grottes Cupp-Coutunn. Leur genèse est contrôlée par autant de caractéristiques chimiques distinctes que l'on ne s'attend guère à voir dans une autre grotte. La première classe comprend des croûtes de fluorite cristallinité provenant d'une manière très rare liée au double processus en couches minces d'eau, à travers lesquelles l'acide fluorhydrique, s'il est présent dans l'air, réagit avec la calcite ou le gypse. Ainsi, ces croûtes ne sont pas classées par afflux de solution, car la solution est formée "in situ"; mais comme la dynamique de sa circulation proportionnellement à la cristallisation est contrôlée par des forces capillaires, les corallites et les cristallinités de morphologie commune se développent. Il existe des corallites d'autres minéraux qui poussent également à partir d'une solution formée sur place. Dans certains cas, il s'agit simplement de la croûte de gypse, qui croît aux endroits où l'acide sulfurique rencontre le calcaire. Une description détaillée de ce mécanisme sera donnée ci-dessous.

Dans la seconde classe se trouvent les miroirs sulfurés. Les gigantesques cristaux de calcite (jusqu'à 2 m) contenant des inclusions d'oxydes et de sulfures ont été laissés sur les parois des grottes après le stade hydrothermal. Ces cristaux ont subi une corrosion produite par la participation de sulfure d'hydrogène et d'acide sulfurique et par l'élimination des seuls produits solubles par de minces pellicules d'eau, au cours desquelles les cristaux ont été abrasés jusqu'à une épaisseur de quelques centimètres. Les inclusions qui existaient dans la calcite ont émergé et ont subi un traitement essentiel aux acides, ce qui a entraîné la formation de "miroirs" métallo-lustrés sur les surfaces dissoutes.

La troisième classe concerne presque tous les agrégats de minéraux silicatés, dont les solutions ont été préparées "in situ", et la vitesse de cristallisation à partir de la solution préparée était si élevée (ce qui est naturel à solubilité presque neutre) qu'elle ne permettait pas la Les forces gravitationnelles ou capillaires des agrégats à développer, mais uniquement les forces cristallines et également les composants de la solution déterminés par la dynamique du processus de mélange. Dans la substance déjà mentionnée * 4, dont la dynamique de croissance rappelle fortement une expérience classique impliquant des cristaux de sels solubles dans une colle de silicate, nous avons également examiné le processus de croissance dans du gel de silice produit à la suite du traitement de la montmorillonite à partir de cristaux de minéraux ferrugineux et magnésiens par l'acide sulfurique.

PROCEDES DE FORMATION DE MINERAUX ET ENSEMBLES MINERAUX

On peut décrire la minéralogie d'une grotte en termes de minéraux et d'agrégats uniquement en termes généraux. Pour la touche finale, nous utilisons le terme "ensemble", peu compris de Stepanov, qui englobe bien plus que "l'assemblage", car de nombreux ensembles sont constitués des mêmes minéraux, mais ils sont très différents en termes d'agrégats. Simultanément, l'ensemble détermine les processus de formation des minéraux, le microclimat et d'autres paramètres importants. Naturellement, le terme «ensemble» n'est pas uniforme dans les cas généraux et chaque type d'ensemble n'est décrit que s'appliquant à un système de grottes particulier ou à une région karstique particulière. Selon Stepanov, l'ensemble résulte d'un cycle de cristallisation, lorsque les croûtes subaquatiques sont d'abord

envahies par les croûtes gravitationnelles et les croûtes de corallite, puis par les croûtes antholites (pour les croûtes sans carbonate), phases successives avant la phase finale de chute et de dissolution, lieu. En règle générale, chaque cavité a plus d'un cycle de cristallisation. Avec Bartenev, j'ai proposé une conception de la cyclicité de la spéléogénèse, divisant chaque cycle en trois étapes: initial, formation et modélisation. Cette conception permet d'expliquer la périodicité des processus de cristallisation / dissolution. Selon Stepanov, les ensembles ne diffèrent les uns des autres que par le degré de développement de l'un ou l'autre type de croûte. Nous avons maintenant élargi la compréhension de ce terme pour inclure quelques idées plus larges, ce qui rend difficile son explication succincte. Par conséquent, je commencerai par une description des principaux types d'ensembles, et le sens du terme deviendra clair ci-dessous.

J'ai déjà décrit ci-dessus un ensemble de calcite standard. On le trouve généralement sous les sols des canyons dans les zones de trous d'aspiration intenses de l'eau. Il existe des variantes sans aucune sorte de croûte (par exemple sans croûte de corallite), ainsi que des variantes avec différents types d'hélicites. Le cas particulier est un ensemble de vents avec des anémolites. Un tel ensemble est rarement trouvé à l'état pur. Les oxydes de manganèse sont généralement des minéraux secondaires.

Calcite-aragonite-magnésien. Dans cet ensemble, les croûtes de calcite de corallite sont suivies par des croûtes de corallite de magnésium. Les corallites d'hydromagnésite sont caractéristiques aux bords des dendrites d'aragonites. Cet ensemble se retrouve assez rarement, car il fait partie des quelques-uns qui donne une impression esthétique extraordinaire. La calcite de cet ensemble est représentée par des formes très spécifiques d'hélicites. Les pseudohélicites calcite-aragonite sont très fortement développés, bien qu'ils ne soient pas spécifiques à cet ensemble. Les oxydes de manganèse sont disséminés.

Ensemble principal en calcite et aragonite. Cet ensemble, apparaissant dans les lieux de distribution des veines de sulfures, n'a été découvert que dans deux petites zones du système et la formation d'aragonite a été initiée par le plomb. L'aragonite, dans ce cas, joue son rôle dans la phase de développement des croûtes gravitationnelles, formant d'énormes ségrégations d'hélicites variés ("paille" et "fleurs de fer") et d'agrégats de morphologie unique, analogues à des stalactites et stalagmites, sans aucun analogue dans les grottes du monde. Les accumulations de grains minces de sulfures, de cérussite, de silicates et d'une petite quantité de gypse sont caractéristiques de l'ensemble.

Ensemble calcite-gypse de type OSKhl. De grandes ségrégations gravitationnelles spécifiques à des ensembles d'hélicites, généralement recouvertes de rosettes de célestite, se développent dans les croûtes gravitationnelles de calcite. Les gros stalagmites de type macelike, qui sont rares dans d'autres ensembles, se trouvent sous les ségrégations. Le gypse se produit avec la calcite dans les croûtes de corallite. Les lustres en gypse sans stalagmites ni croûtes d'antholite sont typiques.

Ensemble calcite-gypse de type Dikobraziy Hall. Les pseudohélicites prévalent nettement parmi les formes d'hélicite. La célestite forme des inclusions dans le gypse. Les stalagmites de calcite sont absentes, mais de petites stalagmites de gypse sont présentes. Les croûtes d'antholite sur le gypse sont peu développées. Les stalagmites de gypse

monocristallin d'une hauteur maximale de 30 cm constituent un type unique et spécifique d'agrégats dont la nature n'est pas tout à fait claire. La prolifération orientée de monocristaux de gypse sur des hélicites de calcite est du deuxième type unique mentionné ci-dessus.

Ensemble lustre-stalagmite en gypse. L'ensemble se trouve près des entrées de la grotte, sous les restes de gypse des lits de Gaurduck. Cet ensemble se caractérise par d'énormes stalagmites et colonnes creuses en gypse, ainsi que par de gigantesques lustres en gypse. Des agrégats de gypse de tous types de croûtes sont développés. La célestite se trouve sur les calcaires et sur les cristaux de gypse. Les dépôts de cet ensemble masquent généralement tous les dépôts précédents. On peut dire que cet ensemble, qui a été détruit partout sauf dans la grotte Geophyzicheskaya, "décore" la plus formidable des grandes salles du système.

L'ensemble thermique résulte du stade hydrothermal et du remaniement ultérieur de ses dépôts. Les altérations de calcaires jusqu'à une profondeur de 0,5 m avec apport de minerais minéraux et de silicates s'étaient produites au premier stade (la température n'a pas été mesurée); la gigantesque calcite cristalline, incrustant des inclusions de sulfures et d'oxydes dans les parois, s'est formée au deuxième étage à une température pouvant atteindre 180 degrés Celsius; Les rosettes de fluorite séparées ont été créées au cours de la troisième étape avec une température allant jusqu'à 100 degrés centigrades. Les processus suivants de dissolution et de reprise ont eu lieu avec la formation de miroirs de sulfure.

Ensemble biogénique, se superposant aux formes précédentes. Les processus hydrothermaux ont déterminé les conditions, telles que la présence de sulfures, de fer et de manganèse, pour démarrer le cycle biogénique du soufre décrit pour la première fois par P. Forti en 1990 pour les grottes d'Italie. Malheureusement, nous n'avons pas consacré notre attention à ces processus, bien que leur incidence à Cupp-Coutunn soit bien supérieure à ce qu'elle est ailleurs. A ce moment, toutes les informations ne sont pas analysées. L'expédition de Korshunov cette année a recueilli des données; Les cultures bactériennes ont été soulevées, mais leur définition a pris beaucoup de temps. L'essence est dans l'activité simultanée de bactéries réductrices et oxydantes de sulfates dans les zones de stagnation de l'air. La quantité principale de soufre se trouve dans les sulfures et est en outre supportée par les inclusions bitumineuses extraites lors de la corrosion du calcaire. Le soufre suit un cycle commençant à partir d'hydrogène sulfuré (le produit de l'activité vitale des bactéries réductrices de sulfates) à travers l'acide sulfurique (bactéries oxydant les sulfates) et le gypse, qui, à la suite de la réaction chimique entre le calcaire et l'eau, et le processus se termine avec le développement de nouveaux sulfures d'hydrogène. Le fer et le manganèse sont importants pour l'activité vitale des bactéries sulfato-réductrices; la faible circulation d'air est importante pour retenir le soufre dans la zone d'activité du processus (naturellement, le sulfure d'hydrogène est volatil). L'ensemble du processus se déroule dans une unité de matière très intéressante traditionnellement appelée argile résiduelle. Il s'agit d'une argile silicate-fer-magnésienne très moelleuse avec des inclusions de gypse. L'argile recouvre les murs et les plafonds en une couche allant jusqu'à 0,5 à 40 mm d'épaisseur, tombant parfois sur le sol et s'accumulant en grandes masses. En réalité, il s'agit d'un mélange de la matière résiduelle produite par la corrosion du calcaire, des

colonies bactériennes et des produits de leur activité vitale. Cette substance sent intensément le sulfure d'hydrogène lorsqu'elle est endommagée mécaniquement. Il est intéressant de noter que tout ceci est équilibré sur une grande quantité de facteurs et devrait idéalement exister dans un équilibre très instable. Par exemple, les bactéries sulfato-réductrices sont anaérobies; Leur activité vitale dans une grotte non inondée n'est possible que parce que l'argile résiste à la ventilation et que les bactéries oxydant les sulfates absorbent l'oxygène restant. Néanmoins, la stabilité est très élevée.

L'argile résiduelle crée des limitations significatives sur l'équipement spéléologique. L'argile est un excellent isolant thermique en raison de sa porosité et les niches supérieures et galeries aveugles deviennent de formidables capteurs de chaleur. Par exemple, si une bougie ou une lampe au carbure brûle pendant dix minutes dans une zone où l'argile est présente et où l'air stagne, la température augmentera à 50 degrés Celsius ou plus dans certaines niches du plafond et détruira complètement le spéléothème de gypse. Dans un cas, un camp souterrain mal situé a chauffé à fond une chaîne d'énormes salles jusqu'à 38 degrés Celsius. Par conséquent, la plus stricte retenue que les spéléologues sont obligés d'accepter dans les grottes de Cupp-Coutunn concerne l'utilisation du feu à ciel ouvert (ces limitations ne peuvent être levées que pour des prises de vues de quelques minutes) et la localisation de camps souterrains (uniquement dans les galeries de vent avec une "cuisine" utilisant uniquement du combustible sec).

Dans les étages supérieurs des grottes, où les calcaires sont bitumineux, se développe un processus qui a tendance à libérer un excès de soufre dans certains types de gypse produisant de grandes masses de sable de gypse, qui sont apparemment une source de gypse dans la majeure partie du système de grottes. Si le microclimat à la place de l'accumulation de sable de gypse le permet, un ensemble essentiellement constitué de gypse se forme, semblant mal placé dans les zones de corrosion intense, mais existant néanmoins. Cet ensemble est constitué principalement de croûtes antholites, bien que des croûtes de corallite se développent également. Les croûtes antholites (représentées par des couches d'aiguilles et de sélénite) qui se développent dans et sur l'argile constituent un élément important de cet ensemble, car les argiles et les sables porteurs de gypse ne se forment d'aucune autre manière. Les inclusions de matière résiduelle de calcaires altérés sont souvent présentes dans le gypse de cet ensemble.

Dans les endroits secs, une partie du gypse peut être remplacée par de l'epsomite. Le cas particulier de cet ensemble est un ensemble à la barbe de gypse, caractérisé par l'absence complète de la croûte de corallite et la prédominance de cristaux filamenteux non noués représentés par des poils de gypse et de fines aiguilles rares. À deux endroits sur trois où cet ensemble a été retrouvé, il a été détruit en une seule année par les touristes. Le gypse filamenteux est si délicat que même avec une lumière électrique, il faut être extrêmement percé, car les ondes atmosphériques générées par des mouvements rapides, même à un mètre des formations, peuvent les détruire. L'ensemble fluor-silicate se produit en conséquence de l'ensemble biogénique. Les conditions d'apparition de l'ensemble sont fournies par la présence de détritiques de veines de fluorite ou d'amas de fluorine du stade thermique. L'acide sulfurique, impliqué dans le cycle biogénique du soufre, réagit

avec la fluorite en expulsant l'acide fluorhydrique dans l'air. Certains cristaux sont dissous le long des fractures jusqu'à une profondeur de 3 à 5 cm. L'acide fluorhydrique réagit avec la calcite ou le gypse de spéléothèmes pour former une nouvelle fluorite. La majorité des aluminosilicates de zinc sont présents dans cet ensemble. Ici, il est nécessaire de se retirer dans la sphère de l'hypothèse, car les investigations ne sont pas encore terminées. Il a été suggéré que l'acide fluorhydrique réagissait avec les silicates de l'argile résiduelle, produisant un gaz de silice quadrifluorique, qui à son tour réagissait avec les filons sulfurés du calcaire et de ses détritiques. Mes collègues et moi sommes incapables de suggérer un autre modèle, mais nous ne pouvons pas non plus vérifier celui-ci. Malheureusement, dans tous les endroits où se trouvent les extractions de sauconite, en traçant clairement des fractures dans le calcaire, il existe une couche de spéléothèmes aussi beaux entre les excréments de la sauconite et le mur qu'il est un péché de les défigurer pour vérifier la présence d'une veine de sulfure. À l'heure actuelle, il est possible que les éléments de cet ensemble, qui sont utiles pour la recherche par des méthodes directes, soient déjà trouvés. Des excréments très intéressants sur des objets métalliques (telles que des échelles de stations de sondage installées dans des fosses) déjà mentionnées dans la section "Minéraux" peuvent être trouvées à certains endroits de la grotte où l'ensemble bien développé, essentiellement constitué de gypse et les éléments de l'ensemble fluor-silicate ne devrait pas être perceptible.

RÈGLES DE VISITE DES CAVES ET MÉTHODES D'ENQUÊTE

Comme indiqué dans l'introduction et expliqué brièvement dans la section sur la minéralogie, la tactique de réalisation des expéditions et les méthodes de recherche minéralogique sont strictement limitées. Ces limitations ne sont pas du tout fixées par la législation et le seul espoir de préserver des cavernes intéressantes réside dans la conscience et l'autodiscipline des enquêteurs. Tenant compte du grand intérêt des cercles spéléologiques et géologiques pour les grottes, nous souhaitons saisir cette occasion pour présenter une nouvelle fois une liste de règles pour les visiteurs de grottes, en particulier les géologues. En rupture avec la tradition, nous ne citons que les règles relatives à la sécurité de la grotte mais pas à la sécurité des visiteurs.

(1) Il n'y a rien de mal à accepter la devise suivante des spéléologues américains: «Ne rien enlever à la grotte, sauf des photos, et ne rien laisser derrière soi, sauf vos propres traces», bien que même les traces ne soient pas si bonnes. Dans tous les cas, l'élimination de la corbeille est nécessaire à une exception près. Certaines grottes (y compris celles situées dans les régions éloignées de Cupp-Coutunn) sont inaccessibles aux études sans campement souterrain, ce qui pose le problème des toilettes. Les Américains ont tenté sans succès toutes les méthodes pour organiser des installations dans leur unique grotte de Lechuguilla. Toutes les tentatives d'enlever des seaux ou de les sécher sur place, puis de les enlever, se sont transformées en un fiasco complet. Notre pratique indique qu'après un camp de deux semaines pour cinq personnes, les toilettes enfouies dans une grande masse d'argile contenant des matières organiques sont complètement décomposées au bout de 5 à 7 ans. Dans ce cas, il est possible de planifier les tailles admissibles, la durée et périodiquement l'organisation du campement souterrain.

(2) À propos des traces. Les traces sales sur les spéléothèmes limpides dans de belles parties des grottes sont absolument inadmissibles, sans oublier de s'effondrer et de piétiner toutes les formes intéressantes. Des chemins clairement visibles devraient être organisés directement lors des premières visites dans des lieux vulnérables, et il est déconseillé de s'écarter de ces chemins. S'il y a un objet minéralogique intéressant dans un chemin, il doit être collecté et stocké à proximité du chemin. Naturellement, le sol ne devrait pas seulement être nettoyé. Si l'on doit ramper et que ce passage doit être utilisé plus loin que la voie, il est parfois nécessaire de retirer du plafond les spéléothèmes qui seront de toute façon cassés par la tête. Bien sûr, cela n'excuse pas le vandalisme, et poser la voie comme une "trace de dommage minime" n'est possible que si l'on comprend sa nécessité.

(3) À propos de la lumière et de la chaleur. Les observations et recommandations susmentionnées sur l'utilisation de la lumière et de la cuisine sont bien sûr liées à Cupp-Coutunn. Néanmoins, dans tous les cas, il est souhaitable d'effectuer des observations et d'élaborer une "politique de chaleur". Si certains groupes effectuent des recherches sérieuses dans une grotte, ils ont peut-être déjà préparé des calculs et des citations sur la faisabilité des camps.

(4) À propos des réservoirs. Les réservoirs souterrains sont extrêmement vulnérables dans trois positions à la fois. S'il s'agit d'un petit lac dans un endroit sec, il est généralement beau et aucune saleté (poussière des mains, savon) ne sera jamais retirée du lac. Si c'est un grand lac, une faune unique peut y vivre et cette faune peut être empoisonnée par une seule cuillère de détergent. Pour ces raisons, les réservoirs co-commandent le même respect que le plus délicat des cristaux.

(5) À propos des fouilles. Si un passage doit être creusé dans une nouvelle partie de la grotte ou dans une nouvelle grotte, il faut tenir compte du fait qu'un tel processus peut modifier radicalement le système de circulation de l'air et, par conséquent, le microclimat de la grotte. Il est impératif d'évaluer la possibilité de drainage de belles salles et, si cette possibilité est réelle, il est nécessaire de prendre toutes les mesures nécessaires pour rendre les fouilles hermétiques. Parfois, il suffit de mettre en place un simple écran de tissu, maintenu en place par quelques pierres.

(6) À propos des échantillons de minéraux et de roches. La discussion de cette question n'a pas de précédent dans la littérature spéléologique. On considère que les spéléologues ne sont pas tenus de prélever des échantillons et que des expéditions spéciales devraient être organisées pour les investigations minéralogiques, au cours desquelles des spécialistes qualifiés détermineront où et comment prélever les échantillons et avec lesquels ils n'auront peut-être pas la moindre relation. À mon avis, cette politique en matière d'autruche est incorrecte en principe et ne produit que des dommages supplémentaires aux grottes. Une politique intégrale et ouverte est plus que nécessaire ici. Je crois que trois conditions concernant le prélèvement d'échantillons sont simultanément appliquées. Premièrement, l'échantillon peut représenter un matériau analytique pur, provenant de détritiques couchés librement, ou peut être un élément collecté lors de l'excavation du col ou lors du dégagement du chemin. Deuxièmement, le sort de l'échantillon devrait être déterminé. S'il s'agit d'un échantillon analytique, il est nécessaire de savoir à l'avance ce qui doit être prouvé ou réfuté à l'aide de cet échantillon, c'est-à-dire qu'il est

préférable de ne collecter qu'un échantillon particulier pour une idée particulière. S'il s'agit d'un agrégat unique recueilli sur le chemin ou quelque chose de ce type, il est possible de l'enlever uniquement pour un emplacement spécialement préparé dans une grande collection. Il y a deux idées ici. Le prélèvement ne peut être excusé que si un nombre suffisant d'accès libre à l'échantillon pour son étude est fourni, ainsi qu'une garantie que celui-ci sera tenu à l'écart de la fosse des slops ou de sa destruction. Ces deux conditions ne peuvent être remplies que dans les grandes collections spéciales, en outre dans leurs expositions générales et non dans les salles des magasins. Enfin, l'échantillon ne peut être enlevé que s'il existe une garantie totale de son transport vers sa localité. Cela signifie généralement un système de transport soigneusement étudié jusqu'à la sortie, non emballé, et un emballage non moins bien préparé pour un transport ultérieur. Dans un contexte plus large, la question de l'enlèvement des échantillons est la question de cas particulière du diagnostic des minéraux des grottes qui mérite une attention particulière. Les méthodes de diagnostic des minéraux et des adjuvants utilisés dans la minéralogie des grottes sont divisées en trois catégories. Les méthodes de luminescence de champ sont les plus intéressantes, sûres pour les grottes et illimitées en application. Malheureusement, ces méthodes sont presque inutilisées dans notre pays en raison de l'absence d'équipement. Elles sont devenues des méthodes incontournables dans la pratique internationale et l'Union internationale de spéléologie propose un vaste programme de perfectionnement du matériel et de compilation des atlas de déterminations. Shopov, le responsable du programme, a également proposé une méthode extrêmement curieuse de correction des particularités luminescentes à l'aide d'un équipement photographique évident, mais le déchiffrement des résultats n'est possible que dans son laboratoire à Sofia.

Une méthode modérée au degré de destruction est une analyse expresse remarquablement répandue avec des méthodes de coloration. Dans la majorité des cas, il suffit de traiter une petite partie de la surface en éliminant les traces. En général, la méthode ne doit pas être utilisée immédiatement, car tout le laboratoire express est lourd et le cycle de diagnostic complet est long et complexe de plus, une grande quantité d'échantillons est nécessaire. En même temps, si l'on connaît les caractéristiques générales d'une grotte, on peut proposer des modèles et planifier un programme minimum pouvant être réalisé lors de la prochaine visite. Fréquemment, le matériau de la pierre n'est pas nécessaire à la réflexion et il suffit d'effectuer une ou deux déterminations des ions dans les gouttes d'eau des spéléothèmes. Elle doit également être effectuée sur place, car les solutions sont souvent absolument instables et peuvent être considérablement modifiées en une semaine ou en plusieurs minutes. Les méthodes de coloration révèlent un problème. Les sources lumineuses utilisées dans les grottes sont de composition spectrale non standard. Par conséquent, "voir, ce n'est pas croire" et, à des fins de comparaison, il est nécessaire d'utiliser les tables de contrôle colorées spécialement adoptées pour sa propre lanterne.

Les diagnostics destructifs, réalisés avec le retrait de l'échantillon, doivent être appliqués dans des cas extrêmes si les résultats ne sont pas obtenus par les méthodes décrites ci-dessus. Une telle nécessité n'est apparue que dans quelques dizaines de cas dans notre pratique.

Globalement, l'approche recommandée en matière de diagnostic peut être décrite comme le principe de prédiction du résultat, en utilisant des données indirectes et une modélisation théorique avec vérification par un minimum d'échantillons sur le site.

(7) À propos du secret. Les spéléologues du monde entier sont obligés de lutter activement pour la protection de grottes intéressantes, bien que les objectifs directs de l'action militaire puissent varier. Premièrement, ces actions sont dirigées contre un vandalisme évident qui constitue un problème majeur; deuxièmement, ils sont dirigés contre des projets miniers, comme dans le cas de Cupp-Coutunn; Troisièmement, contre les projets commerciaux mal conçus dans des grottes (principalement aux États-Unis). Quatrième, contre les éleveurs de bétail, qui considèrent les grottes comme des pièges naturels pour les bœufs (en Angleterre). Aussi étrange que cela puisse paraître, l'arme la plus répandue et la plus universelle est un secret primitif. Dans nos conditions, quand il n'y a pas de législation sur la protection des grottes, la déprédation prospère, bien que son centre soit récemment passé du vandalisme ouvert au tourisme sauvage sans le vouloir. Dans ce cas, la protection des grottes peut n'être que dans la conservation des parties les plus intéressantes jusqu'à des temps meilleurs. Dans certaines grottes et en particulier dans le système Cupp-Coutunn, ces temps sont déjà apparus à l'horizon, mais pas encore dans d'autres grottes. Néanmoins, même dans le système Cupp-Coutunn, les endroits les plus intéressants ont été maintenus dans une gestion rigoureuse de la conservation. Les passes dans les grottes ne sont pas marquées sur les cartes et, dans certains cas, le relevé de la passe n'est pas effectué. Les passes sont fermées par des blocages artificiels ouverts uniquement lors de visites effectuées par une expédition. Naturellement, toutes ces mesures ne seront plus nécessaires après l'apparition de sérieuses garanties de protection; Jusque-là, la préservation des grottes est sur la conscience des enquêteurs et le secret est la meilleure solution.

Cette catégorie devrait également inclure un résumé des idées sur les limites de la collaboration autorisée avec les pouvoirs locaux et les spéléologues locaux. Celles-ci et d'autres, en règle générale, sont très intéressées par l'obtention d'informations sur les nouvelles grottes et leurs parties et ont le droit de le faire. Dans le même temps, malheureusement, rien ne garantit qu'aucun de ces groupes n'a des intentions discutables. Mes collègues et moi sommes favorables à une politique ouverte mais une information partiellement ouverte, et nous ne l'avons jamais regretté. Nous informons toujours de toutes nos trouvailles, nous soumettons des cartes où toutes nos trouvailles sont marquées, sans toutefois indiquer les laissez-passer. Des informations complémentaires nous restent temporairement s'il n'y a aucune garantie de conservation légalement justifiée et sous une forme matérielle. Dans de nombreux cas, notre position rencontre la compréhension. Ce n'est que sous la condition que nous puissions prouver que nous n'allons pas organiser nous-mêmes des projets commerciaux dans les grottes. Cela signifie qu'il doit s'entendre parfaitement et entretenir de bonnes relations avec les pouvoirs locaux. Nous avons mentionné plus haut que la suspicion mutuelle des pouvoirs locaux et des spéléologues locaux et en visite avait sauvé la grotte Geophyzicheskaya. Lorsque la grotte a été sauvée, les relations entre les différentes parties du conflit ont été normalisées. Cela s'est produit dans de nombreux cas. Enfin, les actions prises à titre de conscience, compte tenu de notre propre mesure de responsabilité quant au sort des

grottes, seront toujours indemnisées. De bonnes ou de mauvaises relations sont temporaires, mais les phénomènes naturels ne sont pas réparables.

Rappelant une fois de plus le parallèle avec la grotte de Lechuguilla, nous remarquons que ses enquêteurs avaient le même problème, ce qui a donné lieu à des conflits entre les spéléologues et l'administration du parc national, où se trouve la grotte, l'administration désirant organiser une complexe d'excursion. Ce n'est que lorsque la loi fédérale concernant le statut spécial de la "grotte de la Vierge" pour Lechuguilla interdisant directement toute opération technique dans la grotte a été imposée par le Congrès américain, un langage commun a immédiatement été trouvé et personne n'a protesté contre la réglementation stricte l'administration du parc de toutes les enquêtes et visites dans la grotte, ainsi que de ne pas donner d'informations complètes au centre scientifique du parc.

PHOTOGRAPHIE

Lors de mes conférences, je reçois souvent des questions sur la technologie et les possibilités de la photographie souterraine. Par conséquent, cet article présente une opportunité pour aborder cette question ici. La caméra miroir doit être exclusivement utilisée. Les possibilités de la caméra ne doivent pas nécessairement être grandes. L'exposition avec obturateur constamment ouvert est principalement utilisée. J'utilise Zenit-19, un appareil photo d'une excellente durabilité - une vertu qui est importante, compte tenu du fait que l'appareil photo est traîné pendant de nombreuses heures dans les passages étroits. Même après que mon appareil photo soit tombé dans une fosse de 50 m en 1989, il a été réparé en une heure à l'aide d'un tournevis et d'une pince. Cependant, la caméra est en panne après 3-5 expéditions de deux semaines en raison de la forte activité corrosive de l'atmosphère.

En revanche, les meilleures lentilles doivent être utilisées. Il est nécessaire d'obtenir des lentilles à plusieurs couteaux car, dans tous les cas, la poussière et l'humidité réduisent considérablement le microcontraste et toutes les méthodes de conservation sont nécessaires. Un changement d'objectif devrait être fait aussi rarement que possible à cause de la poussière. J'utilise Flectogon Auto MC 35 / 2.8, qui possède de nombreuses qualités. La distance de mise au point de 35 mm permet de prendre des photos à longue distance et en gros plan sans distorsion importante. La distance minimale de définition est de 21 cm, ce qui permet de photographier des détails sans utiliser d'anneaux allongés dans la majorité des cas.

Clignote. Toute la puissance nécessaire ne suffira pas dans la majorité des cas, et il ne faut photographier qu'avec de nombreux flashes et obturateur ouvert. Le temps de charge détermine le degré d'application du flash. Lors de mes trois dernières expéditions, j'ai utilisé des flashes très impuissants (24 joules) avec des piles composées de 37 éléments 9v. Avec une telle technique, il est possible de faire jusqu'à 100-150 impulsions par minute. Le nombre d'éclairs est déterminé par le nombre d'assistants, mais il ne doit pas y en avoir moins de deux, bien que le nombre de points source de lumière pour la prise de vue ne devrait pas être inférieur à quatre. Il est utile d'avoir un flash avec un petit réflecteur carré pour photographier de petits objets. La synchronisation légère est très utile dans certains cas.

Le trépied et la photo-corde sont nécessaires, bien que la stabilité du trépied ne soit pas un facteur définissable. La flamme d'une bougie n'est pratiquement pas brouillée si l'on utilise un objectif de 35 mm; on peut déclencher des flashes avec un peu de retard. Le rôle principal de chaque photographie, même dans le cas d'une macrophotographie, appartient à la mise en scène du cliché. Premièrement, tous les points possibles des sources de lumière sont simulés par une lanterne; Les réflexes sur les gouttes, les cristaux et l'optique de la caméra sont étudiés. Ensuite, la route des mouvements des assistants à travers les points de lumière est analysée et le nombre d'éclairs de chaque point est compté. Alors seulement la photographie est effectuée; de plus, en règle générale, il existe 2 ou 3 variantes de décision légère. Pour l'animation des photographies ou pour l'arrangement de prises de vues de natures mortes et également d'échelles, on peut utiliser divers sujets. La variété la plus efficace telle que la bougie ou le modèle féminin appelé "Cristal de gypse" dans le jargon de Cupp-Coutunn a tendance à être surexploitée et à perdre son attrait. Les échantillons d'échelle paradoxaux avec des fleurs vivantes sont toujours curieux.

Le soin apporté à la caméra est important. À l'exception de la brosse, de l'ampoule et du kit de réparation, le séchoir, c'est-à-dire le sac de jute, est nécessaire. Le trépied peut être recouvert par le sac de jute, enfermant à l'intérieur de cette petite tente une bougie allumée et un appareil photo pour le séchage. C'est le seul moyen de prévenir la transpiration entre les lentilles. Il est nécessaire de disposer de cordes photo et de lampes à impulsions pour les flashes. En raison de l'humidité, elles se mettent facilement en panne. Lors de l'utilisation d'un appareil photo à écran large, il est important que le film soit placé dans un emballage de gel de silice au plus tard trois heures après son retrait de la couverture hermétique. Dans le cas contraire, le film de la remorque en papier se détachera de l'humidité et restera collé dans la couche anti-rotation du film qui va le détruire. Le rôle le plus important appartient à la mallette de transport, qui doit à la fois offrir une défense contre les coups lors du rampe et une défense contre la poussière omniprésente et doit être ouverte rapidement. Les petites boîtes en duralumin avec une enveloppe en mousse plastique et un épaissement en caoutchouc de la couverture, avec quelques poignées et boucles sur différents côtés, sont optimales.

Je voudrais faire remarquer que la présence d'excellents assistants est d'une importance vitale. sans eux la photographie serait impossible. En outre, tous les membres du cercle spéléologique assistent avec plaisir à une bonne photo, dans l'espoir de reproduire une petite collection de diapositives.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement D. Belakovski, A.Markov, O. Bartenev, V.Detinich, D.Malishovsky, A.Golovanov, M.Pereladov, E.Voidakov, V.Korshunov, C.Self, M.Tranteev et beaucoup de mes collègues pour leurs recherches sur la grotte Cupp-Coutunn. Leur activité désintéressée a fourni le niveau actuel de connaissance du système. Je voudrais également remercier mes collègues minéralogistes qui ont aidé de façon désintéressée les spéléologues dans la recherche analytique et la modélisation. Je remercie tout particulièrement N. Skorobogatova, directeur du musée de la minéralogie de l'Institut russe des ressources minérales. Enfin, je suis reconnaissant à tous les spéléologues, y compris

N.Veselova, L.Minkevich, G.Kulanina, G.Pryakhin et O. Bartenev, V.Detinich, D.Malishevsky et autres susmentionnés pour leur aide en matière de photographie.

Malheureusement, il est impossible d'énumérer tous ceux qui méritent un crédit.



Explorateur de grottes dans la forêt d'aragonite



Gros plan du bout d'un lustre en aragonite



GROUPE CUPP-COUTUNN, TURKMÉNISTAN

Cupp-Coutunn, la plus longue grotte calcaire de l'ex-Union soviétique, est située dans la région de Kugitang, dans l'est du Turkménistan, près des frontières avec l'Ouzbékistan et l'Afghanistan. La grotte est mondialement connue pour sa minéralogie, tant par le nombre d'espèces minérales que par la grande variété de ses formes de spéléothèmes. En 1991, Cupp-Coutunn et ses grottes associées ont été inscrites sur la Liste indicative mondiale de sites géologiques (GILGES) par un groupe de travail de la Convention du patrimoine mondial.

Le réseau de grottes Cupp-Coutunn (Figure 1: Maltsev & Self, 1992) est situé sur le flanc sud-ouest de la crête de Kugitangtau, qui s'étend sur 50 km au nord-sud et atteint une altitude de 3137 m. la crête Kugitangtau à l'extrémité sud-ouest de la chaîne de montagnes Tien Shan d'où elle apparaît

Topographiquement comme une valeur aberrante. Le Kugitangtau est un dôme anticlinal avec un batholithe en granit pénétrant dans son noyau. Une faille majeure, la poussée ascendante de Kugitang, le long de l'axe principal nord-sud de l'anticlinal, sépare le Kugitangtau surélevé de la plaine d'Ouzbékistan à l'est. La Kugitangtau cuesta présente une face escarpée de plus de 1 km de haut, surmontée d'un mur presque vertical de calcaire du Jurassique supérieur. Le

pendage à l'ouest est légèrement incliné de 7 ° à 15 °, profondément disséqué par les canyons. Cette pente inclinée est coupée par une deuxième faille majeure, subparallèle et opposée, à l'est de Kugitang Upthrust, laissant l'épine centrale de la crête comme un bloc horst.

Les grottes du sud de Kugitangtau témoignent d'une histoire complexe. Ils se sont développés comme un vaste labyrinthe phréatique, après avoir suivi la stratification horizontale dans le calcaire à plusieurs niveaux, probablement à la fin du Crétacé. Ces passages ont ensuite été abandonnés comme conduits d'écoulement des eaux souterraines et infusés de sédiments argileux. Le soulèvement néogène et l'inclinaison des couches ont rajeuni les grottes. Les dépôts de détritiques ont été érodés localement par les eaux souterraines introduites par une faille nord-sud, bien que, par endroits, les restes consolidés de cet ancien remplissage soient conservés comme les murs ou le toit de la grotte. Le développement de nouveaux passages était limité aux tubes invasifs situés à proximité immédiate de ces failles. Les passages remplis d'air ont ensuite été envahis par l'eau thermale provenant d'un autre groupe de failles (Chilgas), avec altération chimique des roches et des sédiments de la paroi de la grotte. Les effets d'altération incluent la recristallisation du calcaire et le

remplacement des carbonates par d'autres minéraux, principalement des silicates et des sulfures. De petites quantités de calcite et de fluorite hydrothermales se sont déposées localement dans la grotte, la calcite contenant parfois des inclusions microscopiques de sulfures métalliques. Les fluides thermiques ne semblent pas avoir été particulièrement agressifs, aucun élargissement significatif du passage n'ayant été noté. L'analyse des isotopes stables dans les échantillons de roches et de minéraux suggère que l'eau thermique était une saumure basale évoluée (Bottrell, Crowley & Self, 2001).

Au milieu du Quaternaire, il y a eu un mouvement des failles de Chilgas. Cela a provoqué le déplacement de passages de grottes traversés par ces failles et l'effondrement de certains des plus grands passages remplis d'air. La phase de développement moderne est marquée par la corrosion par condensation des parois de la grotte et par la toiture, le remaniement des matériaux de la phase thermique et le dépôt de spéléothèmes. Pour la plupart, les grottes sont indépendantes du drainage de la surface, bien que certains canyons aient creusé leurs lits assez profondément pour les croiser. Cependant, la région de Kugitang est semi-aride et des quantités importantes d'eau pénètrent dans les grottes environ une fois par décennie, introduisant localement des alluvions ou retravaillant les sédiments les plus anciens.

L'importance internationale du système de grottes Cupp-Coutunn réside dans sa minéralogie spéléothémique, qui a été entièrement déposée au cours de la phase post-thermique du développement des grottes. Certains minéraux très rares ont été formés par le remaniement de matériaux de la phase thermique, que ces matériaux se soient déposés dans la grotte elle-même ou sous forme de minéraux de veine dans les fractures traversant la grotte. Les aluminosilicates de zinc, particulièrement colorés en vert par des traces de nickel, sont particulièrement intéressants. La sauconite a été la première à être identifiée, puis la très rare fraipontite (avec seulement quelques occurrences connues dans le monde, il s'agit de son premier rapport en tant que minéral de grotte). La mobilité de Si et Al est due aux gaz acides libérés par un revêtement rouge de type argile (ocre) sur une paroi de paroi altérée de manière hydrothermale. L'ocre est un matériau variable mais stratifié, avec des bactéries sulfato-réductrices dans les couches inférieures et des bactéries oxydantes dans les couches externes, il ressemble plus à un sol qu'à un résidu de corrosion classique et divers minéraux secondaires oxydés et silicatés ont été identifiés.

En son sein (Maltsev, Korshunov & Semikolennykh, 1997). L'hydrogène sulfuré produit dans l'ocre est oxydé en acide sulfurique, qui à son tour attaque les cristaux de fluorite en phase thermique. Du fluorure d'hydrogène gazeux est libéré dans l'air de la caverne, ce qui est prouvé par de minuscules cristaux de fluorite pourpre foncé qui ont été découverts sur des hélicites de calcite et sur des cristaux de gypse euhédral (Maltsev et Korshunov, 1998).

Cupp-Coutunn présente des représentations spectaculaires de spéléothèmes des minéraux des grottes les plus courants. Là où les eaux de surface s'infiltrent des fonds des canyons ou des failles nord-sud, il y a des stalactites de calcite, des stalagmites et même des boucliers. Une pierre de flux particulièrement belle à bandes (marbre onyx) a été exploitée commercialement de 1970 à 1982, avec trois entrées de mine creusées dans la grotte pour faciliter l'accès. L'exploitation minière a finalement été arrêtée à la suite d'une campagne menée par les spéléologues de Moscou et d'Ashkhabad. L'aragonite est un minéral spéléothémique majeur dans certaines parties de la grotte, souvent associé à de la calcite. Cette association produit des spéléothèmes parmi les plus photogéniques, tels que les buissons anthodites à piquants et les splays multi-corallites (Figure 2). Les hélicites sont abondantes, parfois avec des cristaux euhédraux de gypse clair ou de célestite bleue qui poussent sur leurs côtés. Le gypse se trouve dans la plupart des parties de la grotte, sous forme de barbes, de fleurs, de croûtes, de lustres et de grandes stalagmites creuses. Les formes rares du spéléothème comprennent les stalagmites cristallines solides de gypse, les pseudo-stalactites d'aragonite et les stalactites de calcite macro-cristallines.

Cupp-Coutunn / Promesutochnaya (longueur combinée de 56 km) fait partie d'un système karstique plus étendu qui est encore largement rempli de sédiments anciens. À proximité, et reconnue comme faisant partie du système Cupp-Coutunn, se trouvent Geophyzicheskaya (longueur 4,5 km, avec de spectaculaires lustres en gypse) et Hashm-Oyeek (longueur 7 km, signalé pour la première fois par Diodorus Siculus vers 40 av. J.-C.). Des dizaines d'autres fragments de grottes ont été découverts dans les canyons voisins du sud de Kugitangtau. La région était autrefois très populaire auprès des spéléologues russes, mais il y a eu peu d'expéditions depuis que le Turkménistan est devenu un pays indépendant.

L'équipe de Vladimir Maltsev (Moscou) a joué un rôle de premier plan dans l'exploration et l'étude scientifique des grottes à la fin de la période soviétique. Une grande partie de notre compréhension moderne de l'ontogenèse est basée sur des observations spéléothémiques effectuées dans ces grottes.

CHARLES ANTHONY SELF

Travaux cités

Bottrell, S.H., Crowley, S. & Self, CA 2001. Invasion d'un aquifère de karst par des fluides hydrothermaux: mise en évidence de compositions isotopiques stables de la minéralisation de grottes. *Geonulds*, 1: 103-21 Maltsev, VA & Korshunov, VA 1998. Géochimie de la fluorite et caractéristiques connexes des grottes de la crête de Kugitangtau, Turkménistan. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60 (3): 151-55 Maltsev, VA, Korshunov, VA & Semikolennykh, AA 1997. Cave

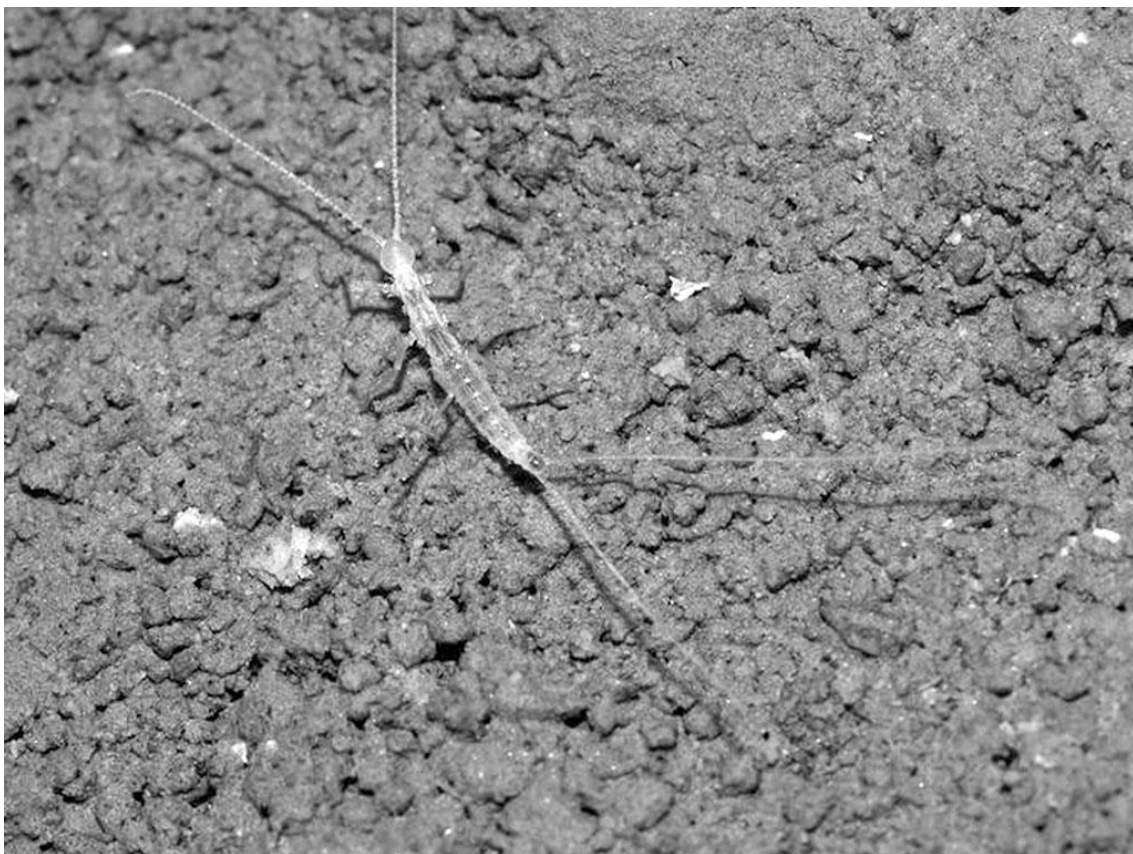
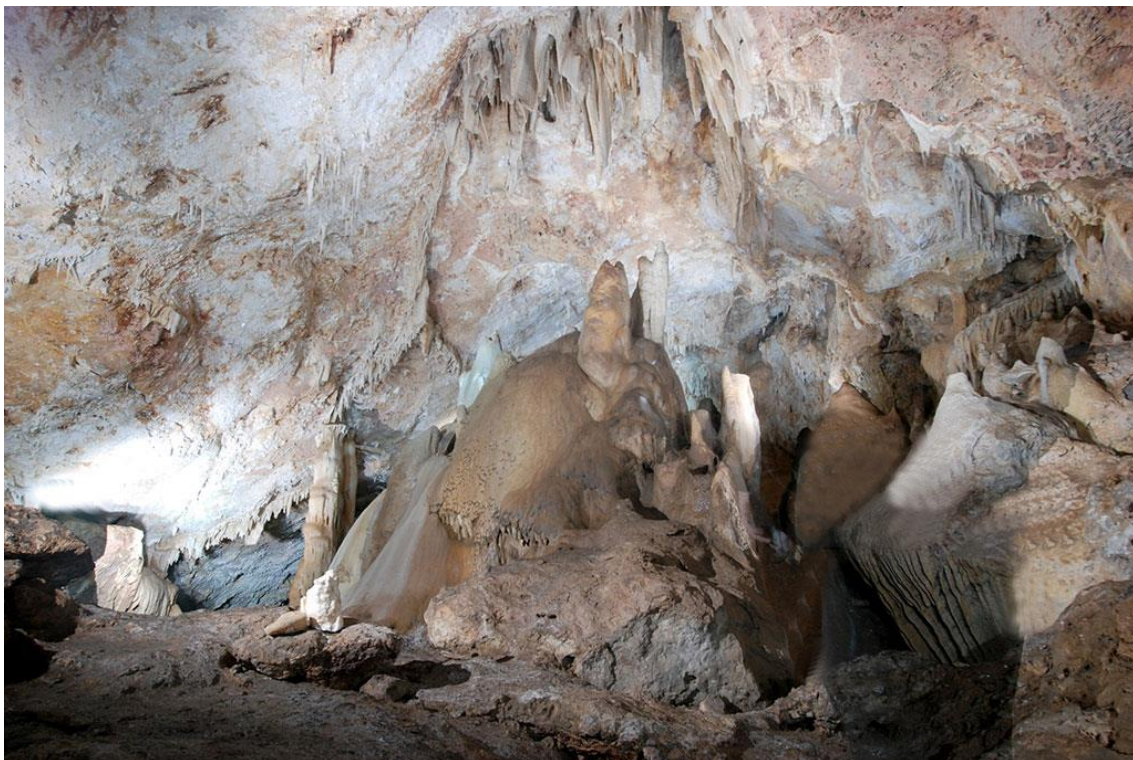
<http://www.turkmenistan.gov.tm/?id=18078>

Mystères du monde souterrain de Koytendag: la faune unique des grottes Karluksky



580 / Shaniyaz MENLIEV, chef du département scientifique de la réserve de Koytendag / 02/06/2019 / [Science](#)









La crête de Koytendag, qui domine le sud-est du Turkménistan, est connue pour être le pays des sommets enneigés et des sources thermales, de magnifiques canyons, de magnifiques cascades, des arbres séculaires et des traces pétrifiées d'animaux préhistoriques.

L'une des principales attractions de Koytendag est le système Karluk de donjons naturels, qui associe les grottes Kapkutantan, Hashimoyuk, Gulshirin, Intermédiaire, Dashyurek, Vertical (Kunstkamera) et plusieurs dizaines d'autres plus petites. Tous sont situés près du village de Garlyk.

Les grottes de Koytendag sont des formations uniques, de véritables labyrinthes souterrains décorés de stalactites et de stalagmites, de fleurs en pierre fantaisie, de drusen de cristaux de gypse, de figures de gypse incurvées! Et quelle variété de marbre onyx: clair, miel, sombre avec un motif décoratif rare et une brillance nacrée. Il y a de petits étangs avec des formations de "perles" de cavernes et les plus fins brins de gypse cristallin.

Ces cavités ont un microclimat spécial - quelle que soit la saison de l'année et l'heure de la journée - la température est constante, l'humidité élevée et l'absence totale de lumière solaire. Mais le plus étonnant, c'est que ce fabuleux monde souterrain, plongé dans une obscurité impénétrable, est habité par des êtres vivants ...

On estime que plus de vingt mille espèces de créatures vivantes ont été trouvées dans des cavités souterraines à travers le monde, ce qui est considéré comme insignifiant par rapport au nombre d'espèces d'animaux terrestres, qui sont environ 8 à 10 millions ... Par conséquent, chaque nouvelle découverte d'un représentant de la faune souterraine est sensationnelle pour la science.

Les anciens ours des cavernes, mammoths, lions et hyènes sont depuis longtemps morts, un homme a quitté son foyer primitif. Et puis des histoires mystérieuses ont commencé à être associées à des cavernes, même la légende des dragons qui y vivaient s'est répandue. À la fin du dix-septième siècle, le baron zoologiste Johann Weihardt Valvasor a appris qu'un dragon vit dans l'une des grottes de la péninsule balkanique, qui emmène ses petits pendant les averses. Valvasor arriva sur place et ... fut déçu de ce qu'il vit: l'animal des cavernes se révéla être long de plusieurs dizaines de centimètres et ressemblait à un lézard. Le zoologue a appelé l'amphibien aveugle avec des branchies externes - Proteus.

La recherche biologique sérieuse du monde souterrain a commencé il y a presque deux cents ans. Au cours de cette période, de nombreuses créatures de la grotte ont été découvertes - aquatiques et terrestres. Ce sont des crustacés, des poissons, des cloportes, des mille-pattes, des araignées, des faux scorpions et d'autres insectes, appelés plus tard zoologues - troglobiontes (vivant dans des cavernes). Comparés à leurs parents terrestres, ils ont un corps plus long et plus mince, des pattes et des antennes allongées, ils sont transparents et incolores. Comme il n'y a pas de lumière dans les cavernes, elles n'ont pas besoin de vue ni d'œil. Certains troglobiontes sont nettement plus gros que les congénères terrestres (gigantisme dans les cavernes).

On trouve dans les grottes des coléoptères aveugles, des poissons, des amphibiens, des écrevisses et même des mouches sans ailes. La plupart des habitants modernes des donjons sont des représentants des époques passées, des minéraux vivants que l'on ne retrouve plus à la surface, mais qui ont conservé l'apparence et les habitudes du monde animal des millénaires. Par conséquent, ils présentent un grand intérêt pour la science.

Les donjons naturels de Koytendag ont commencé à révéler leurs secrets dans les années soixante du siècle dernier. Ensuite, les géologues ont trouvé et décrit des dizaines de grottes. En 1979, le spéléologue russe V. Maltsev, explorant un point d'eau situé près du canyon de Bulagdere, découvrit une nouvelle espèce de poisson troglobionte, l'omble aveugle Koytendag, qui fut par la suite inscrite sur la Liste rouge de l'UICN (2000) et dans le Livre rouge. Turkménistan (1985,

1999, 2011). Ces poissons ont vécu dans la faille de Suvlyoyuk, au fond de laquelle se trouve un passage vers un immense lac souterrain. Or, cet échech est protégé par la réserve naturelle de l'État de Koytendag, unique habitat de l'omble aveugle.

Des recherches sur le système de grottes sont en cours. Afin d'étudier la biodiversité de Koytendag dans le cadre d'un memorandum d'accord conclu entre le Ministère de la protection de la nature du Turkménistan (actuellement Ministère de l'agriculture et de la protection de l'environnement) et la Société royale pour la protection des oiseaux (RSPB, Grande-Bretagne), des expéditions internationales ont été organisées pendant plusieurs années. Des scientifiques russes, britanniques, bulgares, slovènes, de l'Institut national des déserts, de la flore et de la faune et de la réserve de Koytendag, ont étudié les éléments constitutifs de la biodiversité, notamment la faune troglodyte, la géologie et l'hydrologie.

Au cours de l'étude de l'échech de Suvlyoyuk, menée par les scientifiques britanniques Rachel Jones et Brian Zimmerman, des mini-caméras spéciales flottantes sous-marines ont été utilisées pour la première fois afin de surveiller le comportement du loach aveugle, augmentant ainsi les capacités de surveillance.

En outre, les scientifiques ont examiné les grottes Kapkutan, Hashimoyuk, Kaptarkhan, Gulshirin, étudié la grotte de Kirkgyz, les canyons Daraidere et Kattaking, les sources d'eau - Bashbulak, le lac Gaynarbaba, la rivière Koyten.

Un autre grand lac souterrain a été découvert en collaboration avec des scientifiques de la réserve de Koytendag et des spéléologues de Moscou - M. Pereladov et A. Degtyarev dans les contreforts de Koytendag. Il s'agit probablement du plus grand réservoir naturel du Turkménistan, situé dans une grotte et existant en raison de l'afflux de pluie et d'eau de fonte.

Au cours de l'étude de la grotte de Kaptarkhan, située près du village de Bazardepe, un insecte inhabituel est tombé dans un piège spécial contenant du fromage odorant. Par la suite, il s'est avéré qu'un animal inconnu de la science, de quelques millimètres seulement, un arthropode sans yeux, est une nouvelle espèce d'insecte à deux queues, un insecte âgé de plus de 300 millions d'années. Malgré la vaste gamme d'habitats, en Asie centrale, les deux queues sont presque inconnues. Les espèces découvertes appartiennent à la famille des campodéidés - moins de 10 mm, avec un corps pâle et un appareil buccal complètement immergé dans la capsule céphalique. Les scientifiques l'ont décrit et l'ont appelé *Turkmenocampa mirabilis* (l'incroyable queue à deux turkmènes), soulignant le caractère unique d'un relique d'insecte adapté aux conditions de vie défavorables. En outre, un coléoptère cryptophage (Coleoptera) et trois autres représentants de ces insectes non encore enregistrés ont été découverts dans la grotte de Kaptarkhan.

Dans la grotte de Kirkgyz, l'attention des scientifiques a été attirée par un quai inhabituel, et dans la grotte de Gulshirin, un insecte, un mille-pattes. L'analyse des échantillons de faune des cavernes se poursuit et nous pouvons assister à la découverte de copépodes troglobiotiques (cyclopoïdes troglobiotiques).

«Bien que de nombreux paléobiologistes considèrent que la faune des grottes d'Asie centrale soit rare, des sites comme la grotte de Kaptarkhan nous donnent de nouvelles

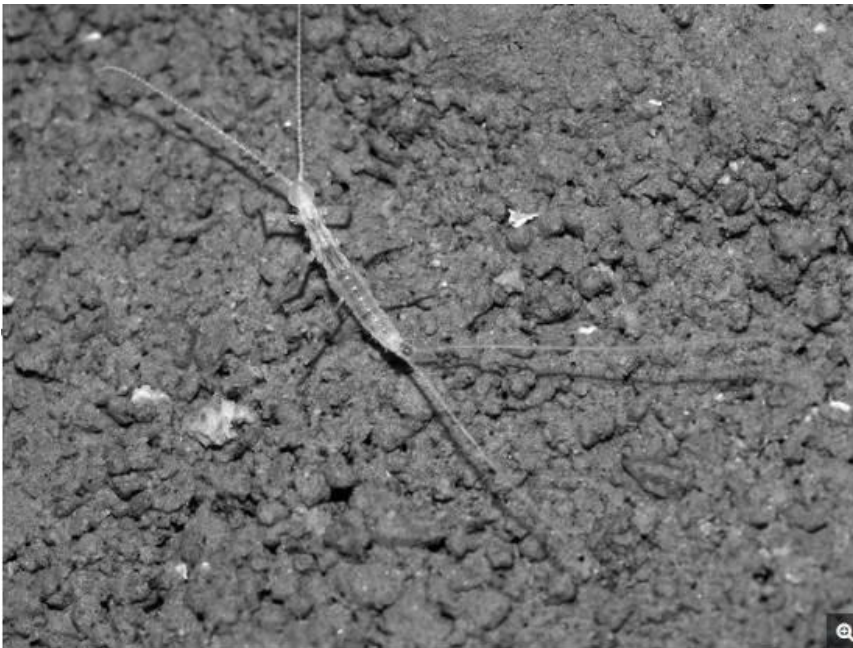
informations sur la richesse de la biodiversité, l'histoire de l'évolution, la formation et le fonctionnement d'écosystèmes souterrains dans cette région», a déclaré le zoologue Pavel Stoev, curateur de la collection d'insectes invertébrés de la nation. Musée d'histoire naturelle de la Bulgarie.

Les scientifiques considèrent leurs découvertes comme une preuve de l'importance de la grotte de Kaptarkhan, qui sert de refuge à de nombreux invertébrés endémiques. L'étude des créatures trouvées fournit un matériau fertile pour les

reconstructions phénogénétiques, paléoclimatiques et même géologiques, permet de mettre en lumière les événements micro-évolutifs se produisant dans des populations isolées d'organismes, en comprenant les méthodes d'adaptation au climat rigoureux de la grotte et en enrichissant nos connaissances sur la diversité biologique du monde souterrain.

<http://altay-pm.ru/modul-menu/interesnoe/peshchernoe-sushchestvo>

Nouvelle créature des cavernes au Turkménistan



Les scientifiques ont attiré une créature pâle et sans yeux dans une grotte du Turkménistan avec du camembert français. Cet animal, maintenant appelé *Turkmenopam mirabili*, est nouveau pour la science et est le premier animal terrestre souterrain connu au Turkménistan. Le nom d'espèce «mirabilis» signifie «inhabituel» ou «merveilleux» en latin et souligne la forme corporelle unique d'une créature semblable à un insecte (deux queues et une tête et une partie inférieure semblables à des perles).

«Ce que nous avons ici n'est pas seulement un nouvel organisme merveilleux, mais aussi un étonnant et inhabituel habitant des cavernes qui a suivi un long chemin évolutif, s'adapter à l'environnement souterrain de l'Asie centrale », a déclaré le chercheur principal Alberto Sendra, biologiste à l'Université d'Alcalá, en Espagne.

Découvertes d'un nouveau genre

En mai 2015, Sendra et deux autres chercheurs, Boris Sket de l'Université de Ljubljana en Slovénie et Pavel Stoev du Muséum national d'histoire naturelle en Bulgarie, se sont rendus dans une [grotte isolée](#) appelée Kaptarkhana, située dans l'est du Turkménistan. La grotte, avec plus de 300 autres personnes, est cachée dans les montagnes de Koytendag. Dans le but de trouver de nouveaux animaux pour la science, les chercheurs ont passé 8 heures à piéger les zones humides de la grotte. Ils ont rempli des pièges de fromage «appétissant» manquant. Les pièges ont été placés près des tas, qui sont des tas d'excréments de chauve-souris.

«Pour attirer les animaux vivant dans des grottes (où la nourriture est très limitée), toute nourriture puante fonctionnera», ont déclaré les scientifiques. "Les spéléologues utilisent souvent du poisson ou de la viande en décomposition, divers fromages ou, dans les cas extrêmes, leurs propres excréments."

Leurs efforts ont porté leurs fruits.

La créature qu'ils ont découverte mesurait seulement 0,6 mm de long et à cause de ses deux longues soies, qu'elle utilise pour détecter le monde sombre et sans yeux de la grotte. Cette copie a été envoyée pour étude ultérieure.

Cette découverte souligne l'importance de la grotte de Kaptarchana en tant que refuge pour de nombreux invertébrés locaux, selon des chercheurs. Ainsi, les scientifiques pensent que la créature découverte indique également que le [système de grottes](#) d'une longueur de 57 km devrait être protégé conformément aux lois du Turkménistan.

<http://expert.in.ua/novosti/0/349-uchenie-obnaruzhili-neizvestnoe-ranee-nauke-sushestvo-v-pesherah-turkmenistana/>

Des scientifiques ont découvert une créature auparavant inconnue de la science dans les grottes du Turkménistan

10/10/2017

Une créature maigre ressemblant à un insecte est le premier animal souterrain de cette espèce au Turkménistan.



Photo: Alberto Sendra

L'homme des cavernes à deux queues semble avoir une soif de fromages fins. Les scientifiques ont attiré une créature pâle et sans yeux dans une grotte du Turkménistan, en utilisant du camembert français comme appât.

L'animal, que les scientifiques ont appelé *Turkmenocampa mirabilis*, est inconnu de la science et est le premier animal souterrain de ce type au Turkménistan. Le nom *mirabilis* signifie «inhabituel» ou «merveilleux» en latin et indique la forme corporelle unique d'une créature semblable à un insecte - deux queues et une tête en forme de perle.

«Ce que nous avons trouvé ici n'est pas seulement un nouvel organisme, mais aussi un animal des cavernes étonnant et inhabituel qui a suivi un long chemin évolutif pour s'adapter à l'environnement souterrain de l'Asie centrale», a déclaré le chercheur principal Alberto Sendra, biologiste à l'Université d'Alcalá, De l'Espagne.

En mai 2015, Sendra et deux autres chercheurs - Boris Sket de l'Université de Ljubljana en Slovénie et Pavel Stoev du Musée national d'histoire naturelle de Bulgarie - se sont rendus dans une grotte isolée, Kaptarkhana, située dans l'est du Turkménistan.

La grotte de Kaptarkhan fait partie d'un système de grottes étendu et profond où vivent probablement de nombreux animaux inconnus de la science. C'est ici que les scientifiques ont découvert *Turkmenocampa mirabilis*.



Photo de Kaptarkhan Cave: Alexander Degtyarev

À la recherche de nouveaux animaux, les chercheurs ont passé 8 heures à installer des pièges spéciaux dans les zones humides de la grotte. Ils utilisaient du fromage ordinaire comme appât. Des pièges ont été placés près d'un tas de guano - tas d'excréments de chauve-souris.

«Pour attirer les animaux vivant dans des grottes (où la nourriture est très limitée), toute nourriture odorante constituera un appât idéal», a déclaré Stoev à Live Science. "Les spéléologues (les scientifiques qui étudient les habitants des cavernes) utilisent souvent du poisson ou de la viande en décomposition, divers fromages ou, dans les cas extrêmes, leurs propres excréments."

Leurs efforts ont porté leurs fruits.

La créature qu'ils ont découverte mesurait seulement 0,6 mm de long et utilisait de longues soies sur la tête pour demeurer dans son monde sombre sans yeux.

Cette découverte souligne l'importance de la grotte de Kaptarchana en tant que refuge pour de nombreux invertébrés locaux, selon des chercheurs.

La nouvelle espèce a été décrite pour la première fois en ligne le 21 septembre dans le magazine *Underground Biology*.

<http://rgo-speleo.ru/biblio/aziya.htm>

A.S. Vishnevsky, Association des spéléologues de l'Oural
V.A. Maltsev, Vniigeosystem
V.N. Dublansky, Université de Perm
Yu.V. Dublyanskiy, Institut de minéralogie et de pétrographie de la BS ASR

Les plus grandes grottes d'Asie centrale

Publié:
Grottes: Intercollegiate. Sam scientifique tr / Perm. un-t - Perm, 2004, pages 74-93.

Au début - au milieu du XXe siècle on croyait que le «type de karst d'Asie centrale» (A. M. Ovchinnikov, 1949) [3] en raison de caractéristiques climatiques et géologiques est représenté par des formes de surface relativement médiocres. Elle se caractérise par le développement de «canaux et grottes internes», dont la grotte *Barite* de Tyuya-Muyun (A.E. Fersman), la partie proche de la grotte minière de *Kon-i-Gut* (M.G. Popov) et la grotte hydrothermale de *Baharden* (M. Rothko) et les cavités *Magian* (J.A. Leven), la grotte *Karluk* (N.A. Gvozdetzky) et la grotte de sel Barsova (A.I. Dzents-Litovsky).

Dans la seconde moitié du XXème siècle la recherche spéléologique s'est quelque peu intensifiée. Lors de la réunion «Karst d'Asie centrale et des pays de montagne» (Tashkent, 1979), initiée par G.A. Maksimovich, il a été noté qu'environ 1 500 grottes karstiques de petite et moyenne taille ont été découvertes dans la région. Le plus long était considéré comme *Cap-Kutan* (6 km), le plus profond - *Kiev* (950 m).

La fin du XX siècle était riche en découvertes spéléologiques. À Kopetdag, la grotte hydrothermokarst *Baharden* (calcaires, 250 / -69) a été étudiée en détail; sur la chaîne de Gissar - *Gaurdak* (calcaires, 11010 / -70), *Kap-Kutan-Intermediate* (calcaires, 55000 / -310) et *Boy-Bulok* (calcaires, 14270 / -1415); sur le massif de Khoja-Gur-Gur-Ata - *Festivalnaya-Ledopadnaya* (calcaires, 13 000 / -625) et l' *étoile sombre*

(calcaires, 4000 / -168); sur la crête de Zeravshan - *Kievskaya* (calcaires, 1820 / -990); dans le sud du Tien Shan, des labyrinthes volumineux de cavités hydrothermales de *Pobednaya* (calcaires, 1 480 m) et une mine souterraine de minerais de minerais d'uranium-vanadium de *Fersman* (calcaire, -220 m); sur la crête de Pierre le Grand - le *1500e anniversaire de Kiev* (gypse, 392 / + 126); sur le massif du Rangkul - *Syikyrduu* (calcaires, 2050 / -268); sur le dôme de Khodja-Mumyn - *Dnepropetrovsk* (sel gemme, 2500 m) et du *Grand Cirque* (sel gemme, 1150 / -120), etc. [6].

Malheureusement, le matériel des études n'a pas été publié dans l'ensemble; les descriptions et les plans de nombreuses grottes (*Kap-Kutan*, *Boy-Bulok*, etc.) sont donnés dans la littérature étrangère, inaccessibles à un large cercle de lecteurs. Le but de cet article est d'introduire ces données dans la science domestique.

Le volume de l'article a obligé les auteurs à se limiter aux informations les plus générales sur divers types de grottes en Asie centrale - *Baharden* (la plus grande salle-cavité hydrothermale), *Kap-Kutan*, *Boy-Bulok* (les systèmes les plus longs et les plus profonds) et la grotte *Fersman* (la mine la plus intéressante en grotte hydrothermale) .

Grotte Baharden

Il est situé au sud-ouest du Turkménistan dans la chaîne anticlinale avancée de Kopetdag (crête de Kou), composée de calcaires du Jurassique supérieur poussés au-dessus de gisements paléogènes. La grotte est connue depuis la fin du 19ème siècle, mais son étude karstologique spéciale n'a pas été réalisée.

La grotte a été examinée en 1976 par les géologues V.N. Dublansky, L.P. Gorbach, I.V. Lykova et les spéléologues d'Achgbat (présidé par G.A. Nasyrov); La description de la grotte a été réalisée par V.N. Dublansky [5].

La grotte Baharden est posée dans l'épaisseur des calcaires dolomitiques et argileux d'Oxford-Kimmeridge avec des intercalations de gypse et d'anhydrite. Cinq arceaux de plâtre d'une épaisseur de 1,2 à 2,5 m ont été découverts dans sa voûte. Les calcaires tombent à 30 ° C sous des angles de 60 à

65 °. Ils sont disséqués par des fissures orientées nord-ouest 300 et 310 ° avec des angles d'incidence de 30 ° au sud-ouest et de 60 ° au nord-ouest. Les fissures de la literie et les fissures tectoniques du premier groupe ont provoqué des sections transversales triangulaires caractéristiques de la cavité, les fissures du deuxième groupe ont provoqué les affleurements de blocs calcaires et un profil longitudinal complexe de la grotte (Fig. 1). Les fissures subverticales avec une orientation C-B de 30–40 ° ont une grande influence sur la morphologie de la grotte, apparemment associées à des failles transversales discontinues traversant la crête de Kou. Le long d'eux, la nappe phréatique est déchargée par une petite source thermale située à 650 m au nord de la grotte.

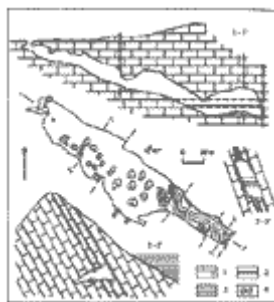


Fig. 1 Plan et sections de la grotte de Barkharden (d'après V.N.Dublyansky, 1979):

1 - calcaire, 2 - gypse, 3 - limon, 4 blocs en vrac.

Ainsi, la grotte de Barkharden a été aménagée à l'intersection de la ligne longitudinale de poussées et de failles antérieures au Pliocène moyen et du système de failles du Pliocène supérieur au Quaternaire précoce. Cela détermine l'heure probable du milieu du quart de la grotte.

La grotte Baharden comprend un hall de 250 m de long, 69 à 55 m de profondeur (par les entrées supérieure et inférieure), 12 à 50 m de large, 6 3 000 m² de surface et 4 à 26 m de hauteur. Le volume de la grotte est de 75 000 m³, volume spécifique - 300 m³ / m. Le versant nord de la crête de Kou coupe obliquement le hall de la grotte, ce qui en fait cinq entrées infructueuses. Dans la partie sud-est de la salle se trouve un lac souterrain de 75 m de long, 8-23 m de large, 1050 m² de surface et 2 à 14 m de profondeur. Le volume d'eau du lac est de 6 500 m³, le débit de la source qui y est raccordée est de 30 l / s, le coefficient d'échange d'eau (à partir d'avril 1976) 0,4 fois / jour. Des traces sur les murs et des données littéraires indiquent qu'au cours d'un siècle, les fluctuations du niveau des lacs ont été de -1,5 ... + 5 m par rapport au niveau de 1976.

La minéralisation moyenne de l'eau dans le lac est de 2630 mg / l avec une composition chlorure-sulfate-calcium-sodium, une teneur significative en acide silicique (jusqu'à 147 mg / l), en strontium (50,6 mg / l) et en sulfure d'hydrogène (10,5 mg / l). Le pH est de 7,4, eH - 127 mw. L'analyse spectrale du résidu sec montre la présence de 25 éléments (Na, K, Cu, Mg, Ca, Sr, Ba, B, Al, C, Si, Ti, Zr, N, P, V, O, S, Cr, Cl, Mn, Br, Fe, Co, Ni). Cette combinaison d'oligo-éléments à une température de l'eau de 35 à 37 ° C suggère une activité biologique élevée. En balnéologie, il n'a guère été étudié [12].

Le microclimat de la grotte est formé sous l'influence de l'air atmosphérique plus froid (janvier + 0,7, juillet + 32 ° C), ce qui déplace l'air de la grotte chauffé et saturé en sulfure d'hydrogène. Son humidité relative est proche de 100%.

Dans la grotte de *Bakharden*, il y a des chauves-souris (selon les estimations, il y en avait plus de 37 000), des pigeons, des nids et des rouleaux bleus. Sur le sol de la grotte, des groupes de chauves-souris et d'oiseaux guano couvrent une superficie de plus de 1 300 m². L'offre totale de guano dépasse 670 m³ [12].

En raison des faibles précipitations dans la région (moins de 300 mm par an), la partie sèche de la cavité était peu traitée par les eaux douces. Les dômes de corrosion ne sont apparus que dans les zones de fracturation tectonique, où ils ont été posés principalement le long de lits de gypse et reliés par l'action de l'eau de condensation. La situation hypergénique et biochimique spécifique contribue à la formation de cristaux de gypse gris, jaunâtre-gris et blanc sur les parois de la grotte. Divers néoplasmes ont également été trouvés dans les limons du fond du lac [17].

L'origine hydrothermocarstique de la grotte de *Baharden* est mise en évidence non seulement par les matériaux de son étude, mais également par les données d'études hydrogéologiques de la ligne thermique dite de Kopetdag [4].

La grotte *Bakharden* est aménagée pour les touristes, elle est électrifiée et organise des bains informels. Il est nécessaire d'étudier ses régimes hydrogéologiques et microclimatiques afin de déterminer les caractéristiques balnéologiques. Il est nécessaire de protéger plus strictement ce monument naturel unique.

Grotte du Cap Coutan

Pendant de nombreuses années, V.A. Maltsev avec des collègues [13-15. 26-28 et autres.]. Au fil des années, le comité de rédaction lui a proposé à plusieurs reprises de rédiger un article pour la collection de Caves. En l'absence de réponse, une traduction abrégée de l'article de V.A. Maltsev d'après les monographies de K. Hill et P. Forti [23]; à partir de là, le plan de la grotte a été emprunté - (*environ. ed. "Caves"*).

La grotte de *Kap-Kutan* est située au sud-est du Turkménistan, sur le versant de la crête de Kugitangtau (éperon du sud-ouest de la crête de Gissar). La crête s'étend du sud au nord, passant progressivement de 1000 à 3000 m; c'est une cuesta avec des pentes douces occidentales et orientales, formées de calcaires du Jurassique supérieur de la Formation de Kugitang

atteignant 500 m d'épaisseur, stratifiés sur le calcaire au-dessus des gypses et des anhydrites de la Formation de Gaurdak, conservés sous forme fragmentaire uniquement au pied de la partie sud de la crête [4].

Les perturbations tectoniques divisent la pente de la cuesta en blocs qui forment plusieurs étapes. Ils ont aménagé des dizaines de canyons secs d'une profondeur d'un demi-kilomètre. Les canyons passent au-dessus de la grotte sans l'ouvrir.

Le climat de la région au pied des montagnes est semi-désertique, à leur sommet - alpin. À une altitude de plus de 1 500 m en hiver, des champs de neige se forment qui fondent

complètement en été. L'eau est filtrée à travers les fissures et les cavités, laissant sous forme de sources dans les canyons de la partie inférieure de la crête.

La grotte de *Cap Coutan* est mentionnée pour la première fois dans la «bibliothèque de l'historien» par Diodorus de Sicile (1er siècle av. N.A. a écrit à son sujet Gvozdetzky [3], qui la considérait comme la plus longue grotte de l'URSS (environ 10 km). Certains chercheurs ont estimé que *Cap Kutan* est la plus grande grotte d'Asie centrale [11].

À présent, le système *Kal-Kutan* comprend cinq grandes et environ 20 plus petites cavernes. Les plus grandes sont *Cap-Kutan-Intermediate* (55000 / -310 m), *Hashim-Oyik* (8000 m) et *Geophysical* (4000 m).

Évidemment, tous sont des fragments d'un seul système dans lequel plusieurs entrées naturelles situées sur les côtés des canyons, ainsi que des tunnels artificiels, passaient pour l'extraction du plomb onyx en marbre (Fig. 2).

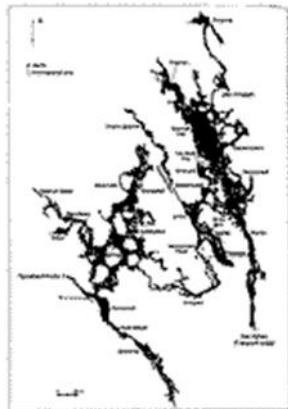


Fig. 2 Plan du système Cap-Kutan (d'après V. Maltsev) [23]

Morphologiquement, les grottes de *Cap Kutana* sont de grandes salles (jusqu'à 260 × 70 × 25 m), reliées par de vastes labyrinthes volumétriques, constituées de petits passages tubulaires. Il n'y a actuellement aucun flux actif dans la grotte. Sous les canyons, plusieurs petits lacs sont connus [26]. Le microclimat de la grotte est peu étudié. En 1996, la température de l'air dans la grotte variait de + 11 ° C (dans la partie d'entrée) à + 23 ° C dans les parties les plus éloignées du labyrinthe et son humidité relative était comprise entre 60 et 70%. La stabilité de l'hydrologie et le microclimat de la grotte contribuent à la formation et à la préservation d'une minéralisation unique dans la grotte.

Les caractéristiques minéralogiques et géochimiques uniques des dépôts de grottes sont associées à diverses sources de matière. Le principal "fournisseur" de la substance carbonatée était du calcaire contenant du goudron. Des éléments tels que S, K, Na, Sr, Cl et F peuvent être associés à une activité hydrothermale. Les restes de la couverture des dépôts d'évaporite pourraient également jouer un rôle important dans leur approvisionnement [13, 15, 26].

La genèse du système *Kap-Kutan* est complexe et n'est pas entièrement comprise. Au premier stade du karsting (peut-être à la fin du Crétacé), des labyrinthes phréatiques de la grotte ont été formés, qui ont ensuite été remplis de matériau argileux. Du Pliocène supérieur au milieu du Quaternaire, le territoire a connu des élévations et la grotte a été rajeunie. La minéralisation hydrothermale de calcite, fluorite et sulfure est associée à cette époque. Le nombre et la densité des veines de fluorite trouvées dans la grotte sont presque d'un ordre de grandeur supérieur à ceux de la surface du massif. Comme le montre l'étude des inclusions gaz-liquides, de la fluorite a été déposée à une température de solutions de 150 à 200 ° C. Les données sur la composition isotopique de l'oxygène dans la calcite hydrothermale [23] indiquent également que les solutions minéralisées étaient d'origine

profonde. La variété de minéralogie actuellement observée est associée précisément à la cristallisation dans ces eaux ou à la transformation ultérieure des gisements hydrothermaux. Bientôt suivie d'une phase "sèche" qui se poursuit encore aujourd'hui.

Six associations minérales majeures ont été identifiées à *Cap Coutana* :

- conventionnel (redéposition du matériau des roches indigènes englobantes);
- transit (redéposition à partir de dépôts sus-jacents);
- thermiques (formés lors de l'invasion de solutions hydrothermales à une température de 180 à 100 ° C, ont survécu jusqu'à ce jour en raison de la sécheresse du microclimat de la grotte);
- post-thermique (minéraux hydrothermaux partiellement traités par des processus ultérieurs);
- «Chasseur» (matériau rouge et moelleux recouvrant les murs et les arches de la grotte, produit de la corrosion par l'alumine, qui constitue un environnement biologique actif) ; Le terme "garde" A.A. Remplacé les sept piquants par un plus harmonieux - KGO (formations d'argile rouge) - *env. ed. "Grottes"*
- autres (minéraux d'origine technogénique et biogénique).

La plupart de ces minéraux n'ont été décrits qu'à la fin du XXe siècle, seuls les plus grands halls présentant des formes de goutte à goutte et de sève ayant déjà été étudiés. À ce jour, une riche minéralisation caverneuse avec des minéraux rares d'origine hydrothermale et biogénique a été découverte. L'étude des minéraux au *Cap Coutana* n'est pas terminée: il

existe environ une douzaine de silicates et de carbonates non explorés et non identifiés. Il est possible que 4 à 5 d'entre elles soient de nouveaux minéraux de cavernes et que 2 à 3 deviennent de nouvelles espèces de minéraux. *On distingue* deux types principaux de minéralogie inhabituelle de *Cap-Kutan* : les « chasseurs » et les silicates de zinc + fluorite.

« Ohher » est une substance organominérale de composition et de structure variables. La couche externe d'ocre (1-3 mm) est constituée de sable de gypse, qui forme une croûte sans structure. La deuxième couche (1-100 mm) - moelleuse et poreuse - se caractérise par des changements de couleur allant du rouge vif à l'extérieur au marron à l'intérieur. Cette couche est une zone vitale de la bactérie *Tiobacillus* (trois espèces différentes) oxydant le soufre, qui accumule Fe et Mn. La troisième couche est jaune ou jaune brunâtre (jusqu'à 200 mm). Il est beaucoup plus dense que les couches sus-jacentes. Des minéraux instables y apparaissent - soufre naturel, plusieurs sulfures et minéraux tels que la kaolinite, la chlorite et la jarosite. La quatrième couche est mince, du gris foncé au noir. Il n'a pas encore été suffisamment étudié, mais il contient probablement des précipités de sulfure. La couche interne est constituée de calcaire fortement altéré avec des traces de modification bactérienne active.

La seconde caractéristique de la *minéralogie* de *Cap-Kutan* est la présence de silicates de zinc et de fluorite. Lorsque la fluorite formée à un stade hydrothermal antérieur entre dans la zone des ocres, elle corrode H_2SO_4 et génère du gaz HF. En conséquence, des effets chimiques inhabituels se manifestent, une « poussière » de fluorite et de très rares

minéraux silicatés sont formés: coconite - $Zn_3[Si_4O_{11}][OH]_2 \cdot nH_2O$ et Friipontite - $(ZnAl)_3[SiAl]_2O_5[OH]_4$.

De la grotte de *Kap Kutan* 36, certains et plusieurs minéraux incertains sont connus. Ce sont des éléments natifs (soufre); sulfures (galène, métacinabarite, pyrite); oxydes (glace, quartz, goethite, hématite, oxydes de manganèse); les hydroxydes (gibbsite, fluorite); les carbonates (calcite, aragonite, ankérite, cerrusite, dolomie, hydromagnésite, hantit, sidérite); phosphates (non déterminé); les silicates (allofan, illite, chlorite, kaolinite, chrysotile, lysardite-chrysotile, freipontite, montmorillonite, coconite); sulfates (gypse, epsomite, ferroxahydrate, baryte, jarosite, ténardite); les vanadates (tuyamuyunit); formations organiques (momie). Ils forment presque toutes les formes connues de spéléotomes (à l'exception de la glace de sublimation) et donnent également des spéléoformes uniques, dont les conditions de formation sont encore discutables. Il s'agit de stalactites à ruban, de pseudostalactites d'aragonite, de candélabres, de stalagmites de gypse monocristallin, de helictites, d'éphémères (« neige » de gypse et d'epsomite), d'écorces et de rebords de murs, de stalagmites creuses, de crêtes (« nid d'abeilles »), de sable « fluorite », " Stars ", miroirs de sulfure.

La grotte de *Cap-Kutan* est unique par sa minéralisation. Malheureusement, en 1972-1981, plus de la moitié de l'onyx de marbre de la grotte de *Kap Kutan* a été détruite pour produire des carreaux décoratifs. Maintenant, la grotte est protégée par un parc national. A exploré ses nouveaux domaines, non moins beaux que détruits.

Caves Baysuntau Ridge

Description de la zone compilée à partir des matériaux de A.S. Vishnevsky et monographies [22]

Jusqu'en 1970, la profondeur des grottes d'Asie centrale n'excédait pas 200 m (l'excavation de Fersman). Dans les années 70 Les spéléologues ont découvert sur la crête Kirk-Tau la première mine profonde (environ 1 km) de Kiev. Travaux d'exploration 70-80 ans sur h. Pierre le Grand, Malguzar, Darvaz, Hissar, Ougam, Pskem et d'autres n'ont pendant longtemps pas donné de résultats significatifs: seulement sur la crête. Karzhantau a atteint une profondeur de -270 m.

Dans les années 80 Les études ont commencé sur la crête de Baysuntau, qui fait partie des éperons de la crête de Gissar. Il est constitué de plusieurs massifs monocliniques (30–50 km de long, tombant vers l'ouest avec des angles compris entre 15 et 30 °) de 2,4–3,8 km de haut. Les massifs de Ketmen-Chapty (la partie sud-ouest de la crête), Khoja-Gur-Gur-Ata (partie médiane) et Chul-Bair (partie est) forment des plaques poussées les unes sur les autres, dans lesquelles la section géologique se répète: des granites se trouvent au fond, sur eux Des conglomérats et des grès du Trias et du Jurassique inférieur sont situés au-dessus, surmontés de calcaires du Jurassique, recouverts par endroits de mudstones du Crétacé et de grès de Néogène. Le réseau hydrographique des massifs comprend les affluents de l'Amu-Darya, qui sont principalement enneigés. Chaque chaîne de montagnes de la crête représente un système hydrogéologique indépendant constitué d'un monocline calcaire, sur lequel se trouvent des roches triasiques et paléozoïques résistant à l'eau. Des massifs séparés sont drainés par des sources situées à 1000-

1800 m en dessous de leurs crêtes (source Machai sur Ketmen-Chapty, 1300 m; Kurgancha sur Chul-Bair, 1455 m, etc.). Ils ont des débits allant jusqu'à 100 l / s et des températures estivales de 10 ° C. La présence de systèmes hydrogéologiques dans certains cas est prouvée par des expériences de coloration.

Dans le relief des plages, on différencie les formes de différentes générations. Les plus anciennes sont de petites voitures de neige dans les massifs calcaires, parfaitement conservées à haute altitude; de grandes vallées se sont développées le long des pentes; Gorges profondes coupées les pentes des chaînes (moyenne et basse altitude). Toutes ces macroformes se sont formées dans des conditions plus froides et plus humides que les conditions modernes. Elles se superposent aux méso et microformes karstiques, représentées par diverses carras et entonnoirs individuels et arrondis, d'un diamètre allant jusqu'à 10 m, et concentrées sur les pentes jusqu'à ce qu'elles soient anciennes. Les entrées des grottes sont facilement sur les pentes abruptes orientales du nord (10 à 200 m du sommet de la falaise, près du contact des calcaires jurassiques et des grès triasiques), ainsi que sur le réseau de leurs pentes occidentales.

En 1981, Sverdlovsk spéléos (réseau principal. AF Ryzhkov, A. Wisniewski et autres). Ketmen-Chapty *Zindan* (Open top of 3100 mètres, source de Machala 1800 m en dessous). Il a été étudié jusqu'au 1er siphon (-300 m); plus tard, le siphon était achevé sans équipement de plongée et longueur de la grotte augmentée de 1,5 km. En 1982, le blocage a été surmonté, un siphon et les passages suivants de 0,5 km ont été franchis et le deuxième siphon (-520 m) a été atteint. En 1983, les

spéléologues étaient arrêtés par le 3ème siphon infranchissable (-560 m). Le système s'appelait *Ural* (2500 / -560).

Les entrées des grottes du massif de Khoja-Gur-Gur-Ata se situent principalement du côté est de la côte, à une altitude comprise entre 3 400 et 3 200 m. Pour pénétrer, vous devez utiliser le matériel d'escalade. À une distance de 21 km, environ 50 grottes ont été découvertes avec une longueur totale de plus de 26 km et une profondeur de 2,5 km. Termes de taille dans la chambre, le Système *festival-Icefall* (13000 / -625) se distingue Parmi eux ; *Dark Star* grottes (2086 / -83), *Uchitelskaya* (2500 / -135), *Ulugbek* (2000 / -240), *Yubileinaya* (2200 / -210), *Prima* (1940 / -305), *Berloga* (1600 / -160), *Isetian* (1500 / -220), ainsi que la *Grotte Sainte* (115 / + 21) [22].

En 1987, dans le massif du Chul-Bair, la grotte de *Boy-Bulok* a été franchie jusqu'à -420 m. En 1988, il était passé jusqu'au 1er siphon (-600 m), surmonté sans équipement de plongée, et plus de 2 km de nouveaux passages ont été découverts. En 1989, une expédition conjointe avec des spécialistes italiens

a effectué un levé théodolite de surface, un nivellement hydraulique de passage et son passage au 2e siphon. En 1990, the spéléologues english open plate, V. Platonov a bloqué le blocage jusqu'à la partie nouvelle (+222). En 1991, une profondeur de -520 a été atteinte dans la nouvelle galerie, un puits de +70 mai franchi au sommet et en 1992, les options de grotte étaient de 14270 / -1415 (-1158 ... + 257) [7]

Toutes les grottes de la région ont une structure similaire. Il s'agit de galeries étroites, inclinées, sinueuses, aménagées en fonction de la chute ou du soulèvement de couches de calcaire ou le long de fissures concomitantes, ou de canyons aménagés le long de fissures de clivage. Il existe parfois un nombre flou d'étages (*Yubileinaya*) et, à l'intersection des fissures, de grandes salles sont formées avec des accumulations de glissements de terrain au fond (*tunnel*, *grotte sacrée*). Les caractéristiques des grottes de la région sont illustrées à la Fig. 3-5.



Figure 3-4. Coupe et plan de la partie centrale du massif Khoja-Gur-Gur-Ata [22].

Fig. 5 Planifiez (A) et sectionnez (B) le système Boy-Bulok.

Les puits intérieurs sont rares et petits (5 à 10 m). Seule la grotte *Ulug-Bek* se termine par un puits en cascade de cent mètres. Les cavités de la région sont caractérisées par des sections et des microformes qui sont habituelles pour les conditions de formation phréatiques (*Ensegnant*).

La hauteur de la ligne de neige dans cette partie de l'Asie centrale est comprise entre 3700 et 3900 m et la température de l'air des grottes localisées aux altitudes les plus élevées est proche de 0 ° C. Des mesures systématiques ont été effectuées uniquement dans la grotte *Ulugbek*. Dans sa partie entrée, la température est de -0,8 ° C, ce qui entraîne l'apparition de formations de frittage de glace abondantes. L'eau n'apparaît qu'à une profondeur de -150 m.

Les dépôts des grottes de la région sont relativement pauvres. Ce sont des produits d'altération thermique (il y en a surtout beaucoup dans les parties d'entrée des cavités qui s'ouvrent sur les falaises), en bloc (*Eagle*, *Tunnel*, *Grotte Sacrée*, *Uchitelskaya*, etc.), des os d'animaux (y compris un ours), de la glace d'origines diverses (*Dark Star*, *Ulugbek*), perles dans les bains de gurs (*Festivalnaya*), petite natki.

L'une des particularités de la région est la présence sur la crête de Baysuntau de trois sites empreints d'empreintes de dinosaures (jusqu'à présent, des empreintes de dinosaures ont été découvertes en Géorgie près de la grotte *Sataplia* et au Turkménistan près de la grotte *Cap Kutan*). Les empreintes

appartiennent à trois dinosaures d'espèces différentes. La plupart d'entre eux ont laissé trois pattes d'une taille comprise entre 50 et 70 cm, la longueur moyenne des pas étant d'environ deux mètres. La taille de la piste et la longueur des marches indiquent que les dinosaures ont atteint une hauteur de 7 m. Des traces similaires ont été laissées en apparence par le nord-américain *Tyrannosaurus* ou le mongol *Tarbosaurus*. Ce site mérite des recherches spéciales.

La question de l'origine des grottes de la région n'a pas encore été résolue. Les spéléologues italiens qui les ont examinés en 1989 pensent qu'ils représentent tous les voies de drainage verticales des eaux enneigées en fusion" [22]. Le développement de grottes proches de l'aquicore, la nature "phréatique" de nombreuses coupes transversales et la grande taille des cavités suggèrent que la plupart d'entre elles sont apparues lors de l'absorption d'anciens cours d'eau de surface, qui ont une grande aire d'alimentation dans des roches non karstiques. Dans le Néogène-Quaternaire, ces cavités ont apparemment été ouvertes par de plus récentes cavernes glaciaires-nivales. Actuellement, le type prédominant de nutrition est la condensation.

Ainsi, la crête de Baysuntau est l'une des régions spéléologiques les plus intéressantes d'Asie centrale, dont les possibilités sont loin d'être épuisées.

Grottes du massif de Tyua-Muyun

Le massif de Tyua-Muyun est l'un des objets spéléologiques les plus intéressants de l'Asie centrale. Il est connu pour son paléokarst minéral et non métallique à basse température et hydrothermal. Une littérature abondante lui est consacrée, dans laquelle sa géologie et sa minéralogie sont examinées en détail.

Le massif de Tyua-Muyun est un bloc de calcaires de carbone inférieur, allongé dans le sens de la longitude, d'une largeur maximale de 600 m, presque verticalement, fragmenté en blocs, marbré, brécifié, coupé par des filons de calcite. Ils sont pris en sandwich entre les rochers de la couche d'intercalation du Paléozoïque (schistes carbonés et argileux, grès, schistes siliceux, calcaires à couches minces, roches effusives), séparés d'eux par des failles et séparés par l'érosion [8, 9, 10, 17, 18].

La surface du massif est un plateau légèrement incliné vers le nord, d'une hauteur absolue moyenne de 1 400 mètres, et qui plonge à l'ouest sous des sédiments paléogènes-quaternaires (conglomérats, cailloux, grès, loams, etc.). La rivière Aravan traverse le massif dans sa partie centrale, formant un étroit canyon Dangi d'une profondeur d'environ 300 m.

Le karst ouvert du massif se développe sur une superficie de 2500 × 250 × 600 m et est représenté par des fissures à

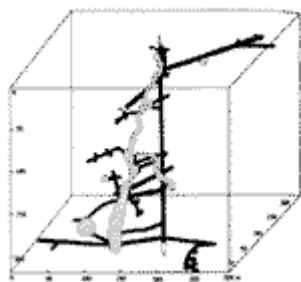


Fig. 6 La caverne de Fersman.

- 1 - cavités remplies de corps minéralisés;
- 2 - travaux artificiels.

Le tournage a été réalisé par J. Khromas, Yu. Dublyansky, A. Chaplygin, K. Bolner et S. Kraus [21].

La cavité karstique, qui était auparavant presque entièrement remplie de minéral, puis libérée pendant les opérations minières, part de la surface avec le *Central Laz* (puits vertical, 0,0 m), le *Western Lazey* (-1,5 m) et la *marche chinoise*. (-5,2 m). Ils mènent à la partie supérieure de deux puits verticaux subparallèles d'une profondeur d'environ 35 m et d'un diamètre de 3 à 8 m. En raison de l'abondance sur les parois du minéral Tyuyamunit (avant le développement de la mine), cette partie de la cavité s'appelait la *grotte jaune*. Il a été développé comme un gisement de cuivre du II^{ème} siècle. BC e. Plus en profondeur, la substance minérale remplit complètement la cavité en forme de tube; seulement dans certaines parties de la paroi de la cavité ont divergé et dans la partie axiale de la cavité est resté un espace ouvert. Au fur et à mesure que la mine s'approfondissait, ces zones s'ouvraient et s'appelaient *Green Cave* (en raison de l'abondance de la turanite minérale et des carbonates de cuivre) et *White Cave* (en raison de l'abondance de cristaux de gypse fibreux blancs). Au niveau de -39 m, les *grottes vertes* et *jaunes* s'unissent et passent dans un puits fortement incliné d'un diamètre de 3 à 7 m. L'expansion de la cavité à une profondeur de -125 m a été appelée par la *grotte de l'académicien Fersman*. Plus tard, ce nom a été utilisé pour tout le système de mouvements naturels et artificiels de la mine.

dissolution dilatée et de petites niches (taffoni). Les grandes formes souterraines sont représentées par cinq grottes [21], ainsi que par un certain nombre de petits fragments de cavités, partiellement ou complètement remplis à la suite des travaux miniers et géologiques de la mine Tyuy-Muyunsky.

Grotte de Fersman (4580 / -219 m). En 1979, une expédition internationale *explora la grotte de Fersman* avec la participation de karstologues et de spéléologues de l'URSS, de la Hongrie, de la Tchécoslovaquie, de la Pologne et de l'Autriche [21]. Description des grottes réalisées par Yu.V. Dublansky.

Il est situé à environ 2 km à l'ouest de la gorge de Dangi. La grotte a été exploitée comme un gisement de radium, puis d'uranium à partir du début du XX^e siècle. À la fin des années 50 elle était complètement préparée et liquidée (les entrées étaient posées ou sautées).

Une étude détaillée vous permet de restaurer la structure de la grotte de *Fersman* (Fig. 6). La longueur totale des anciennes cavités et travaux karstiques dans le système de *Fersman* est de 4130 m.

Pour assurer l'exploration dans le massif, un certain nombre de travaux miniers ont été achevés. Leur base est le puits vertical d'une mine d'une profondeur de 219,4 m, qui permet d'en passer à des mines souterraines situées à différentes profondeurs. À travers l'un d'entre eux, posé à l'entrée par de la maçonnerie, l'accès au système est maintenant fait (repère -39 m). À partir de -135 m, la mine principale est bouchée par des débris (résultant de la liquidation de la mine) et infranchissable. À partir de la galerie à -125 m, vous pouvez vous diriger vers les parties les plus profondes de la cavité karstique par des excavations verticales, d'une part à la galerie du niveau -139 m, puis jusqu'à la galerie karstique subhorizontale à -147 m. dans la partie inférieure, elle est aplatie et se termine à -184 m (*face nord*). La partie sud de la galerie s'agrandit progressivement et passe dans un puits incliné de plus de 60 m de profondeur et de 16 m de diamètre et se termine à -220 m (*face sud*), où la pénétration s'est arrêtée en raison du fort afflux. Les forages effectués directement à partir du front ont montré que le gisement de minéral karstique se maintient au moins 100 m en dessous de ce niveau [7]. La galerie nord-est (-39 m) et les galeries situées à -164 m et -202 m ouvrent des cavités karstiques isolées de différentes tailles (jusqu'à 25 m de diamètre). L'idée de la longueur des travaux à différentes profondeurs donne la [table](#).

La cavité ouverte lors du développement du corps minéralisé a une longueur totale de plus de 450 m et une morphologie, en général, habituelle pour les cavités karstiques. Sa particularité est le développement en plusieurs étapes - d'abord par des solutions descendantes, puis par des eaux thermales de bas en haut, et enfin par des eaux descendantes du karst [7, 18, 19].

Les galeries supérieures et les passages du système sont secs. Les mines ont traversé le niveau des eaux souterraines à une profondeur de -174 m, ce dernier ayant ensuite été abaissé de 45,5 m par un couloir de drainage exploratoire. Le sol des ouvrages souterrains de l'étage inférieur est recouvert d'eau jusqu'à 1 m de profondeur, puis traverse un canal de drainage avec un débit de sortie d'environ 15 l / s et une température de 20,5 ° C [20].

Actuellement, il reste peu de dépôts dans la cavité qui ont survécu après l'extraction du corps minéralisé. Les formations minérales de la grotte *Fersman* ont un caractère karstique prononcé. La section commence par une couche de calcite en colonnes qui se développe sur les parois de la cavité. Sur celle-ci ou directement sur le substrat rocheux, se trouvent des intercalaires en marnes de couleur rouge-brun et gris-rosé, ainsi qu'en calcite finement jaune et blanche. Des galets de silex sont présents dans certaines zones d'intercalaires de marnes. Ces dépôts ne sont présents que dans la partie couchée du canal karstique. Aux endroits où se rencontrent des déformations horizontales et des prolongements de canaux, ils ont une grande puissance et disparaissent complètement dans les pentes abruptes.

Les éléments suivants de la section présentent un caractère axisymétrique prononcé: sur la croute en colonnes de calcite et de stalagmite se trouve une couche de «marbre minéral» (agrégat moyennement cristallin de couleur gris foncé, composé principalement de calcite, enrichi en uranium-vanadates). Sur le "minerai de marbre" se trouve une couche de barytine feuillue brun rougeâtre (la couleur est due à la

présence d'hématite dispersée). Plus près du centre du canal, il se transforme en une barytine transparente de couleur jaune miel ou incolore, formant souvent de gros cristaux tabulaires (plusieurs centimètres). Au-dessous de 160 m, entre la baryte rouge et jaune, se trouve une couche intermédiaire de quartz-hématite. Des signes de sédimentation gravitationnelle réapparaissent dans les dépôts de la partie axiale de la cavité: on trouve souvent des brèches provenant de fragments de baryte rouge et jaune précoce, cimentées par des dépôts en couches d'onix cavernicoles.

En 1909-1910 K.A. Nenadkevich a décrit trois nouvelles espèces minérales dans des échantillons de Tyuya-Muyun: la turanite, la alaïte et le tyuyamunit. En 1989, sur la base d'une analyse de la composition chimique des eaux, Tyuya-Muyuna V.N. Dubljansky a suggéré la présence de carnotite ici, ce qui a été confirmé par la suite par des études minéralogiques: V. Tsilek (Prague) a identifié la carnotite de Tyu-Muyun en association avec tyuyununit et la tangénite.

Les grottes restantes du massif des grottes, à en juger par la morphologie, sont d'origine phréatique.

Bolshaya Baritovaya (114 / -56 m, [Fig. 7](#)). Situé sur le versant sud du massif. Cela a commencé avec une mine verticale de 20 mètres (actuellement ouverte par un adit). Les parois de la grotte étaient presque entièrement recouvertes d'une épaisse écorce de cristaux scalénoédriques de calcite hydrothermale (d'une taille allant jusqu'à 30 à 45 cm) ainsi que de cristaux de baryte. Il y a des traces d'une dissolution ultérieure et apparemment phréatique. À certains endroits, une surface de dissolution lisse «coupe» de manière uniforme les calcaires primaires et la calcite hydrothermale. Dans la partie inférieure de la cavité, une couche d'argiles rouge-brun d'une épaisseur de plusieurs mètres s'est déposée. A ce jour, la grotte est presque complètement pillée [16].



Fig. 7. Plan (a) et section (b) de la grotte Bolshaya Baritovaya.

Adzhidar-Unkur (grotte du dragon, 80 / -26 m). Il est situé sur le versant sud du massif au-dessus de la *grotte de Barite*. Les dépôts hydrothermaux se développent de manière limitée et sont représentés par des masses denses de «plaques de calcite».

Chon-Chunkur (60 / -35 m). Situé sur le versant nord escarpé du massif. Les murs de la grotte sont recouverts de corallites (maïs soufflé), appartenant à la phase jeune de la minéralisation. Dans le hall à l'entrée de la grotte, il y a une couche de loess de deux mètres d'origine éolienne.

Surprise (220 / -80 m). Situé à tribord du canyon Dangi. Une grotte tridimensionnelle complexe atteignant, dans la partie inférieure, le niveau des eaux souterraines karstiques. Les dépôts hydrothermaux sont représentés par de la calcite

scalénoédrique, apparemment homologue au marbre "à minerai" de la grotte de *Fersman*. Les cristaux sont plus petits que dans la grotte *Big Barite* (généralement moins de 10 cm).

Les recherches sur la grotte de *Fersman* et d'autres cavités karstiques de la région permettent de distinguer plusieurs étapes du massage du massif.

La spéléogenèse pré-minérale (crétacé tardif-oligocène) s'est développée dans des conditions de terrain montagneux fortement disséqué. En raison des activités des eaux gravitationnelles descendantes, des cavités subverticales de morphologie vadose d'une longueur considérable se sont formées (dénivelées à plus de 250 m). La direction générale du mouvement de l'eau dans le massif est d'est en ouest. Actuellement, les premières cavités sont partiellement ou

totalement remplies de dépôts mécaniques d'eau lithifiée (grottes du canyon Dangi, *Fersman*).

Au stade de la spéléogénèse hydrothermale, des cavités *Surprise* et *Bolshaya Baritova* se sont formées, ainsi que des vides sphériques sur les côtés nord et sud du massif. Les grottes formées le long des cavités du karst froid d'avant le minerai acquièrent une morphologie généralement non caractéristique de l'hydrothermocarst.

Au stade de la spéléolithogénèse, des solutions de calcite hydrothermale sur les parois de cavités sont formées à partir de solutions à une température de 80-30 ° C [7].

La déposition de la baryte et de la baryte à grain grossier jaune vif, déjà formée à partir de solutions froides (moins de 30 ° C) a ensuite commencé.

Les cavités du karst hydrothermal sont inertes vis-à-vis des étapes ultérieures de la formation du karst. Leur canal axial est relativement rapidement rempli de sédiments argileux et, par conséquent, de jeunes canaux karstiques se développent dans les calcaires à proximité immédiate d'anciennes grottes, n'entrant qu'occasionnellement dans leurs zones non remplies (grotte de *Fersman*).

Une minéralogie brillante et inhabituelle et une histoire de développement très intéressante font des grottes de Tyuya-Muyuna un terrain d'essai idéal pour des recherches minéralogiques sérieuses.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- Berkeliev T.K. Genèse de la fluorite dans les grottes de Kugitangtau // Bulletin de l'Académie des sciences du Turkménistan. 1995. vol. 2.
- Berkeliev T.K., Pautov L.A., Ignatenko K.I. Freipontit - situé au Turkménistan // Mineralogical Journal. 1992. V. 12.
- Gvozdetsky N.A. Karst. M.: Geografiz, 1954.
- Géologie de l'URSS. Turkménistan M. : Nedra, 1972. T.KHP.
- Dublyanskiy, V.N., Bakharden Hydrothermocarst Cave // Karst of Central Asia et pays de montagne. Tachkent, 1979.
- Dublyansky V.N., Gorbunova K.A. De l'histoire de la spéléologie russe // Grottes. Perm, 1999.
- Dublyanskiy Yu. V. Modèles de formation et de modélisation de l'hydrothermocarst. Novosibirsk: Science, 1990.
- Zaitsev I.K. Questions sur l'étude du karst en URSS. L. ; M., 1940.
- Kazansky V. I. Caractéristiques géologiques et structurales du gisement Tyuya-Muyun // Essais sur la géochimie et la géologie des gisements. M.: Nauka, 1970.
- Kirikov A.P. Tyuya-Muyunskoye champ de radium. L.: Édition du Geolcom, 1929.
- Kucheryavyykh V.I., Abdujabarov M.A. Kap-Kotan-2 - la plus grande grotte d'Asie centrale // Quelques aspects de la géographie physique du sud-ouest de l'Ouzbékistan. Samarkand: SamGU Publishing House, 1982.
- Maksimovich G. A. Principes fondamentaux des études sur le karst. Perm, 1969.
- Maltsev V.A. [Minéraux du réseau de grottes karstiques de Kap-Kutan \(sud-est du Turkménistan\)](#) // Stone World. M., 1993. N ° 1 (2).
- Maltsev V. Grotte de rêves, grotte de destin. Reflets du spéléo sous la forme d'une conversation libre. Nazran: Astrel, 1997.
- Maltsev V.A., Bartenev O.S. Résultats d'études minéralogiques dans le système de grottes Kap-Kutan au Turkménistan // Problèmes d'une étude approfondie du karst de montagne. Tbilissi: Metznireba, 1989.
- Mikhailov V.N. Karst du Kirghizistan. Frunze: Ilim, 1989.
- Rothko M.A. Géochimie de la grotte de Baharden // Numéro spécial d'études sur le karst, Moscou: maison d'édition de l'Académie des sciences de l'URSS, 1962.
- Fersman A.E. À la morphologie et à la géochimie des Tyu-Muyun // Tr. Commissions pour l'étude du radium et des minerais de radium. L., 1927.V. 3.
- Shcherbakov D.I. Travaux choisis. M. : Nauka, 1969.V. 1.
- Yushkin N.P. Minéralogie et paragenèse du soufre natif dans les dépôts exogènes. L.: Nauka, 1968.
- Dublyansky Y., Hevesi A., Hromas J., Kraus S., Mahanykova V., Mikhailov V., Mucke D., Sanykova V., Szekely K., Bo1ner T. Tyuya-Muyun (URSS, Kirghizie - Résultats préliminaires de les recherches spéléologiques effectuées par l'expédition internationale en 1989) // 10-th Int. Congr. Spéléol. 1990, Budapest. Vol. 3
- Grotte e Storie dell'Asia Centrale. Padoue: Centro Editoriale Veneto. 1992.
- Hi11 C., Forti P. Cave minéraux of the World, deuxième édition, Huntsville: NSS. 1997.
- Korshunov V., Semikolennykh A. Le modèle des processus spéléogénétiques, lié au RedOx bactérien des cycles sulfuriques dans les grottes de la crête de Kugitangtau // Percées dans la géomicrobiologie du Karst et la géochimie du RedOx. NY.: Institut de l'eau du Karst, 1994.
- Maltsev A., Korshunov V. Géochimie de la fluorite et caractéristiques connexes des grottes de la crête de Kugitangtau // J. of Cave and Karst Studies, 1998. Vol. 60. N ° 3.
- Maltsev A., V. Korshunov, Semikolennykh A. Le modèle de formation d'un système ressemblant à un sol dans les grottes de la crête de Kougitangtau // Proc. de 12-Int. Cong. de spéléologie. La Chaux-de-Fonds, Suisse, 10-17.08.1997. Vol. 1.
- Maltsev VA, Se1f CA Système de grottes Cupp-Coutan. Turkménistan. Asie centrale // Proc. de Bristol Speleol. Soc., 1992. Vol. 19 (2).

Informations envoyées à Philippe Crochet par Ann Bosted bosted@earthlink.net et Peter Bosted ivs17hi@gmail.com

Spéléologues américains qui sont allés au Turkménistan en 1990, accueillis par une équipe de spéléologues, le chef était Vladimir Maltsev, décédé depuis. Ils ont campé dans la grotte car c'était plus sûr que de camper à la surface. Ils y sont restés une semaine ou deux. Ce fut une véritable aventure, d'autant plus que l'URSS s'effondrait et qu'il y avait partout des signes de corruption et d'inefficacité. Un biologiste marin de l'expédition était Michail Pereladov. Un autre spéléologue fort était Jenya Voydakov (d'après un mél du 20/03/2023).

Sitographie communiquée :

http://www.fadr.msu.ru/caves/malpic_e.html

Un géologue britannique, Charlie Self, a collaboré avec Vladimir sur un article.

http://www.ubss.org.uk/resources/proceedings/vol19/UBSS_Proc_19_2_117-149.pdf

Voici quelques liens supplémentaires vers des résumés :

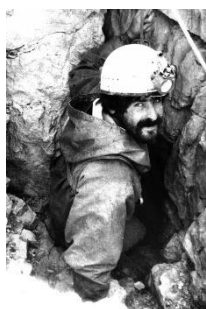
<https://legacy.caves.org/pub/journal/PDF/V52/v52n2-Maltsev-Malishevsky.htm>

<https://eurekamag.com/research/018/663/018663762.php>

http://www.caving-library.org.uk/catalogue/BCL/code/php/library.php?action=search&lib=&type=any&search=author&search_string=Vladimir%20A.%20Maltsev

<https://www.semanticscholar.org/paper/GEOCHEMISTRY-OF-FLUORITE-AND-RELATED-FEATURES-OF-Maltsev-Korshunov/866d7167a0453db8424eaa7ab39e7bb5653bd56d>

<http://www.klimchouk50.narod.ru/simple2.html>



Klimchuk Alexander Borisovich - données biographiques.

Directeur de l'Institut ukrainien de spéléologie et de karstologie, MONU et NASU, chercheur principal à l'Institut des sciences géologiques de NASU, premier vice-président de l'Union internationale de spéléologie (UIS), président de la Commission d'hydrogéologie du karst et de spéléogénèse UIS, rédacteur en chef du journal scientifique en ligne international «Speleogenesis et Evolution of Aquifères karstiques».

L'étude des phénomènes karstiques et des grottes naturelles est un domaine d'intérêt professionnel et vital.

Marié, a deux fils adultes (1976 et 1982), un petit-fils et une petite-fille. Femme - Yablokova Natalia Leonidovna, est impliquée dans la spéléologie depuis son plus jeune âge.

A.B. Klimchuk est né le 29 août 1956 à Odessa. Après avoir obtenu son diplôme d'études secondaires à Kiev en 1972, il a rejoint l'Institut des sciences géologiques de l'Académie des sciences de l'Ukraine, où il a travaillé jusqu'à récemment et auquel il est toujours associé. En avril 2006, il a été nommé directeur de l'Institut ukrainien de spéléologie et de karstologie, récemment créé, MONU et NASU, basé à l'Université nationale Taurida de Simferopol. En 1996-1998, il a été chercheur invité et professeur à l'Université de Padoue (Italie). De mai 2006 à mars 2007, il était aux États-Unis en tant que «scientifique invité exceptionnel» (nom officiel du poste temporaire) à l'Institut national américain de Cave and Karst. Institut de recherche et des mines et de la technologie du Nouveau-Mexique.

En 1973, il entra à la faculté géographique de l'Université d'État de Kiev. TG Shevchenko, diplômé en géographie et en géomorphologie en 1983 (par intermittence en raison d'activités expéditionnaires intensives et du service militaire de 1978 à 1979). La thèse a été soutenue dans la spécialité "hydrogéologie" (sciences géologiques).

A.B. Klimchuk a commencé à pratiquer la spéléologie en 1968, à l'âge de 11 ans, dans la section du palais des pionniers de Kiev, dirigée par V.Ya. Rogozhnikov. Sa première expédition eut lieu en octobre 1968 dans la caverne Zavalnaya, dans l'ouest de l'Ukraine, qui devint un an plus tard la caverne Atlantis. Un entraînement spéléologique vertical a eu lieu dans les camps spéléologiques de Pantyouhinsky en 1971. En 1972, il participe aux premières expéditions de Kiev sur le plateau de Kirktau (Tien Shan), où il ouvre avec A. Reznikov la mine de Kiev. La même année, une petite expédition à Kiev dirigée par le jeune A. Klimchuk, qui faisait partie d'une série

d'expéditions menées à Kiev en 1972 à Kirktau, a exploré la mine de Kiev à une profondeur de 270 m à l'aide d'échelles à câbles. L'un des chefs des expéditions suivantes pour explorer Kievskaya, devenue en 1976 la première grotte d'URSS à une profondeur d'un kilomètre, la quatrième plus profonde du monde et la plus profonde du continent asiatique. À la fin des années 70, A.B. Klimchuk a organisé une série d'expéditions exploratoires dans d'autres régions de l'Asie centrale (les chaînes de Zeravshansky, Alaysky, Turkestansky, Fergana et Kugitang).

Il a exploré des cavernes dans de nombreuses régions karstiques de l'ex-URSS: la région de la Dvina septentrionale, l'Oural, le lac Baskunchak, le Grand et le Petit Caucase (Géorgie et Arménie), l'Asie centrale (Ouzbékistan, Turkménistan, Kirghizistan), l'Ukraine occidentale, le Donbass et la Crimée.

En 1980, A.B. Klimchuk a lancé et organisé des recherches systématiques sur les grottes du massif de l'Arabica (Caucase occidental, Abkhazie). Dans les années 80, il dirigea les expéditions du club de spéléologie de Kiev dans la vallée de l'Ortobalagan, en particulier l'exploration de la mine Kuybyshevskaya jusqu'à une profondeur de 1110 m et celle de Krubera jusqu'à 340 m, ainsi que des travaux spéléologiques de divers clubs de spéléologie sur Arabica. En 1984-1985 Il a organisé des expériences à grande échelle sur le traçage des eaux souterraines dans le massif de l'Arabica, à la suite desquelles le système hydraulique karstique le plus profond du monde à cette époque a été identifié. De 1983 à 1986, il a organisé les conférences annuelles de coordination sur le massif arabica à Kiev, auxquelles ont participé tous les clubs de l'URSS travaillant sur le massif. Actuellement, le massif de l'Arabica est l'une des régions de grottes les plus célèbres du monde et contient la grotte la plus profonde de la planète, explorée dans les années 80 et entre 1999-2004 par des expéditions de l'Association de spéléologie ukrainienne à une profondeur de 2080 mètres.

En 2000, il a initié et organisé des recherches systématiques sur les grottes du massif montagneux d'Aladaglar, dans le sud-est de la Turquie, où le potentiel d'ouverture de grottes profondes dépasse 2500 mètres. Il a dirigé les expéditions turco-ukrainiennes dans le massif d'Aladaglar en 2001, 2002, 2003 et 2004. Au cours de l'expédition de 2004, l'une des grottes d'Aladaglar a été explorée par les expéditions d'UkrSA à une profondeur de 1 400 m.

Depuis 2000, A.B. Klimchuk a fondé et coordonne le projet Call of the Abyss (qui est devenu le projet de recherche officiel de

l'UCA au bout d'un an), dans le but d'annoncer officiellement la découverte et l'exploration de la première grotte de la planète d'une profondeur de plus de 2 000 mètres. Dans le cadre de ce projet, des expéditions de spéléologues ukrainiens à Arabica et à Aladaglar ont été effectuées depuis 2001 et, en 2004, l'objectif fixé a été atteint. En 2004-2005, A.B. Klimchuk a reçu des subventions du magazine américain National Geographic Society / National Geographic pour soutenir des expéditions de recherche du projet Call of the Abyss. Les réalisations de l'UCA dans le cadre de ce projet à deux reprises (en 2001 au Congrès du Brésil et en 2005 au Congrès de Grèce) ont été récompensées par le premier prix de l'Union internationale de spéléologie pour les découvertes spéléologiques les plus remarquables.

A.B. Klimchuk a exploré des grottes et du karst en Belgique, Bulgarie, Grande-Bretagne, Hongrie, Allemagne, Italie, Espagne, Canada, Chine, Luxembourg, États-Unis, Turquie, République tchèque et Éthiopie. Il a visité des grottes et participé à des congrès et symposiums de spéléologie internationaux dans 39 pays du monde. A. Klimchuk a fait ses premiers rapports lors de conférences internationales en 1980 (Bulgarie, Conférence européenne de spéléologie). Depuis lors, il a participé à plus de 30 conférences, colloques et congrès internationaux. En 38 ans d'activité spéléologique, il a organisé et mené plus de 160 expéditions spéléologiques de recherche et scientifiques et a participé à plusieurs dizaines d'autres excursions et expéditions.

En 1979, A.B. Klimchuk a créé un détachement de karstologie-spéléologie à l'Institut des sciences géologiques de l'Académie nationale des sciences de l'Ukraine, qui a été transformé en 1990-1992 au centre karst-spéléologique de Kiev. Le détachement et le centre, dirigés par A. B. Klimchuk, ont effectué de nombreux travaux de recherche sur les grottes et les karsts en Ukraine occidentale, en Crimée, dans le Caucase occidental, en Arménie, au Turkménistan et en Éthiopie, et ont traité 22 thèmes contractuels sur le karst et les grottes. Au cours des années 80 - début des années 90, les KSO-KKSC ont servi de base à la création du cadastre des grandes grottes de l'URSS et ont constitué l'un des principaux centres scientifiques, organisationnels et méthodologiques de l'URSS dans le domaine de la spéléologie. En 1987, A.B. Klimchuk et CSR ont organisé à Kiev la réunion de l'Union spéléologique karst-spéléologique réunissant environ 200 scientifiques, karstologues et spéléologues de premier plan.

A.B. Klimchuk est l'un des principaux experts mondiaux en spéléogénèse (origine des grottes), en hydrogéologie et en géomorphologie du karst, du gypse karst et du karst de haute montagne. Il a publié son premier article dans une publication scientifique en 1972, à l'âge de 16 ans. La même année, il participe à la réunion des All-Union sur l'étude des grottes à Perm. À ce jour, il est l'auteur de plus de 250 publications scientifiques et plus de 50 publications scientifiques populaires sur la spéléologie et la karstologie. Il possède le plus haut indice de citation de la littérature scientifique internationale, dans les moteurs de recherche GeoRef / GéoBase (plus de 200), ainsi que sur Internet (plus de 19 000 liens). Google), parmi les scientifiques soviétiques et post-soviétiques dans le domaine de la karstologie et de la spéléologie. L'auteur et rédacteur en chef de 8 ouvrages, dont trois monographies internationales publiées aux États-Unis et en Italie. En 1996-1999, A. B. Klimchuk a organisé et dirigé la monographie internationale fondamentale sur la spéléogénèse et l'hydrogéologie du karst, publiée aux États-Unis en 2000. Lors du 13e Congrès international de

spéléologie au Brésil, cet ouvrage a reçu le premier prix de l'Union internationale de spéléologie, la plus importante publication scientifique sur la spéléologie de la dernière décennie. A.B. Klimchuk a été membre du comité de rédaction et l'un des principaux auteurs de l'Encyclopedia of Caves and Karst Science, publiée aux États-Unis en 2004, et a reçu un prix similaire de l'ISU en 2005. Il est membre des comités de rédaction de revues scientifiques sur la spéléologie et la karstologie, publiées au Royaume-Uni, en Italie et en Slovaquie. Parmi les orientations scientifiques développées par A.B. Klimchuk, les plus connues et internationalement reconnues sont des travaux sur la théorie de la spéléogénèse artésienne et sur le rôle de la zone épikarstique dans la morphogénèse et l'hydrogéologie du karst.

En 1991, A.B. La revue Svet est la seule publication spéléologique régulière de l'ex-URSS (30 numéros ont été publiés à ce jour) et a joué un rôle important dans la préservation et le développement du mouvement spéléologique dans les pays post-soviétiques. En 2003, A.B. Klimchuk a fondé la revue scientifique internationale "Speleogenesis and Evolution of Karst Collectors" (www.speleogenesis.info), dont le rédacteur en chef est jusqu'à présent. Le site Web Speleogenesis, créé par A. B. Klimchuk et A. Kopchinsky, est devenu le principal centre scientifique et organisationnel de renommée internationale dans le domaine de la géospéléologie et de la karstologie.

Depuis 1987, A.B. Klimchuk était un délégué officiel de l'URSS auprès de l'Union spéléologique internationale (ISU, 67 pays membres). En 1992, il a été élu secrétaire-conseiller, membre du bureau de l'ISU, puis réélu au bureau pour 2001. En 2001, A.B. Klimchuk a été élu vice-président de l'ISU (au Congrès du Brésil) et en 2005, il a été élu premier vice-président de l'ISU (au Congrès de Grèce). Depuis 1998, il est président de la Commission internationale de l'hydrogéologie et de la spéléogénèse du Karst (ISU) depuis 1994 - membre des commissions du Karst de l'Union géographique internationale et de l'Association internationale des hydrogéologues.

En 1975-1977 et 1979-1981. A.B. Klimchuk a été élu président de la section de spéléologie de Kiev. En 1985, il a fondé le club de spéléologie de Kiev (hors système touristique), qu'il a dirigé de 1985 à 1992. Depuis 1982, il a rejoint le Bureau et est devenu en 1986 vice-président de la section de spéléologie de l'Académie des sciences de l'URSS, l'Association des spéléologues soviétiques. De 1982 à 1991 - Président de la Commission des grandes grottes de la section de spéléologie de l'Académie des sciences de l'URSS. À la fin des années 80 et au début des années 90, avec N. Marchenko (Moscou) et G. Kornatchev (Krasnoyarsk), il coordonna les efforts visant à créer l'Association nationale des spéléologues soviétiques, qui furent interrompus en 1991 à la suite de l'effondrement de l'URSS.

En 1992, A.B. Klimchuk a fondé (avec A.F. Kozlov) l'Association ukrainienne de spéléologie, l'organisation nationale des spéléologues ukrainiens, membre de l'Union internationale de spéléologie, qui en a présidé quatre fois pour un mandat de deux ans: de 1992 à 1998 et de 2003 à 2005. Il reste membre du Présidium de l'USAA jusqu'à présent. Depuis 1998 - Membre honoraire de l'UkrSA. En 2006, A.B. Klimchuk, en collaboration avec B.A. Vakhrušev et A.F. Kozlov, a lancé la création de l'Institut ukrainien de spéléologie et de karstologie, dont il est actuellement le directeur.

En 1991, A.B. Klimchuk a été élu membre honoraire de la Société nationale de spéléologie des États-Unis ("Pour sa contribution exceptionnelle au développement de la spéléologie"), en 2000 - membre du New York Explorers Club. Citoyen honoraire de l'Alabama, du Tennessee, du Dakota du Sud et de plusieurs villes américaines (1989). Depuis 1998, il figure dans toutes les éditions annuelles des ouvrages de référence Qui est qui dans le monde et Qui est qui dans les sciences et le génie. En 2005, il a reçu la médaille

commémorative du nom de A. Morozov "Pour ses succès remarquables dans l'étude des grottes".

[Tout sur la formation de la grotte](#)

[Site de l'Institut ukrainien de spéléologie et de karstologie](#)

https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Turkmenocampa_mirabilis

<https://subtbiol.pensoft.net/articles.php?id=14631>

Un nouveau genre et une nouvelle espèce de Campodeidae (Diplura) troglobitiques d'Asie centrale

▼ Alberto Sendra, Boris Sket, Pavel Stoev

Résumé

Un nouveau genre et une nouvelle espèce de Campodeidae (Diplura), *Turkmenocampa mirabilis* Sendra & Stoev, **gen.n.**, **sp.n.** , trouvé dans la grotte de Kaptarhana dans l'est du Turkménistan est décrit. Ceci représente le premier enregistrement de Diplura en Asie centrale et le premier troglobion terrestre situé au Turkménistan. Le nouveau taxon présente plusieurs caractères uniques, tels que le manque de crêtes sur le télotarsus, la présence d'un processus latéral et la forme de barbes sur la face ventrale des processus télotarsaux laminaires, jusque-là inconnus des autres membres de cette famille. Bien que *T. mirabilis* soit provisoirement placé dans la sous-famille Plusiocampinae , ses véritables affinités restent incertaines. La nouvelle découverte confirme l'importance de Kaptarhana en tant que refuge pour un certain nombre d'invertébrés endémiques.

Mots-clés

Turkménistan, montagne Koytentag, *Turkmenocampa mirabilis* , clé d'identification, Plusiocampinae , faune des cavernes

Introduction

L'Asie centrale est une région géographique qui couvre environ 4 millions de kilomètres carrés et s'étend de la mer Caspienne à l'ouest à la frontière chinoise à l'est et des frontières méridionales de la Russie au nord aux frontières nord de l'Iran et de l'Afghanistan. et la Chine au sud. Cette vaste zone géographique comprend les territoires de cinq pays indépendants, les anciennes républiques soviétiques du Kazakhstan, de l'Ouzbékistan, du Tadjikistan, du Kirghizistan et du Turkménistan. Il est aussi parfois appelé Asie centrale, avec d'autres régions essentiellement sèches et similaires sur le plan écologique, comme l'Afghanistan, le Pakistan, la Mongolie, et parfois le Xinjiang et le Tibet dans l'ouest de la Chine et le sud de la Sibérie dans l'est de la Russie sont également inclus dans cette définition. L'histoire politique complexe, la géographie très diversifiée et les paysages variés, y compris les hautes montagnes (Tian Shan), les déserts (Karakum, Kyzylkum, Taklamakan) et les steppes, ainsi que le niveau relativement bas de développement économique et de réseaux de transport, ont considérablement entravé les explorations zoologiques dans la région.

Diplura est l'une des quatre classes composant le sous-asile Hexapoda . Selon Koch (2009) et Zhang (2013) Actuellement, il comprend 976 espèces existantes et 1 fossile. Malgré leur distribution dans le monde entier, les diplurans sont pratiquement inconnus d'Asie centrale. Jusqu'à présent, quelques espèces ont été répertoriées dans les pays adjacents aux pays d'Asie centrale, mais la plupart des enregistrements font référence à des espèces trouvées éloignées de la région ou même dans d'autres domaines zoogéographiques. Le genre *Kohjapyx* des *Japygidae* , avec trois espèces, dont l'espèce troglobiotique *Kohjapyx lindbergi* Pagés, 1962, a été décrit en Afghanistan dans une grotte proche de Kaboul (Pagés 1953 . 1962 ; Paclt 1958) Dans une étude récente sur les Campodeidae du nord de l'Iran, Azadbakhsh et Nozari (2016) a enregistré les espèces terrestres Campodea (*Dicampa*) *sprovierii* Silvestri, 1932 et Campodea (*Campodea*) *fragilis* Meinert, 1865 des provinces de Mazandaran et Alburz. Même dans d'autres régions d'Asie mieux explorées, les connaissances sont plutôt médiocres. Par exemple, la faune troglodyte de l'Asie continentale n'abrite que sept espèces (Bareth et Condé 1972 ; Condé 1956b . 1993 ; Chevrizov 1978 ; Ferguson 1997) *Simlacampa clayae* Condé, 1956, est connue dans trois grottes du Punjab, en Inde (Condé 1956b) Plusiocampa (*Didymocampa*) *lipsae* Condé, 1993 est répertorié dans plusieurs grottes du sud de la Chine (Condé 1993) Des grottes de l'Extrême-Orient russe, Primorskij kraj (ou Primor'e) Chevrizov (1978) décrit deux genres - *Plutocampa* et *Pacificampa* , avec respectivement 3 et 2 espèces troglomorphes. En outre, Ferguson (1997) a signalé une nouvelle espèce de *Pacificampa* (Diplura : Campodeidae) provenant d'une grotte en Chine. Compte tenu de la pénurie générale de diplomans et du faible taux d'échantillonnage dans presque toutes les régions d'Asie, de nombreuses nouvelles espèces de diplurans souterrains devraient être recensées dans un proche avenir, en particulier lorsque de vastes collections telles que celle de M. Louis Deharverg (MNHN) de grottes chinoises ont été étudiés.

Dans cet article, un nouveau genre et une nouvelle espèce remarquables de la famille des Diplodan Campodeidae , trouvés dans la grotte de Kaptarhana dans le sud-est du Turkménistan, sont décrits. Il s'agit du premier enregistrement officiel de la sous-classe de toute l'Asie centrale et du premier troglobionte terrestre découvert au Turkménistan.

Les vraies affinités du nouveau taxon restent incertaines car il s'éloigne de manière significative de tous les genres de campodéides actuellement établis. Il est provisoirement placé dans la sous-famille Plusiocampinae, mais cela pourrait changer à l'avenir lorsque l'analyse phylogénétique morphologique et moléculaire combinée de Diplura aura été réalisée.

L'exploration de la grotte de Kaptarhana a commencé à la fin de l'été 1963 lorsqu'un groupe de spéléologues de Moscou dirigé par V. Andreyev s'est rendu dans la grotte et a collecté des foraminifères, des isopodes et des harpacticoïdes du lac. En novembre 1963, intriguée par ces découvertes intéressantes, la grotte fut visitée par le principal biospéléologue soviétique (à cette époque), S. Ljovuschkin (voir Birstein et Ljovuschkin 1965) Ljovuschkin plus tard (1969) a publié un bref rapport sur la faune de la grotte mentionnant la barklice *Psyllipsocus ramburii* Selys-Longchamps, 1872 (Insecta : Psocodea), une espèce indéterminée de Pseudoscorpiones et Oniscoidea . De plus, en 1972, Starobogatov (1972) décrit le gastéropode *Pseudocaspia liovuschkini* de la caverne hydrobiide. Jusqu'à l'étude de Pavel Stoev et Boris Sket en 2015, presque aucun autre travail de biospéologie n'a été effectué

dans la grotte. Le nouvel échantillonnage a révélé que la grotte est également habitée par des araignées, des collembolles, des mouches parasites et des coléoptères cryptophages. *Rhinolophus bocharicus*, une colonie de fers à cheval, est également importante.

Matériel et méthodes

Méthodes d'échantillonnage

Le matériel a été collecté par Pavel Stoev et Boris Sket dans la grotte Kaptarhana (voir détails ci-dessous) au cours d'une évaluation spéléobiologique rapide des grottes de la réserve naturelle de l'État de Koytendag au Turkménistan, réalisée en 2015. La mission a été réalisée dans le cadre du mémorandum d'Entente entre le Comité d'État pour la protection de l'environnement et les ressources en terres du Turkménistan et la Société royale pour la protection des oiseaux afin de protéger les oiseaux et d'autres formes de biodiversité au Turkménistan. Des pièges à écueils contenant de l'éthylène glycol et du fromage malodorant ont été installés le long de la galerie principale de la grotte, principalement dans des endroits humides, à proximité de gros rochers et de tas de guano. Les pièges à fosses ont été exposés pendant plusieurs jours au cours de la dernière semaine de mai. Ensuite, tous les animaux capturés ont été transférés dans un conteneur contenant une solution d'alcool à 95% et étiquetés de manière appropriée. Bien que les deux collectionneurs aient passé au total 7 à 8 heures dans la grotte, aucun spécimen n'a été trouvé à l'observation visuelle, tous les spécimens ayant été capturés par piégeage dans un puits. La grotte était très spacieuse, avec de gros rochers et des passages à différents niveaux, rendant le processus difficile pour la collecte et la découverte d'animaux cryptiques (tels que les diplurans) par des méthodes autres que le piégeage dans des fosses.

Traitement et identification du matériel

Les échantillons ont été lavés à l'eau distillée et insérés entre des lames et des lamelles de verre pour être examinés au microscope optique à contraste de phase (Leica DMLS) à l'aide de la solution Marc André II. Les illustrations ont été réalisées avec un tube à dessin et les mesures ont été prises avec un micromètre oculaire. Pour mesurer la longueur du corps, les échantillons ont été montés «in toto» et ont été mesurés à partir de la base du processus frontal macrochaetae distal jusqu'à la valve supra-anale de l'abdomen. Pour mesurer les sensilles et examiner quelques petites pièces anatomiques, six spécimens ont été recouverts de palladium-or et étudiés dans un microscope électronique à balayage Hitachi S-4100.

Les descriptions morphologiques et les abréviations utilisées dans cet article suivent Condé (1956a). Bien que sa fonction soit encore inconnue, le terme «gouge sensille» est utilisé pour désigner le sensille de forme concavo-convexe situé sur les antennes (comme décrit par Bareth et Condé 1981). Pour la position de macrosetae sur l'occiput, *ma*, *la* et *lp*, Wygodzinsky (1944) a été suivie.

Les abréviations

NMNS Muséum national d'histoire naturelle, Sofia.

Pour les macrosètes notales: *ma*, médian-antérieur, *la*, latéral-antérieur et *lp*, latéral-postérieur; pour les macrosetae urotergiques: *post*: postérieur.

Les résultats

Taxonomie

Turkmenocampa Sendra & Stoev, gen. n

<http://zoobank.org/206FD93E-D986-4C48-BA78-6D0A49442401>

Espèce type

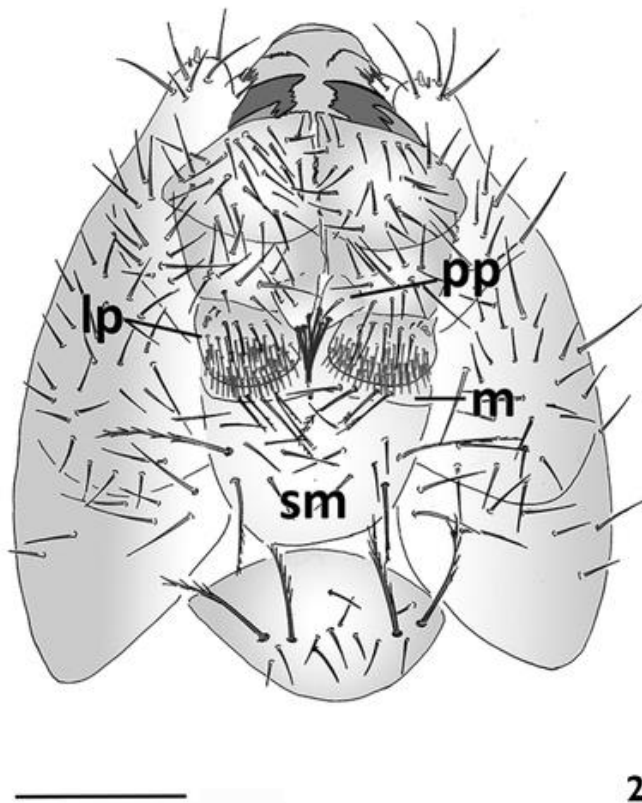
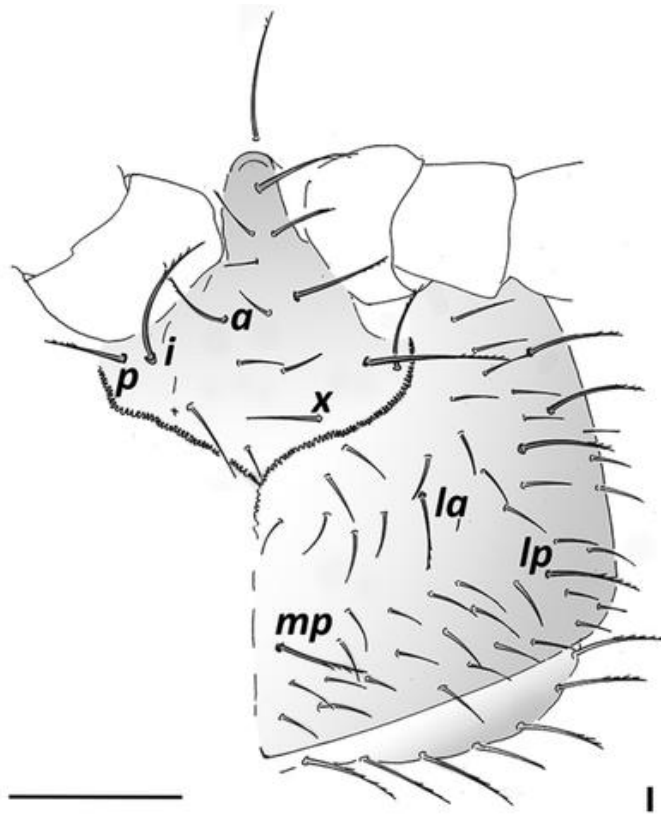
Turkmenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n

Étymologie

Turkmenocampa est un nom composite comprenant «Turkmeno», qui désigne la localité type et le suffixe «-campa» utilisé traditionnellement dans la taxonomie des Campodeidae. Sexe: féminin.

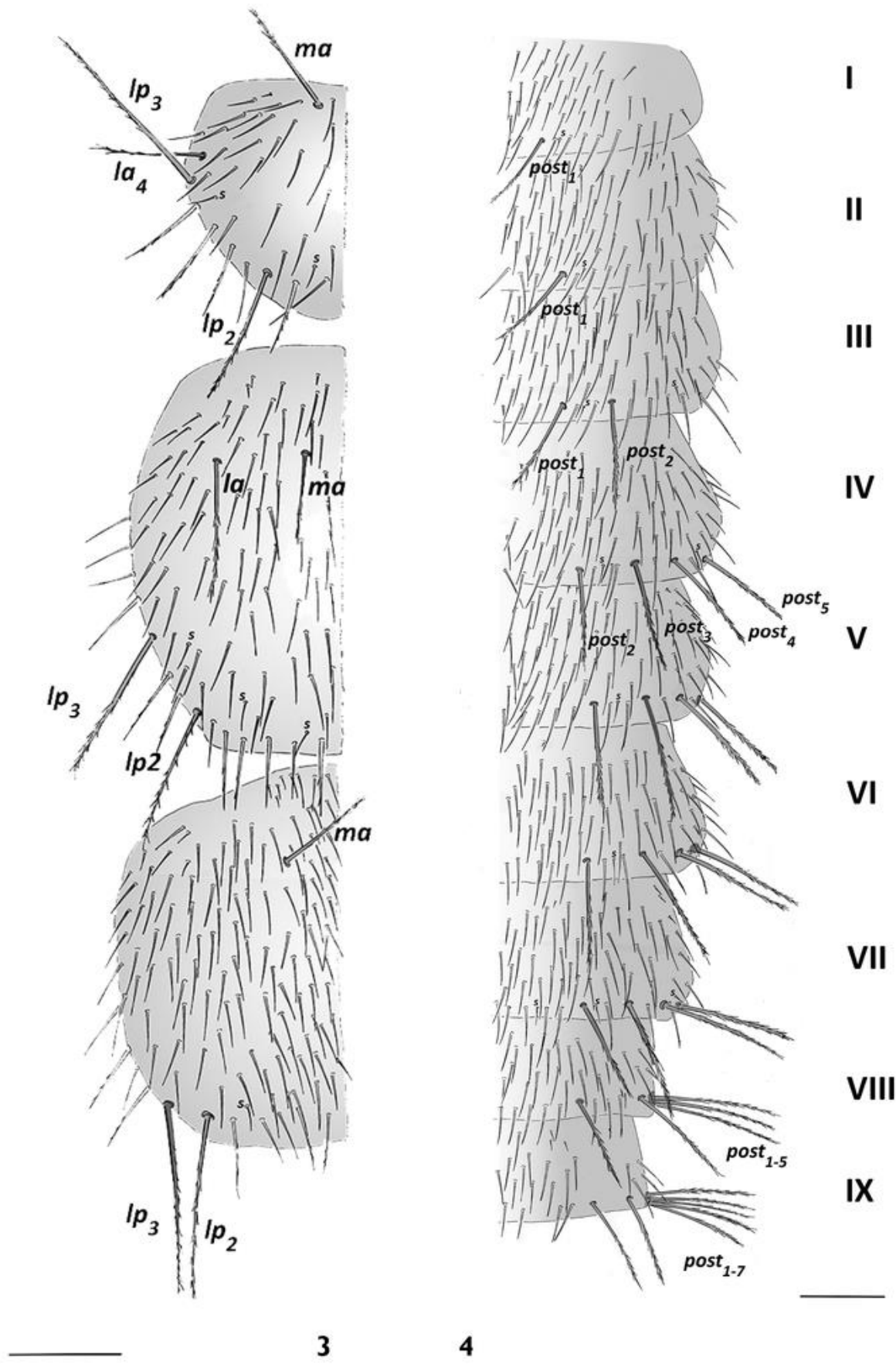
Diagnostic

Tête avec processus frontal sans soies tuberculées (Fig. 1) mentum et submentum court (Fig. 2) Organe cupuliforme peu profond, de trois types: chimiorécepteurs olfactifs de grande taille ovale, ovale plus petit et en forme d'arbre (Fig. 8 - 12) Thorax avec 4 + 4 (*ma*, *la*, *lp*_{2,3}) macrosetae sur le pronotum et le mésonotum, 3 + 3 (*ma*, *lp*_{2,3}) sur le métanotum (Fig. 3) Fémur ayant une macroseta dorsale; tibia avec une macroseta ventrale. Griffes simples, avec une expansion externe médiale avec des processus latéraux laminaires recouverts de longues barbes sur le côté ventral (Figs 17-18) Abdomen totalement dépourvu de macrosètes latérales antérieures, avec 1 + 1 à 4 + 4 *post* macrosètes sur les tergites I à VII (Fig. 4) Macrosetae sternale: I sternite: 7 + 7; Sternites II-VII: 4 + 4 (Fig. 7), VIII sternite: 1 + 1. Personnages secondaires sexuels presque absents; *a*₁ soies glandulaires présentes chez les deux sexes dans la partie distale de l'appendice sous-cylindrique (Fig. 5-6)



Figures 1-2.

Turkenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n. 1 Vue dorsale du processus frontal et du côté droit de la tête, holotype 2 Tête, vue ventrale, paratype féminin E23. Barres d'échelle: 0,2 mm.



Figures 3-4.

Turkmenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n. **3** Pro, méso et métanotum, côté gauche, holotype **4** Urotergites I-IX, côté droit, holotype. Barres d'échelle: 0.2 mm

Une clé pour les genres de Plusiocampinae Paclt, 1957

1 (2)	Griffes à crêtes latérales	3
2 (1)	Griffes sans crêtes latérales	13
3 (4)	Processus télotarsiens setiform	5
4 (3)	Processus télotarsiens absents ou à barbes laminaires	9
5 (6)	Processus télotarsiens pubescents	<i>Hystrichocampa</i> Condé, 1948
6 (5)	Processus télotarsal lisse	7
7 (8)	4 + 4 macrasetae sur les urosternites II-VII, 1 + 1 macrosetae sur les urosternites VIII	<i>Condeicampa</i> Ferguson, 1996 et <i>Plusiocampa</i> (<i>Dydimocampa</i>) <i>sinensis</i> Silvestri, 1931
8 (7)	Pas moins de 5 + 5 macrosètes sur les urosternites II-VII et 2 + 2 macrosètes sur les urosternites VIII	<i>Plusiocampa</i> Silvestri, 1912
9 (10)	Processus de télotarsal manquant	<i>Plutocampa</i> Chevrizov, 1978
10 (10)	Processus télotarsien à poils laminaires	11
11 (12)	Processus télotarsaux larges	<i>Cestocampa</i> Condé, 1956; <i>Vandelicampa</i> Condé, 1955; <i>Patrizicampa</i> Condé, 1956 et <i>Plusiocampa</i> (<i>Didymocampa</i>) <i>lipsae</i> Condé, 1993
12 (11)	Processus télotarsiens étroits	<i>Simlacampa</i> Condé, 1956
13 (14)	Griffes simples, sans processus télotarsiens, macrosètes méso-métanotales médiales-intermédiaires et latérales-intermédiaires	<i>Silvestricampa</i> Condé, 1950
14 (13)	Griffes présentant des processus pointus, laminaires et télotarsiens aigus latéralement, sans macrosètes méso- et métanotales postérieures médiales	<i>Turkmenocampa</i> gen. n

Turkmenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n

<http://zoobank.org/DD725FD0-83CD-45F6-994C-A4C103CB9592>

Matériel examiné

Holotype : femelle, 5,8 mm, Turkménistan, province de Lebap, district de Koytendag, v. Gurshun Magdanly (= Svintsovyi rudnik), grotte Kaptarhana, N37 ° 49 'E66 ° 24 ', alt. 550–600 m au dessus du niveau de la mer, nombreux rochers de gypse, tas de guano, lacs de grottes, pièges à fosses avec appâts, 24-30.V. 2015, P. Stoev, jambe B. Sket. conservé sur lame avec Marc André II, déposé au NMNH marqué E01. **Paratypes** : 16 femelles et 11 mâles, même localité, date et collectionneurs, conservés sur lame avec Marc André II, déposés dans le NMNH (étiquetés E02 à E21) et dans la collection personnelle A. Sendra (étiquetés E22 à E28).

Étymologie

" *mirabilis* " est un adjectif latin qui signifie « inhabituel, étonnant, merveilleux, remarquable ». L'épithète spécifique fait référence à la micro-sensille unique dans l'organe cupuliforme qui ressemble aux éponges et aux micro-coraux.

Description

Corps : longueur des mâles de 3,2 à 4,9 mm, femelles de 3,5 à 6,2 mm (tableau 1) Épicuticule lisse; le corps avec les soies longues, fines et lisses des vêtements (Figs 3-4) qui sont beaucoup plus courts et moins nombreux sur la tête (Fig. 1) micro-sensille présente sur les palpes labiaux et les appendices de la première urosternite (Figs 16 et 19)

Tête : Antennes plus courtes que le corps; composé de 30 à 33 antennomères (Tableau 1) Sensillum de la troisième antennomère sous - cylindrique, légèrement enflée, de taille et de forme similaires à celles du maxillaire et du maxillaire inférieur (Fig. 2) sensillum situé en position ventrale entre macrosetae *d* et *e*, antennomères moyennes chez l'adulte 2 à 2,5 fois plus longtemps que large. Gouge sensilla (Fig. 13) 18–26 µm de long, avec leur surface extérieure légèrement cannelée et avec un sommet pointu. Senser les sensilles réparties en un seul tour distal de 6 à 10 sensilles sur chaque antennomère médial et distal. Le dernier antennomère est deux fois plus grand que l'avant-dernier, avec un organe cupuliforme peu profond visible ayant une large ouverture de 25 µm de diamètre et mesurant un douzième de sa longueur (Fig. 8) Organe cupuliforme étroitement encombré de deux types de sensilles

inconnus et présentant trois types différents de chimiorécepteurs olfactifs, tous recouverts de pores: environ 14 types de type I, deux structures oviformes de 7 à 8 μm de long; environ six types de type II, deux structures oviformes de 3,5–4 μm de long et une vingtaine de structures de type III, en forme d'arbre avec des branches qui surplombent les sensilles de types I et II (Fig. 8 - 12) Processus frontal légèrement développé (Fig. 1), avec une longue apicale et deux courtes soies postérieures avec 1-2 minuscules barbes distales. Trois macrosètes le long de la ligne d'insertion des antennes et x soies, dans les rapports de longueur d'holotype féminin: *antérieur* = 0,7, *postérieur* = 0,6, *intermédiaire* = 1, x = 0,5; toutes les macrosètes avec quelques fines barbes le long du tiers distal. Occiput de la tête dorsale avec 6 + 6 macrosetae, y compris 3 + 3 *ma*, *la*, *lp* macrosetae (Fig. 1) Labium (Fig. 2) avec un court submentum (*sm*) avec 2 + 2 longues macrosètes barbelées le long de la moitié distale et un mentum plus court (*m*) avec 4 + 4 courtes macrosetae avec quelques barbes distales. Processus typique des palpes labiaux (*LP*) et des palpiformes (*pp*). Palpes labiaux recouverts de plus de cent soies neuroglandulaires terminées par des micro-crêtes radiales au sommet (Fig. 14-15) à proximité, on observe quelques micro-sensilles (Fig. 16) adjacente à la rangée de quelques soies banales et à la sensille labiale.

Thorax : Nota thoracique légèrement allongée. Distribution des macrosetae (Fig. 3): pronotum et mésonotum avec 1 + 1 *ma*, 1 + 1 *la*, 2 + 2 *lp*_{2,3} et métanotum avec 1 + 1 *ma*, 2 + 2 *lp*_{2,3}. Toutes les macrosètes sont longues, avec de fines barbes le long de la moitié distale aux quatre cinquièmes; soies marginales plus longues que les soies vestimentaires et avec quelques barbes distales. Jambes légèrement allongées et métathoraciques atteignant le segment abdominal VIII. Femur II - III avec une longue macrosetae dorsale barbelée le long des quatre cinquièmes. Une courte macroseta ventrale sur le tibia I-III bien dressée presque à partir de sa base. Les calcaires sont bien barbelés de la base aux pointes avec de longues barbes. Tarse avec deux rangées ventrales de soies recouvertes de longues barbes minces sur la partie médiane. Tarse distal avec soies subapicales lisses ou avec quelques fines barbes distales. Griffes sous-égales incurvées dans le distal médial comprenant une base épaisse et une remarquable expansion externe ou extrémité latérale nette, le corps entier des griffes présentant de fins processus télotarsaux laminaires striés longitudinaux et semi-transversaux et seulement la face ventrale couverte de longs la pointe se terminant par une forme de crochet le long du processus laminaire et par une forme de dilatation plate à la fin du processus laminaire (fig. 17-18)

Abdomen : Distribution abdominale des macrosetae (Fig. 4): 1 + 1 *post*₁ macrosetae sur les tergites I-II, 2 + 2 *post*_{1,2} sur III, 4 + 4 *post*₂₋₅ sur IV-VII, 5 + 5 *post* sur VIII et 7 + 7 *post* IX, tous long et barbelé sur les deux tiers distaux. Urosternite I à 7 + 7 (7 + 8 sur trois paratypes) macrosacées bien développées barbelées aux deux tiers distaux; II-VII avec 4 + 4; VIII avec 1 + 1 (2 + 1 en paratype femelle 5 mm, E05) (Figs 5-7) Stylets à longue dent basale à barbes, soies apicales, subapicales et médio-ventrales bien barbelées (Fig. 7) Un cerci complet isolé: 6,7 mm de long, avec 9 articles allongés plus une base, chaque article devenant de plus en plus long et recouvert de longues macrosètes avec de minuscules barbes le long du tiers distal.

Caractéristiques secondaires sexuelles : Urosternite mâle I (Fig. 5) avec deux appendices sous-cylindriques portant chacun 8 soies glandulaires de type E12 (jeune mâle, 3,3 mm de long) et 29 *a1* maximum de paratype E18 (mâle adulte, 4,7 mm de long) (Tableau 1) Urosternite I femelle (Fig. 6) avec deux appendices sous-cylindriques plus minces que chez les mâles, portant chacun de 9 à 20 *a1* soies glandulaires (voir le tableau 1 et la fig. 19)

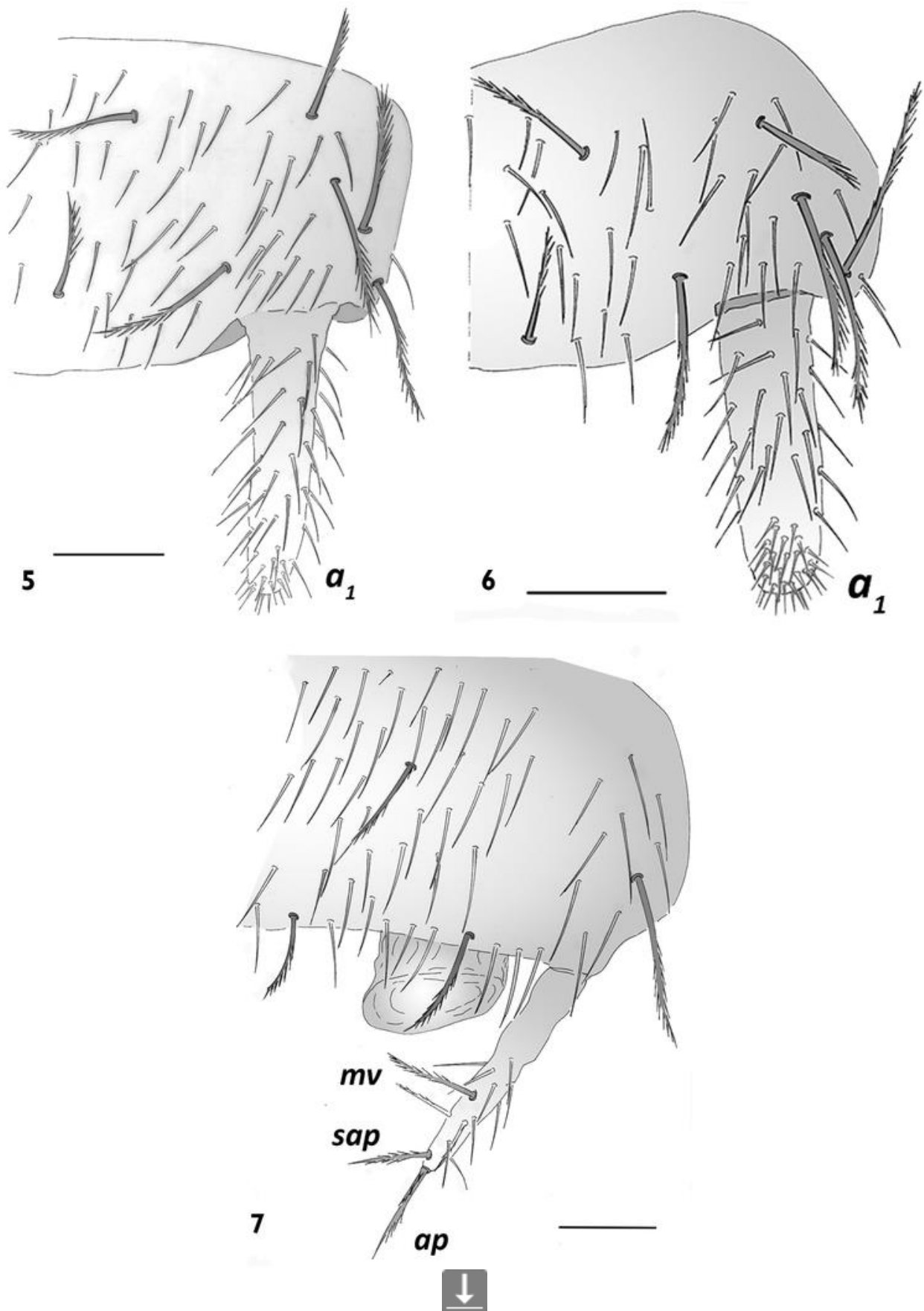
Tableau 1. [Télécharger au format CSV](#)



Mesures corporelles de *Turkmenocampa mirabilis*. (-) Absent ou difficile à observer ou à mesurer.

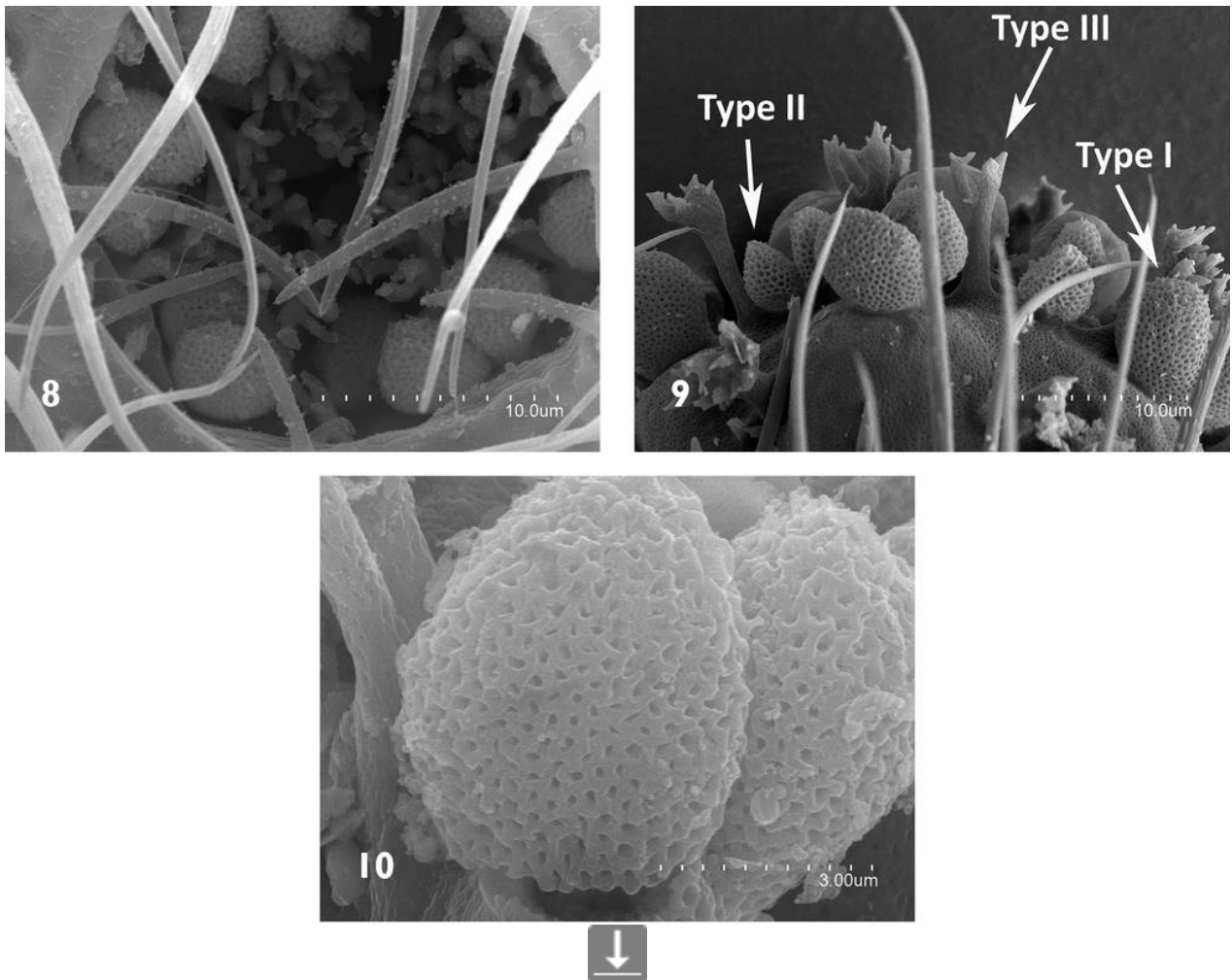
Spécimen #	Le sexe	Longueur (mm)	Longueur antennes (mm)	des Nombre d'antenne	Jambe longueur (mm)	III Nombre de soies glandulaires <i>a1</i> sur un appendice
E22, paratype	♂	3.2	1,9	33	1.4	-
E12, paratype	♂	3.3	1.8	33	1.3	8
E28, paratype	♂	3.4	-	-	1,7	-
E17, paratype	♀	3,5	-	-	1,6	9
E24, paratype	♀	3.7	-	-	1,7	-
E08, paratype	♀	3.8	-	-	1.8	12
E27, paratype	♂	4.0	-	-	2.3	23
E11, paratype	♂	4.3	-	-	2.2	-
E14, paratype	♂	4.3	-	-	2.1	26
E07, paratype	♂	4,5	-	-	2.0	22
E18, paratype	♂	4.7	-	-	2.4	29ème
E20, paratype	♀	4.7	3.1	33	2.3	13
E16, paratype	♂	4.8	3.0	31	2.3	-

E13, paratype	♀	4.9	2.6	32	2.0	15
E03, paratype	♂	4.9	-	-	2.2	25
E19, paratype	♀	4,95	-	.	2,5	-
E15, paratype	♀	5.0	-	-	2,7	20
E06, paratype	♀	5.1	-	-	2.3	20
E04, paratype	♀	5.2	-	-	2,5	15
E21, paratype	♀	5.2	3.6	30	2.3	-
E26, paratype	♀	5.2	-	-	2.4	15
E23, paratype	♀	5.3	-	-	2.3	10
E10, paratype	♀	5.6	3.1	31	2,5	21
E01, holotype	♀	5.8	-	-	2,7	17
E25, type de paratype	♀	5.8	4.2	32	2.6	19
E09, paratype	♀	5.9	3,9	33	2.6	-
E02, paratype	♀	6.2	4.0	33	2.6	18



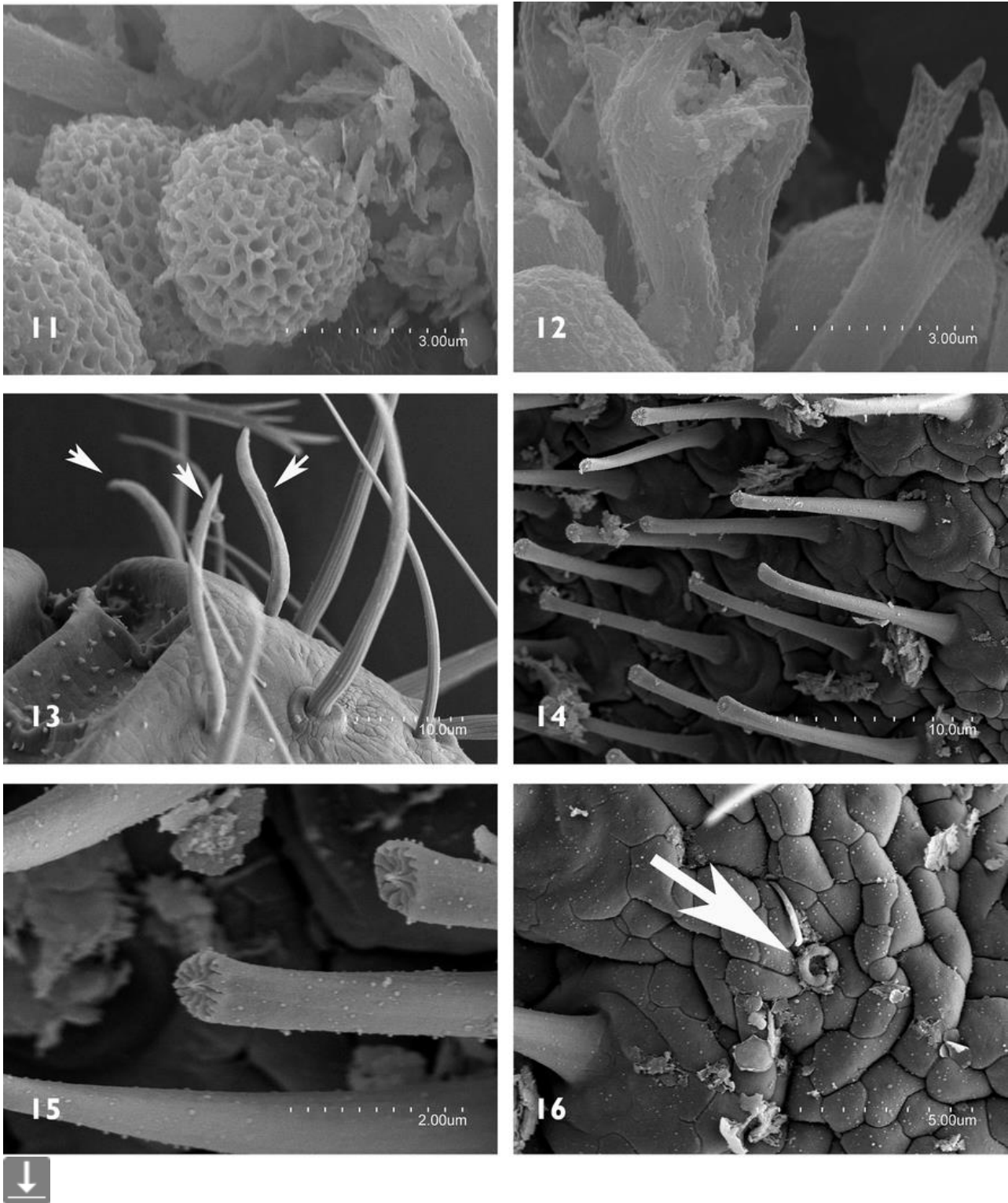
Figures 5-7.

Turkenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n. 5 Urosternite I du mâle, côté gauche, E03 du paratype mâle; 6 Urosternite I de la femme, côté gauche, E02 du paratype féminin; 7 Urosternite VII, côté gauche, paratype féminin E02. Abréviations: apicale (ap), subapicale (sève) et soigne médio-ventrale (mv), glandular a_1 -setae. Barres d'échelle: 0,1 mm.



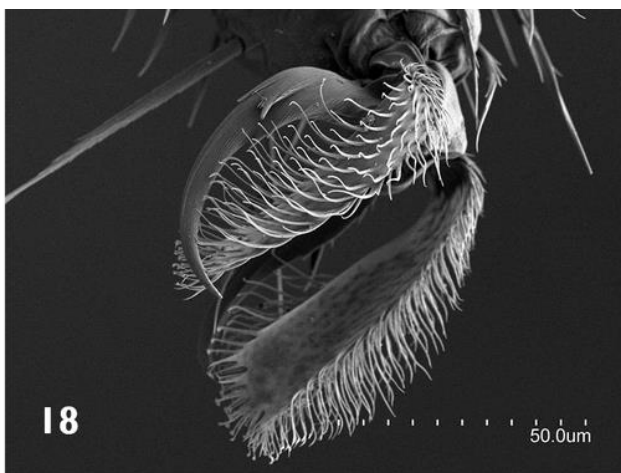
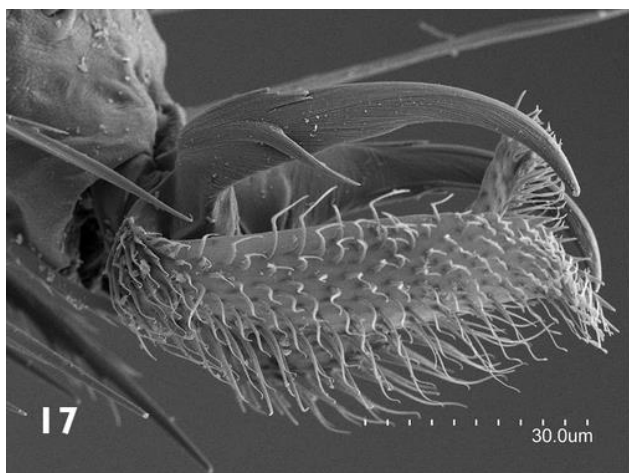
Figures 8-10.

Turkmenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n. **8** Orgue cupuliforme de la dernière antenne dans un spécimen adulte **9** Organe cupuliforme de la dernière antenne dans un spécimen adulte avec tous les chimiorécepteurs olfactifs visibles après une surimpression artificielle de l'organe vraisemblablement produite par l'éthylène glycol dans le piège (type I grand ovale) II, chimiorécepteurs olfactifs arborescents de type III et de type III) **10** Chimiorécepteur olfactif de type I de grande taille dans l'organe cupuliforme.



Figures 11-16.

Turkmenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n. : **11** Petit chimiorécepteur olfactif ovale de type II dans l'organe cupuliforme **12** Chimiorécepteur olfactif de type III dans l'organe cupuliforme **13** Sensuelle de gouge sur le côté externe externe d'une antenne interne chez un spécimen adulte (indiqué par des flèches) **14** Suse neuroglandulaire **15** palpe labiale dans un spécimen adulte **16** pointes de soies neuroglandulaires sur la palpe labiale dans un spécimen adulte **16** Microsensillum sur la palpe labiale dans un spécimen adulte (indiqué par des flèches).



Figures 17-18.

Turkmenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n. processus télotarsien de la jambe métathoracique chez un spécimen adulte: **17** Vue latérale **18** Vue latéro-ventrale.

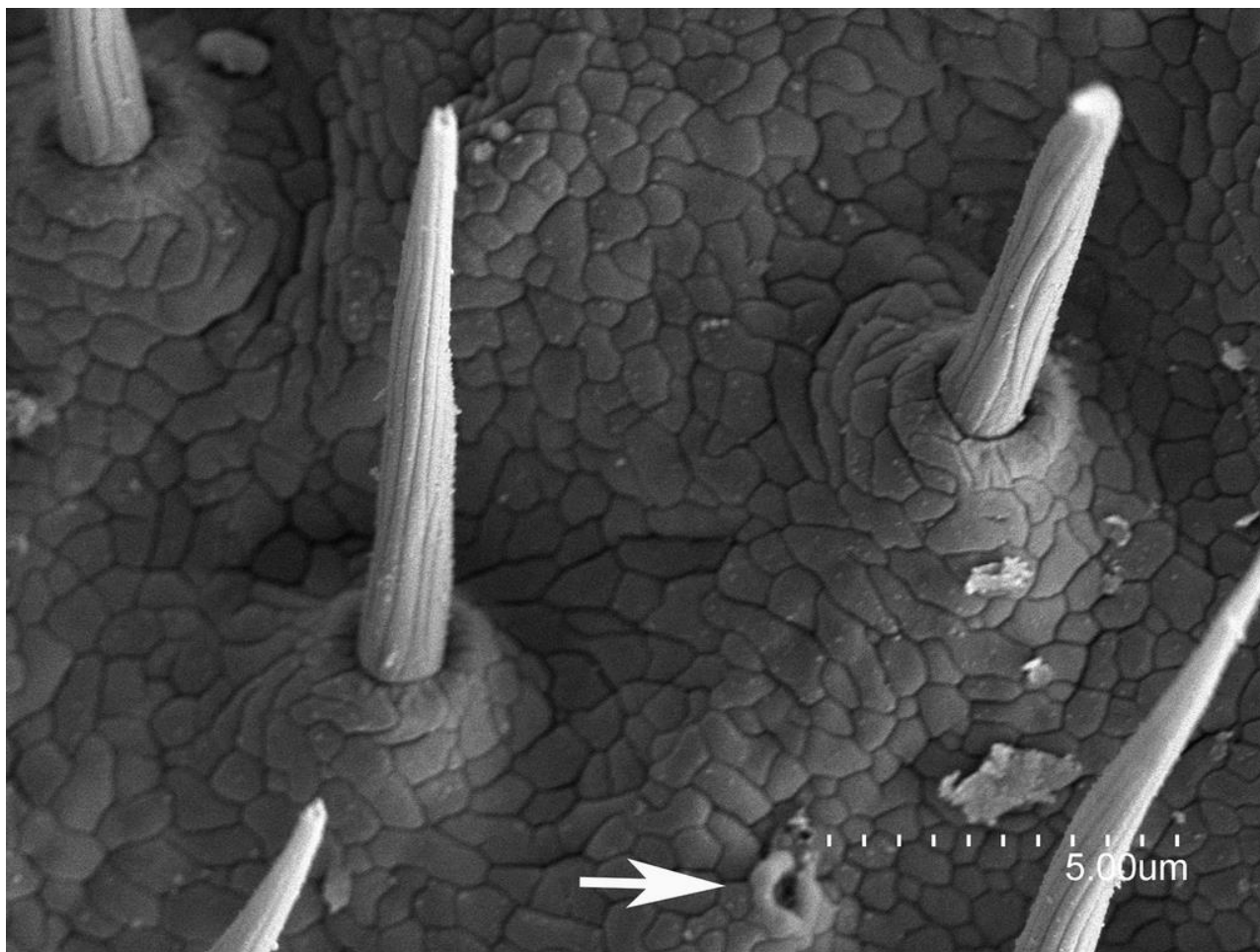


Figure 19.

Turkmenocampa mirabilis Sendra & Stoev, sp. n.: appendice apex de la première urosternite chez une femme adulte présentant quelques soies glandulaires.

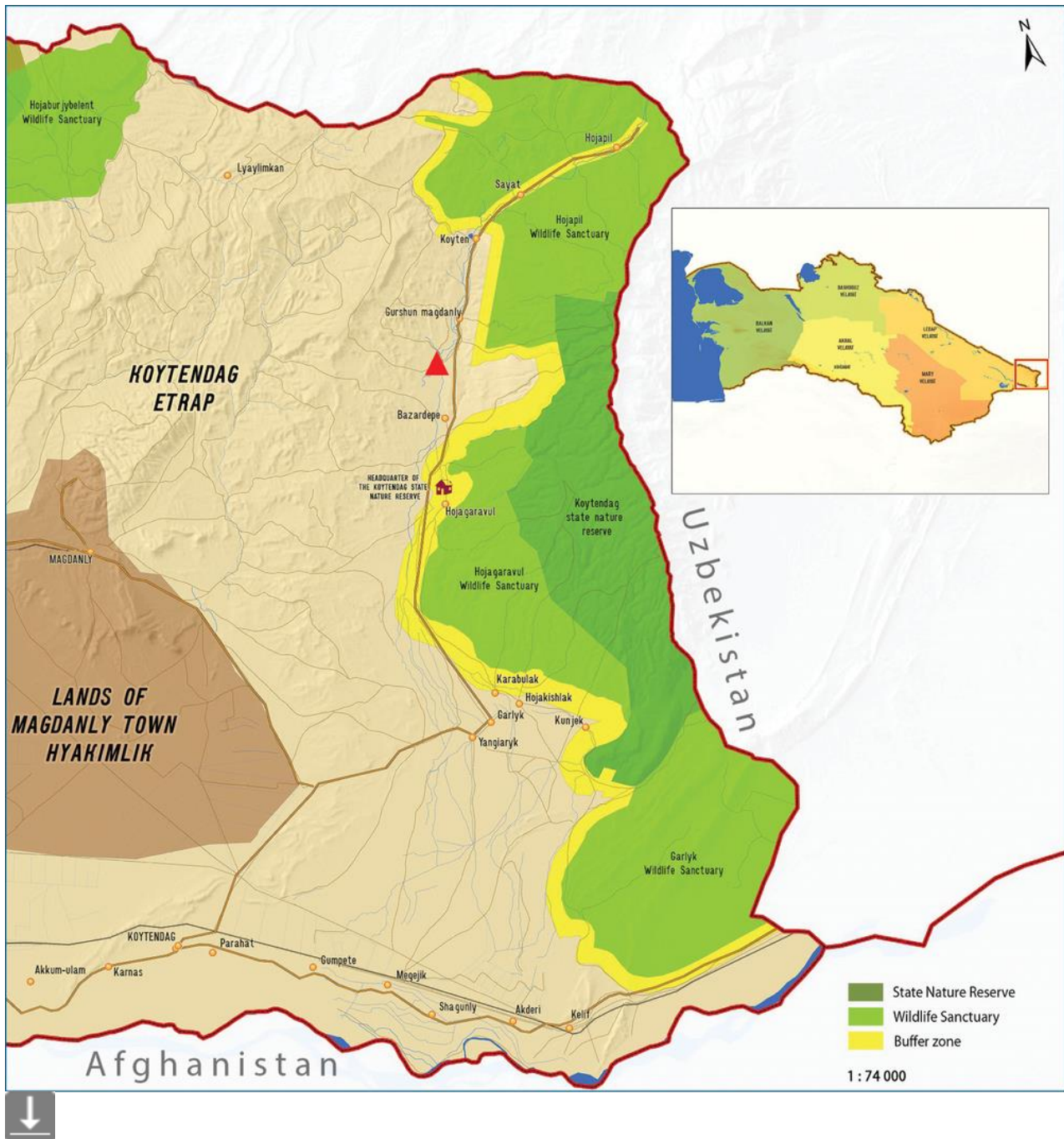


Figure 20.

Carte du Turkménistan avec localisation de la grotte Kaptarhana (triangle rouge). Crédit de carte: Atamyrat Veyisov.

Description de la grotte de Kaptarhana

Turkmenocampa mirabilis n'est connu jusqu'à présent que de la grotte Kaptarhana située près du village de Gurshun Magdany, district de Koytendag, dans la province de Lebap, au Turkménistan (Fig. 20 . 21) Kaptarhana (également orthographié Kaptar-Khana) signifie «maison des pigeons» en turkmène, son entrée étant utilisée par les pigeons pour la nidification. La grotte est située au pied de la montagne Koytentag (également connue sous le nom de Koytendag, Köýtendag, Kugitang, Koitendag, Kugitangtau, Kugitang-Tay, Kugitangtou) dans la partie nord du sanctuaire de Hojapil, sur la rive gauche de la rivière Koyten. La grotte a une longueur d'environ 450 m et se trouve dans le gypse du Jurassique supérieur (Birstein et Ljovuschkin 1965 . Ljovuschkin 1969) Il existe deux galeries principales à partir de l'entrée, l'une orientée ouest (160 m de long) et la seconde d'environ 300 m de long, dans une direction nord-est. Une partie de la grotte est occupée par des lacs d'eau salée. Selon Birstein et Ljovuschkin (1965) , la salinité est de 11,68 et le pH de 7,8. Les mêmes auteurs fournissent une analyse chimique détaillée de l'eau la comparant à la rivière voisine Amu Darya, aux mers Aral et Caspienne et à l'océan mondial. La composition ionique des lacs présente une grande similitude avec celle de l'eau de mer et peu semblable à celle des bassins hydrographiques voisins. La richesse de la faune de foraminifères, d'haractoides, d'isopodes et de gastéropodes, constituée d'un certain nombre d'espèces endémiques d'origine marine, est un atout supplémentaire.



La figure 21.

Entrée de la grotte Kaptarhana. Crédit photo: Aleksandr Degtyarev.

Une liste d'espèces connues de Kaptarhana

Aquatic : Foraminifera : *Entzia macrescens* (Brady, 1870) =? *Entzia zernovi* (Schmalhausen, 1950), =? *Entzia polystoma* (Bartenstein & Brand, 1938), sous- esp. *caspica* Mayer, 1974 (voir Filipescu et Kaminski 2011), *Birsteiniolla macrostoma* Yankovskaya & Mikhalevich, 1972, *Trochamminita* sp., *Miliamina* sp. Nématodes : Oncholaimidae spp.; Gastropoda : Hydrobiidae : *Pseudocaspia ljevuschkini* YI Starobogatov, 1972; Isopoda : *Microcharon halophilus* Birstein & Ljevuschkin, 1965; Maxillopoda : Harpacticoida : *Halectinosoma abraui* (Krichagin, 1877), *Ectinosoma* sp., *Schizopera paradoxa* (Daday, 1904), *Nitocra* sp.

Terrestre : Isopoda : Oniscoidea gen. sp. Pseudoscorpiones ; Araneae (nouveau record); Collembolla (nouveau record); Diplura : *Turkmenocampa mirabilis* ; Diptera parasite; Coléoptères : Cryptophagidae ; Chiroptères : *Rhinolophus bocharicus* .

Habatat

Bien que *Turkmenocampa mirabilis* n'ait jusqu'à présent été retrouvé que dans la plus grande galerie de la grotte, située entre 200 et 250 m à l'intérieur de celle-ci, il se pourrait qu'il habite également l'autre passage principal de la grotte. L'espèce est un troglobionte, toutes les mentions provenant de la zone aphotique de la grotte. Aucun spécimen n'a cependant été observé lors de l'exploration de la grotte, ceux qui ont été piégés se trouvant dans des endroits humides et riches en guano.

Discussion

Affinités phylétiques

Les classifications des Campodeidae (Condé 1956a ; Paclt 1957) et Diplura (Pagés 1959) sont plutôt obsolètes et ont grandement besoin de révision. Certains des taxons supérieurs proposés chez les Campodeidae semblent naturels car ils semblent bénéficier d'un soutien géographique. Ceci est particulièrement vrai pour les diplurans des Holarctics mais, en dehors de cette région et vers ses

limites, la plupart des groupes phylogénétiques apparaissent plus ou moins artificiels. Les traits actuellement appliqués dans la taxonomie du groupe sont peu utiles pour clarifier le regroupement naturel et pour développer une hypothèse phylogénétique solide. La forme et la distribution des macrosetae et des soies, la forme et la complexité des structures prétersales, ainsi que les caractères sexuels secondaires, sont les principaux traits taxonomiques utilisés pour classer les taxa de campodéides existants. Les méthodes moléculaires n'ont été appliquées au groupe que récemment (Sendra et al. 2012) et les données sont encore insuffisantes pour permettre une analyse phylogénétique plus robuste. En dépit de toutes ces faiblesses taxonomiques dans la classification actuelle, les caractères démontrés par *Turkmenocampa mirabilis* sont suffisamment solides pour justifier la description d'une nouvelle espèce et d'un nouveau genre au sein des Campodeidae . Le nouveau taxon possède une combinaison de plusieurs caractéristiques non présentes dans les autres genres, dont l'une - la morphologie spécifique du sensille du chimiorécepteur olfactif de l'organe cupuliforme - est unique dans toute la famille.

Plusiocampinae semble être un taxon paraphylétique en ce qui concerne son seul caractère diagnostique - les macrosètes supplémentaires sur le pronotum - comme suggéré par Paclt (1957) . Néanmoins, beaucoup de ses genres peuvent être considérés comme monophylétiques. Ceci se réfère aux genres *Cestocampa* Condé, 1956, *Condeicampa* Ferguson, 1996, *Hystrichocampa* Condé, 1948, *Patrizicampa* Condé, 1956, *Plusiocampa* Silvestri, 1912, *Plutocampa* Chevrizov, 1978, *Simlacampa* Condé, 1956 et *Vandelampa* all. crêtes dans leur telotarsus. L'absence de cet important trait taxonomique chez *Silvestricampa* Condé, 1950 et *Turkmenocampa* les distingue nettement des autres Plusiocampinae . En ce qui concerne la position du nouveau genre dans la sous-famille, la présence de plus de 3 + 3 macrosètes sur le pronotum (vs 3 + 3 dans Campodeinae Condé, 1956) et l'absence d'écailles couvrant une partie du corps (vs. comme dans Hemicampinae Condé, 1956 et Lepidocampinae Condé, 1956), place *T. mirabilis* dans Plusiocampinae . Cependant, l'absence de crêtes latérales chez *T. mirabilis* et chez tous les membres du genre *Silvestricampa* , ce dernier étant uniquement connu du domaine afrotropical (Silvestri 1913 ; Condé 1950), soulève des doutes quant à leur placement dans Plusiocampinae .

Le nombre élevé de macrosètes dans *Silvestricampa* , avec 7 + 7 macrosètes sur le pronotum et la présence de macrosètes intermédiaires médiales et latérales sur le méso- et le métanotum, ainsi que l'absence de processus télotarsaux, différencient clairement le *Turkménocampa* de *Silvestricampa* . Un examen attentif des genres *Plusiocampa* et *Cestocampa* révèle que plusieurs espèces ne correspondent pas à leur diagnostic initial. C'est le cas du sous-genre Dydimocampa de *Plusiocampa* défini par Paclt (1957) avec la présence de deux macrosètes fémorales dorsales. Le sous-genre est connu avec deux espèces de Chine (Condé 1993 ; Silvestri 1931) : les léodermiques *Plusiocampa* (Dydimocampa) sinensis Silvestri, 1931, abritant des cavernes , et les lanternes troglodytiques *Plusiocampa* (Dydimocampa) lipsé Condé, 1993. Leur chaetotaxie montre des similitudes étroites avec *T. mirabilis*, à l'exception des macrosétacées supplémentaires sur les urosternites II-VII présentes dans *P. lèvres* De plus, *P. lipsae* a des processus télotarsiens laminaires bien que la pubescence sternale soit courte, alors qu'ils sont setiformes chez *P. sinensis* . *P. sinensis* a des crêtes latérales claires, alors qu'elles sont très petites chez *P. lipsae* .

Une autre espèce alliée, le *Plusiocampa kashiensis* , une espèce vivant dans le sol, *originale* de Chine occidentale (Chou et Chen 1980), a récemment été transféré de *Cestocampa* (Sendra et al. 2012) En dépit de sa description originale médiocre, *P. kashiensis* partage certaines similitudes avec *T. mirabilis* en ce qui concerne la distribution des macrosètes sur la nota et l'abdomen et également en raison de processus télotarsiens laminaires barbelés et de griffes sans crête. Cependant, l'espèce se distingue facilement de *T. mirabilis* par les soies courtes et abondantes du vêtement (par rapport à *T. long* et mince chez *T. mirabilis*) et par le manque d'extension des griffes ou des pousses latérales (du moins non mentionnées dans sa version originale). description). Il se pourrait bien que *P. kashiensis* soit en réalité un membre de *Turkmenocampa* mais, jusqu'à ce qu'un nouveau type ou type soit étudié, aucun transfert officiel n'a été suggéré. Cela concerne également le genre *Anisuracampa* Xie & Yang, 1990, décrit dans la Chine subtropicale (Xie et Yang 1991) et présente des similitudes morphologiques avec *Dydimocampa* .

Enfin, il convient de mentionner la présence du côté latéral-latéral de la griffe chez *T. mirabilis* . Il peut être considéré comme un personnage convergent, comme il est connu dans *Metriocampa* (*Notocampa*) afra Condé, 1950 et est également présent à la base dans *Oreocampa minutella* (Silvestri, 1918), ainsi que dans *Haplocampa* Silvestri, 1912. combinaison avec des processus télotarsiens (Condé 1956a) jusqu'à la découverte de *T. mirabilis* .

Caractères morphologiques dérivés, troglomorphies

Il convient de souligner que tous les Diplura sont sans yeux extérieurs, bien que George (1963) a probablement donné une fonction de perception de la lumière à ses organes sensoriels latéraux, chacun étant situé au-dessous du tégument dans la position latéro-ventrale de la tête. De plus, Diplura et Campodeidae , en particulier, présentent un tégument mince, sans pigment ni cuticule sclérotisée. Ces traits se retrouvent dans toutes les espèces vivant dans le sol et les cavernes. Néanmoins, les caractéristiques qui définissent clairement les campodéides troglodytiques sont les suivantes: augmentation de la taille du corps, allongement des appendices et du corps, multiplication des antennes et des articles cercaux, ainsi que spécialisation des organes sensoriels. Compte tenu de toutes ces caractéristiques, *Turkmenocampa mirabilis* est sans aucun doute un rigoureux habitant des cavernes qui présente un corps et des appendices légèrement allongés (y compris les articles cercaux et les antennomères); et une augmentation modérée du nombre des antennomères atteignant 33 et jusqu'à 10 sensilles gouge allongées dans les antennomères médial et distal. En outre, l'espèce présente trois caractéristiques frappantes qui pourraient également être liées à son milieu de vie souterrain (voir aussi Condé 1956a ; Sendra et al. 2017)

Premièrement, les chimiorécepteurs olfactifs dans l'organe cupuliforme, qui sont généralement présents dans les campodéides troglodytiques. Chez *T. mirabilis* , la forme de ces chimiorécepteurs olfactifs n'a pas d'analogue chez aucun autre Campodeidae (Fig. 8 - 12) Tous les campodéides troglodytiques présentent une augmentation de la taille et de la complexité des chimiorécepteurs olfactifs et de leur surface. Les troglodytes ont des pores plus nombreux et plus larges que les habitants du sol (Juberthie-Jupeau et Bareth 1980) L'augmentation de la complexité montre un schéma similaire montrant une multiplication de minuscules plis (ou

collerettes) autour d'une sensille sphéroïde (Condé 1956a) Dans les cas les plus complexes (Bareth et Condé 1984 ; Condé 1974 ; Condé et Sendra 1989), ces plis ont la forme d'une feuille dans *Plusiocampa dallai* Bareth & Condé, 1984 et *Plusiocampa alhamae* Condé & Sendra, 1989; ou chiffres, à Campodea (Paurocampa) pretneri Condé, 1974.

À l'intérieur de l'organe cupuliforme, *T. mirabilis* a trois types de chimiorécepteurs olfactifs, une quarantaine de sensilles bien emballées dans une invagination cuticulaire superficielle perforée de minuscules pores (Fig. 8–9) Ces sensilles sont produites par évagination microscopique au bas de l'organe cupuliforme, produisant trois types différents de sensilles de chimiorécepteurs olfactifs. Les types I et II ont une base large et très courte, difficile à observer, qui s'agrandit en deux structures de forme ovale complètement recouvertes de pores. Dans le type I, les structures ovales mesurent 7–8 µm de long sur 5–6 µm de large, avec des pores de 0,1–0,25 µm de diamètre (Fig. 9-10) dans le type II, les structures ovales mesurent 3,5–4 µm sur 3–4 µm avec des pores de 0,25–0,35 µm (Fig. 9 . 11) Les types III sont des sensilles en forme d'arbres recouverts de pores irréguliers (0,05–0,08 µm de diamètre) partant de la base de l'organe cupuliforme et présentant une structure en forme de tronc de 4,5–6 µm de haut et de 1,1–1,4 µm de large, divisés en 2, 3 ou 4 branches de 1,1–2,6 µm de long s'étendant en 1-2-3-4 épines (Fig. 9 . 12) Les sensilles de type III surplombent légèrement les types I et II et sont pour la plupart (Fig. 8) au centre de l'organe cupuliforme entouré généralement par les types I et II.

Ainsi chez *T. mirabilis* , l'augmentation du nombre, de la complexité et de la surface poreuse chez les chimiorécepteurs olfactifs sensoriels suivent un autre chemin évolutif, différent de celui observé chez de nombreuses espèces troglobiotiques à *Plusiocampa* et *Cestocampa* , où ces sensilles ont été examinées (par exemple, Condé 1956a)

Les deux autres caractéristiques remarquables de *T. mirabilis* se rapportent au télotarsus et pourraient toutes deux être une adaptation à la marche sur des surfaces mouillées et molles en milieu souterrain. Les griffes ont une longueur de 50–60 µm et sont incurvées uniquement à l'extrémité distale, où elles sont également légèrement plus minces. Toute la surface des griffes est marquée d'un fin strié longitudinal et semi-transversal de 0,3 µm d'épaisseur. À environ 15 µm de la base du côté externe externe de la griffe, il existe un processus de poussée latérale pointue d'une longueur de 12–15 µm (Fig. 17-18) Si les pousses latérales des griffes ont une fonction similaire à celle des crêtes latérales présentes dans plusieurs espèces troglobiotiques de *Plusiocampa* , *Cestocampa* , *Paratachycampa* et *Juxtacampa* , généralement considérées comme des adaptations du mode de vie souterrain (voir, par exemple). Condé 1956a ; Bareth et Pagés 1994), ils doivent également être considérés comme des traits dérivés résultant de l'évolution de la longue grotte. La troisième caractéristique intéressante est la forme des barbes (environ 120 barbes minces de 3 à 18 µm de long) sur la face ventrale des processus télotarsiens laminaires, se terminant principalement par un crochet mais par une extension plate dans les barbes apicales (Fig. 17) Ces deux types de barbes laminaires ont également été observés chez d'autres campodéides troglobiotiques (Sendra et al. 2012 . 2016) et ont été considérées comme une adaptation facilitant le mouvement sur des surfaces mouillées (Sendra et al. 2017)

Biogéographie

La faune troglodyte d'Asie centrale est remarquable par sa pauvreté en troglobiontes terrestres (Birstein et 1967 . Ljovuschkin 1969) Kniss (2001) Au total, 80 espèces ont été répertoriées parmi les grottes d'Asie centrale, dont 27 étaient des stygo et des troglobiontes. Toutefois, seul le *pseudacherontide stachi* (Ljovuschkin, 1972), découvert dans la grotte Amir-Temir sur l'éperon occidental de la chaîne de Zeravshan en Ouzbékistan, est considéré comme un troglobionte (27 Turbanov et al. 2016b) Tous les autres, y compris un poisson, habitent les eaux souterraines. De même, dans l'Iran adjacent, la faune des cavernes ne contient que 89 espèces, dont 16 vivent dans des cavernes très strictes. Ces Sur, seulement trois sont troglobies terrestres - l'araignée *Trilacuna qarzi* Malek Hosseini et Grismado 2015, le millipède *Chiraziulus troglopersicus* Reboleira, Malek Hosseini, Sadeghi et Enghoff, le isopodes 2015 et *Protracheoniscus gakalicus* Kashani, Malek Hosseini & Sadeghi, 2013 (Malek-Hosseini et Zamani 2017)

En fonction des caractéristiques climatiques, lithologiques et du sol, le Turkménistan est divisé en treize régions écologiques. Les montagnes de Koytendag forment une région à part et se caractérisent par des paysages désertiques sur des reliefs montagneux, fortement disséqués par des ravins, des contreforts avec des crêtes et des cuevas et des plaines en éventail. Les processus karstiques sont bien développés dans la région. La température annuelle moyenne est d'environ 17 ° C et les précipitations annuelles d'environ 150 mm (Babaev 1994) La flore contient plus de 1 900 espèces, dont 332 espèces endémiques (voir Rustamov et al. 2009) Située à l'intersection de trois biomes - les hautes montagnes eurasiennes (alpines et tibétaines), les montagnes irano-turaniennes et les forêts tempérées sino-himalayennes - la région abrite une grande diversité faunique et florale avec un certain nombre de plantes, poissons et invertébrés endémiques espèces (Dossier de proposition d'inscription 2015 de l'UNESCO)

En raison de son emplacement éloigné, de son accessibilité difficile et de ses contrôles aux frontières limités, ainsi que du manque de spéléobiologistes actifs au Turkménistan, l'aspect biologique des grottes de Koytendag n'a été que très peu étudié. Malgré le grand nombre de grottes dans la région (300 selon les estimations), jusqu'à présent, seule la faune invertébrée des grottes Kaptarhana, Gap-Gotan, Hashym Oyk et Gulshirin, une grotte anonyme près de v. Svincovyi rudnik, ont été explorés du point de vue biologique (Birstein et Ljovuschkin 1965 . Ljovuschkin 1969 . Starobogatov 1972 . Kniss 2001 . Turbanov et al. 2016a - c) Kniss (2001) a passé en revue les connaissances existantes dans son catalogue «La faune des grottes de Russie et des pays voisins» et Turbanov et al. (2016a . b . c) a fourni une liste de contrôle de toutes les espèces de cavernes connues en Russie et dans les anciennes républiques soviétiques. Jusqu'à présent, les troglobiontes terrestres n'ont pas été enregistrés à Koytendag.

La composition spécifique du lac saumâtre dans la grotte Kaptarhana et sa stygofaune unique composée d'espèces d'origine marine suggèrent une histoire géologique complètement différente de la grotte par rapport au reste de la région. Il est très probable que les eaux salines appartiennent à une autre entité hydrographique, sans lien avec les eaux souterraines des zones voisines de Koyten et de Garlyk, où la stygofaune est représentée par d'autres espèces telles que *Troglocobitis starostini* , *Stenasellus asiaticus* , *Bogidiella ruffoi* , *Gammarus* spp., copépodes, etc. (Turbanov et al. 2016a . b Boris Sket, non publié).

Il est à noter que la faune terrestre de la grotte présente également des différences par rapport aux autres grottes de Koytendag. Les auteurs ont tenté de trouver *T. mirabilis* dans n'importe quelle autre grotte, en dépit du fait que la même méthode de collecte (pièges à piège appâtés) avait été appliquée dans la grotte Gap-Gotan. En outre, le coléoptère *ptinide* *Niptus hololeucus* (Faldermann, 1835), qui est par ailleurs très abondant dans la grotte de Gap-Goutan (principalement sur des tourbes de porc-épic), est absent à Kaprahana, où le groupe est représenté par une espèce non identifiée de la famille Cryptophagidae. Le caractère unique de la faune de Kaprahana est corroboré par la découverte de très nouvelles espèces de collembolles (L. Deharveng, en cours). Il se peut que la barrière hydrologique existante entre Kaprahana et les autres grottes empêche également la distribution d'organismes terrestres.

Compte tenu du fait que les grottes d'Asie centrale sont peu étudiées, il n'est pas exclu que ce taxon ou cette nouvelle espèce de *Turkmenocampa* se retrouve à l'avenir dans d'autres grottes de Koytendag ou dans les régions limitrophes de l'Ouzbékistan et de l'Afghanistan.

Remerciements

Pavel Stoev et Boris Sket souhaitent exprimer leur profonde gratitude à Stephanie Ward et Elizabeth Ball (toutes deux RSPB) pour leur soutien global lors de la mission sur le terrain au Turkménistan, ainsi qu'à Nurmuhamet Imamov et au Dr. Shaniyaz Menliev de la réserve naturelle d'État de Koytendag pour leurs conseils et leurs connaissances locales. Nous remercions Atamyrat Veyisov et Aleksandr Degtyarev d'avoir fourni la carte source du Turkménistan et la photo de l'entrée de la grotte, respectivement. Nous remercions également Enrique Navarro et Pilar Gómez de l'installation de microscopie électronique de l'Universitat de València (Espagne) pour leur aide dans la prise de photographies au MEB. La rédactrice en chef, Oana Moldovan, et les arbitres Yun-Xia Luan et Yun Bu ont fourni des commentaires précieux qui nous ont permis d'améliorer le manuscrit.

Références

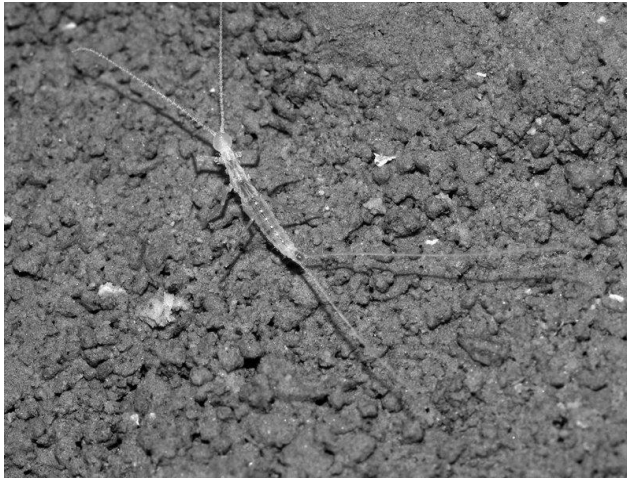
- Azadbakhsh S, Nozari J (2016) Première étude faunistique de Diplura dans le nord de l'Iran avec des enregistrements de deux espèces de Campodea (Campodeidae). Entomologica Fennica 27: 53-56.
- Babaev AG (1994) Paysages du Turkménistan. Dans: Fet V (Ed.) Biogéographie et écologie du Turkménistan. Série de livres Monographiae Biologicae 72: 5–22.
- Bareth C, Condé B (1972) Diplomé Campodéidés des Grottes de Pendjab (*Symlocampa clayae*). International Journal of Speleology 4: 55–59. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.4.1.8>
- Bareth C, Condé B (1981) Nouveaux Campodéidés de Grottes d'Espagne. Revue suisse Zoologie 88 (3): 775–786. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.82407>
- Bareth C, Condé B (1984) Nouveaux *cavaliholes* *Plusiocampa* d'Italie Continentale (Diplura Campodeidae). Bollettino della Società entomologica italiana 116 (8–10): 132–147.
- Bareth C, Pagés J (1994) Diplura . Dans: Encyclopédie Juberthie Ch & Decu V Biospeologica, Société de Biospéologie 1: 277–283.
- Birstein YA, Ljovuschkin SI (1965). Faune des eaux souterraines saumâtres de l'Asie centrale. Journal international de spéléologie 1: 307-320. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.1.3.5>
- Birstein JA, Ljovuschkin SI (1967). Résultats et problèmes relatifs à l'étude de la faune souterraine de l'URSS. Zoologicheskii Zhurnal 46: 1509-1535. [En russe, avec résumé en anglais]
- Chevrizov BP (1978) Deux nouveaux genres de la famille Campodeidae des grottes d'Extrême-Orient. Zoologicheskii Zhurnal 57 (2): 197-205. [En russe, avec résumé en anglais]
- Chou I, Chen T (1980) Deux nouvelles espèces de Campodeidae du Xinjiang (Apterygota , Diplura). Entomotaxonomia 2 (2): 157-160.
- Condé B (1950) Campodeidae (Insecta Diplura) d'Afrique du Sud récoltés par le Dr. RF Lawrence. Actes de la Zoological Society of London 119 (4): 807–815. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1950.tb00907.x>
- Condé B (1956a) Matériaux pour une monographie des Diploures Campodéidés. Mémoires Muséum National d'Histoire Naturelles, série A, Zoologie 12: 1–202.
- Condé B (1956b) Un Campodéidé troglobie de l'Inde. Notes biospéologiques 11: 101-105.
- Condé B (1974) Les *Paurocampa* du groupe de *joueurs* Tuxen dans les grottes d'Europe centrale (Diploures Campodéidés). Revue suisse Zoologie 81 (2): 561-567. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.76023>
- Condé B (1993) Premiers Campodeidae Cavernicoles de Chine, comme exemple de l'évolution souterraine de la Famille (Diplura). Revue suisse de Zoologie 100 (4): 823–828.
- Condé B, Sendra A (1989) Description du premier campodéidé cavernicole du sud de la péninsule Ibérique (Diplura , Campodeidae). Revue suisse Zoologie 96 (3): 611–617.

- Ferguson LM (1997) Rapport sur une nouvelle espèce de *Pacificampa* (Diplura : Campodeidae) provenant d'une grotte en Chine et comparaison de certains genres d'Amérique du Nord à *Pacificampa* et *Plutocampa*, auparavant connus uniquement de l'Extrême-Orient de la Russie. Actes du 12^{ème} Congrès international de spéléologie, La Chaux-de-Fonds, Neuchâtel, Suisse, 10-17 août. 3: 315-317.
- Filipescu S, Kaminski MA (2011) À la découverte d' *Entzia* , un foraminifère agglutiné des marais salants de Transylvanie. Dans: Kaminski MA et Filipescu, S., (eds) Actes du huitième atelier international sur les foraminifères agglutinés . Publication spéciale de la Fondation Grzybowski 16: 29–35.
- George M (1963) Études sur Campodea (Diplura) : l'anatomie des glandes et des organes sensoriels de la tête. Journal of Cell Science 3-104: 1-21. <http://jcs.biologists.org/content/s3-104/65/1>
- Juberthie-Jubeau L. Bareth C (1980). Ultrastructure des sensilles de l'organe cupuliforme de l'antenne des campodes (Insecta : Diplura). International Journal Insect Morphology and Embryology 9: 255-268. [https://doi.org/10.1016/0020-7322\(80\)90019-7](https://doi.org/10.1016/0020-7322(80)90019-7)
- Kniss VA (2001) Faune des grottes de la Russie et des pays adjacents. Université d'État de Bashkir, Ufa, 237 p. [En russe, avec résumé en anglais].
- Koch M (2009) Diplura . Dans: Resh VH, Cardé RT (Eds) Encyclopédie des insectes, Deuxième édition, Elsevier, p. 281–283. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00084-9>
- Ljovuschkin SI (1969) Sur la faune souterraine de l'Asie centrale soviétique. In: Actes du 4^{ème} Congrès international de spéléologie. IV (Ljubljana, 1969), 145-149. [en russe]
- Malek-Hosseini MJ, Zamani A (2017) Liste de contrôle des arthropodes souterrains d'Iran. Biologie souterraine 21: 19–46. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.21.10573>
- Paclt J (1957) Diplura . Dans Genera Insectorum. P. Wytsman, Crainhem, 212E, pp. 123.
- Paclt J (1958) Japygidae (Ins. Diplura) des Senckenberg-Museums. Senckenbergiana biologica 39 (1/2): 85–87.
- Pagés J (1953) Le 3^e danoise expédition en Asie centrale. Résultats zoologiques 8. Japygidae (Insecta) de l'Afghanistan. Videnskabelige Meddelelser Dansk Naturhistorisk Forening 115: 159–167.
- Pagés J (1959) Remarques sur la classification des diplômes. Travaux du Laboratoire de zoologie et de la station aquatique Grimaldi de l'École des sciences de Dijon 26: 1–25.
- Pagés J (1962) Japygidae (Insecta, Diplura) de l'Afghanistan II. (Contribution à l'étude de la faune de l'Afghanistan. 58). Comptes rendus du 86-Congrès des Sociétés savantes, Montpellier 1961: 735–750.
- Évaluation environnementale de Rustamov, Welch GR, Brombacher M (Eds) (2009), Zones importantes pour la conservation des oiseaux au Turkménistan - sites prioritaires pour la conservation. Ashgabat, Turkménistan: Ministère de la protection de la nature, 192 p.
- Sendra A, Arnedo MA, Ribera C, S Teruel, Bidegaray-Batista L, Condé B (2012) Révision de *Cestocampa* Condé (Diplura, Campodeidae), avec description d'une nouvelle espèce de grottes de la péninsule ibérique orientale. Zootaxa 3242: 43-56.
- Sendra A, Palacios J, Garcia A, Montejó M (2016) Nouvelles espèces de Campodeidae (Diplura) provenant de grottes mexicaines. Zootaxa 4072 (5): 540–558. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4072.5.2>
- Sendra A, Jiménez-Valverde A, Rochat J, Legros V, S Gasnier, Cazanove G (2017) Un nouveau et remarquable *Lepidocampa* Oudemans trogloditique, 1890 espèces de La Réunion, avec une discussion sur les adaptations trogloditiques dans les campodéides (Diplura). Zoologischer Anzeiger 266: 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2016.11.11.00.00>
- Silvestri F (1913) Tisanuri raccolti dal Dr. I. Trägårdh nel Natal e nel Zululand. Arkiv för Zoologi 8 (1): 1–15. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.1063>
- Silvestri F (1931) Campodeidae (Insecta, Thysanura) dell Estremo Oriente. Bollettino del Laboratorio di Zoologia generale and agraria del R. Istituto superiore di Portici 25: 286-320.
- Starobogatov Ya I (1972) Nouvelle espèce de gastéropodes des sources et des eaux souterraines de l'Asie centrale. Actes de l'Institut de zoologie de l'Académie des sciences, URSS 51: 165–172 (en russe).
- Turbanov IS, DM Palatov, Golovatch SI (2016a) L'état de la biospéléologie en Russie et dans les autres pays de l'ex-Union soviétique: tour d'horizon de la faune invertébrée des cavernes (endogènes). 1. Introduction— Crustacés . Revue entomologique 96, n° 7: 926–963. <https://doi.org/10.1134/S0013873816070162>
- Turbanov IS, DM Palatov, SI de Golovatch (2016b) L'état de la biospéléologie en Russie et dans les autres pays de l'ex-Union soviétique: tour d'horizon de la faune invertébrée des cavernes (endogènes). 2. Arachnida - Remerciements. Revue entomologique 96, n° 9: 1297-1333. <https://doi.org/10.1134/S0013873816090116>

- Turbanov IS, DM Palatov, SI de Golovatch (2016c) L'état de la biospéléologie en Russie et dans les autres pays de l'ex-Union soviétique: tour d'horizon de la faune invertébrée des cavernes (endogènes). 3. Références. Revue entomologique 96, n ° 9: 1334-1358. <https://doi.org/10.1134/S0013873816090128>
- Dossier de proposition d'inscription de l'UNESCO (2015) Écosystèmes de montagne de Koytendag. Gouvernement du Turkménistan, Ashgabad, 2015, 429 p.
- Wygodzinsky PW (1944) Contribuer à la conformation de la famille Campodéidae (Entotrophi, Insecta) au Mexique. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas 3 (3-4): 367-404.
- Xie R, Yang Y (1991) Description de deux nouveaux genres et de trois nouvelles espèces de Campodeidae en Chine (Diplura). Contributions - Institut d'entomologie de Shanghai 10: 95-102.

• **Un animal inconnu de la science a été trouvé dans une grotte dans l'est du Turkménistan**

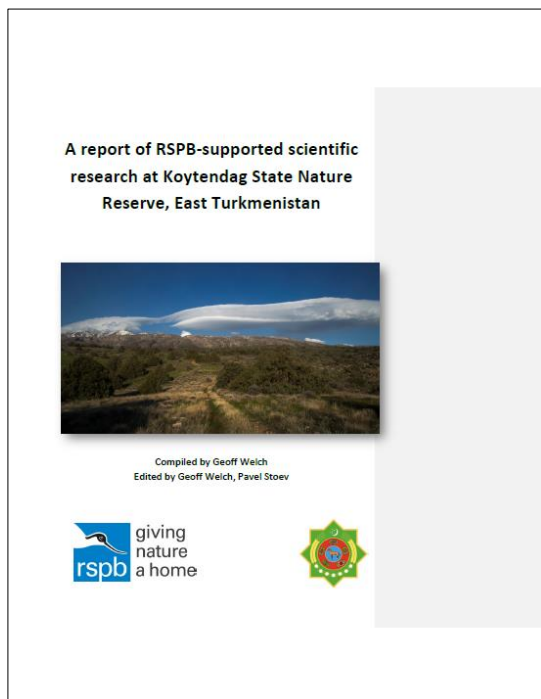
- L'une des grottes de l'est du Turkménistan s'est avérée abriter un animal inhabituel , qui comme les scientifiques ont établi représente des espèces et des genres inconnus de la science.
- Rédacteurs en chef
- 12 octobre 2018 11h00



Alberto sendra

- La découverte a été faite dans la grotte de Kaptarkhan, située au pied de la montagne Koytendag. Le paysage local est formé de nombreuses gorges, canyons profonds, formations karstiques. La grotte Gulshirin se distingue par sa beauté, ses salles sont ornées de stalactites et de stalagmites, incrustations de plâtre blanc comme neige.
- Kaptarkhana est également devenu le foyer d'un grand nombre d'animaux "des cavernes", parmi lesquels une nouvelle espèce d'arthropodes. Cette créature sans yeux, longue de quelques millimètres seulement, s'appelait Turkmenocampa mirabilis, où le premier mot fait référence à son habitat et le second, à un "inhabituel, incroyable". Il a été découvert et décrit par des chercheurs d'Espagne et de Bulgarie.
- Scientifiques [passé](#) dans la grotte pendant 8 heures, cherchant des échantillons et posant des pièges avec du fromage odorant comme appât. Les observations ont été infructueuses, mais plusieurs individus sont devenus des «victimes» de pièges.
- La créature introduit une nouvelle espèce et un nouveau genre d'arthropodes des cavodidés (familles à deux queues). Selon les auteurs de l'ouvrage, il s'agit non seulement d'un organisme remarquable, mais également d'une étonnante créature "caverne" qui a suivi un long chemin évolutif pour s'adapter à la vie souterraine en Asie centrale.
- Les scientifiques continueront d'étudier d'autres grottes de la région pour comprendre comment elles sont devenues une maison pour deux queues, comment ces animaux ont été capables de s'adapter à des conditions de vie moins favorables.
- Étude était [publié](#) dans la revue Subterranean Biology.

4 documents à télécharger.



117 pages.

https://www.researchgate.net/publication/334626110_A_report_of_RSPB-supported_scientific_research_at_Koytendag_State_Nature_Reserve_East_Turkmenistan_Chapter_1_Hydrogeology

Geology and geomorphology of Turkmenistan: A review

https://www.researchgate.net/publication/334736987_Geology_and_geomorphology_of_Turkmenistan_A_review

17 pages.

Coleoptera (Insecta) from Ashgabat City and Köýtendag Nature Reserve, with nine first records for Turkmenistan

https://www.researchgate.net/publication/328382603_Coleoptera_Insecta_from_Ashgabat_City_and_Koytendag_Nature_Reserve_with_nine_first_records_for_Turkmenistan?enrichId=rgreq-42abb7208916b79cb209c90da4efee40-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyODM4MjYwMztBUzo2ODMzOTA5NzQwNDYyMjVAMTUzOTk0NDUxMzk0Nw%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf

13 pages.

Minéraux du système de grottes karstiques de Cap-Kutan (sud-est du Turkménistan)

Vladimir Maltsev, Commission de spéléologie et d'études karstiques du Centre de Moscou de la Société géographique russe

1. [Géologie du massif](#)
2. [Hydrogéologie et karst](#)
3. [Historique de l'étude](#)
4. [Protection des grottes](#)
5. [Minéraux](#)
6. [Principaux agrégats minéraux](#)
7. [Processus de formation minérale et ensembles minéraux](#)
8. [Règles de visite et modalités d'exploration des grottes](#)
9. [Merci](#)

<http://rgo-speleo.ru/biblio/kapkutan.htm#3>

NOTES :

Inclure les documents recherchés au CNDP / FFS d'après les infos de Patrick Deriaz, Société Suisse de Spéléologie.