

JAROMÍR DEMEK

ZPRÁVA O STUDIU KRYOGENNÍCH JEVŮ V JAKUTSKU

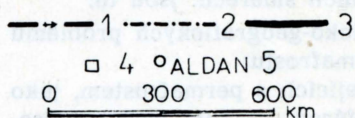
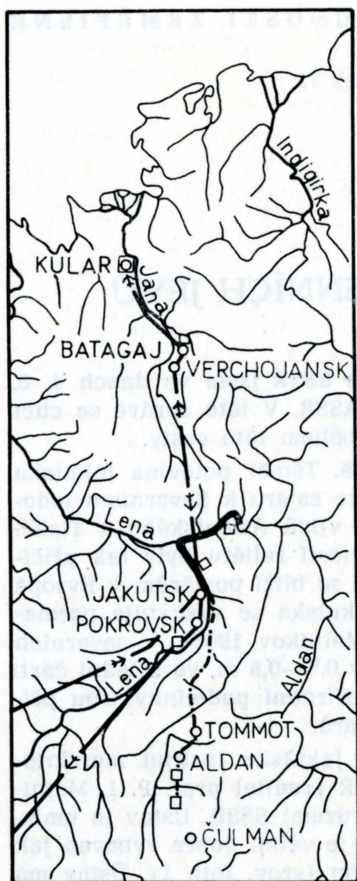
V rámci studijní cesty po východních oblastech SSSR jsem ve dnech 4. 8. až 2. 9. 1966 studoval kryogenní jevy v Jakutské ASSR. V této zprávě se chci stručně zmínit o některých poznatcích získaných během této cesty.

Jakutsko náleží k nejchladnějším oblastem Země. Téměř polovina Jakutska leží za severním polárním kruhem a je otevřena ve směru k Severnímu ledovému oceánu. Současně hory oddělují Jakutsko od vlivů Atlantského a Tichého oceánu. Geografická poloha spolu s různotvárností reliéfu byly tak příčinou vzniku svérázných přírodních podmínek, které se blíží poměrům v Evropě ke konci posledního glaciálu. Na celém území Jakutska se vyskytuje permafrost, který dosahuje mocnosti až 1500 m (P. I. Melnikov 1966). V severních oblastech Jakutska půda v létě roztává do hloubky 0,5–0,8 m, ve střední části do 1,5–2,5 m a v jižní části do 2,5–3,5 m. Tyto přírodní podmínky jsou příčinou rozsáhlého vývoje kryogenních pochodů a tvarů.

Studiem kryogenních jevů a tvarů se zabývá v Jakutsku Institut merzlovedenijsa sibirskogo otdelenijsa Akademii nauk SSSR (ředitel prof. P. I. Melnikov, DrSc.). Ústav je jediný svého typu na celém území SSSR. Ústav je umístěn na zvláštním území na okraji města Jakutsk a je velmi dobře vybaven jak prostorově, tak i vědeckým personálem a zařízením (srov. foto 1). Ústav má 14 laboratoří, které vedou výzkumy ve třech hlavních směrech. Jsou to:

1. výzkum obecných geokryologických a geologicko-geografických problémů souvisejících s vývojem, stavbou a rozšířením permafrostu;
2. výzkum teplotně fyzikálních problémů souvisejících s permafrostem, jako je výzkum výměny tepla mezi atmosférou a litosférou, výzkum jevů souvisejících s roztáváním a zamrznáním permafrostu, geotermické výzkumy apod;
3. výzkum fyzikálně mechanických problémů, jako je např. výzkum pevnosti permafrostu, elektrické vlastnosti permafrostu apod.

Výzkum se provádí komplexně. Pochody se modelují v laboratořích pomocí analogových počítacích strojů. Velká pozornost se klade na kvantitativní hodnocení jevů a aplikaci teoretických výzkumů v praxi. Ústav podstatnou měrou přispívá k řešení problémů výstavby budov, silnic, přehrad, těžby zlata a diamantů v oblastech s výskytem permafrostu. Zvláštní význam mělo rozřešení problému zásobování vodou ze zásob podzemních vod pod permafrostem. Zajímavé jsou podzemní laboratoře v permafrostu vybudované na teritoriu ústavu. Ústav se neustále rozšiřuje. Rozpočet ústavu je kolem 12 mil. Kčs ročně. Každým rokem na stavební investice dostává 4,6 mil. Kčs. Ústav mimo rozpočtu ještě uzavírá dohody na jmenovité výzkumné práce s různými podniky ve výši 700 000 Kčs ročně.



Ústav má nyní 260 pracovníků, z toho 72 vědeckých pracovníků. Mezi vědeckými pracovníky jsou 4 doktoři věd a 18 kandidátů věd. Dále má ústav 120 vědecko-technických pracovníků s vyšším a středním vzděláním. Na vědeckého pracovníka tak připadají téměř 2 pomocní vědeckí pracovníci, což vede k lepšímu využití kapacity vědeckých pracovníků. Mimo ústředí ve městě Jakutsk má ústav ještě dvě stálé výzkumné stanice na řekách Viljuj a Jenisej, kde pracuje cca 60 pracovníků. Expediční skupiny ústavu pracují na celém území sovětského severu a severovýchodu. Při expedicích se využívají moderní dopravní prostředky včetně letadel a vrtulníků. Začátkem června 1966 pořádal ústav VIII. Všesvazovou mezioborovou konferenci o geokryologii s mezinárodní účastí. Materiály této konference byly ústavem vydány v 7 svazcích [Jakutskoje knižnoje izdatelstvo, Jakutsk 1966].

Kryogenní jevy jsem studoval ve třech různých oblastech, a to ve střední části Jakutska, v Aldanském nagorje v jižní části a na hřbetu Kular v severní části Jakutské ASSR.

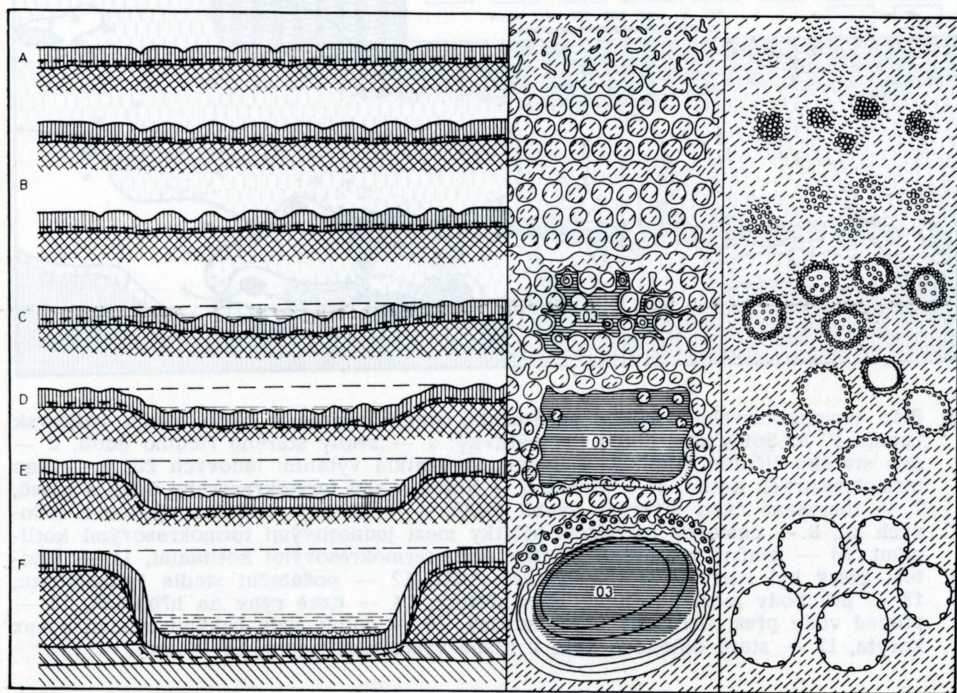
1. Přehledná mapa s vyznačením trasy studijní cesty a jednotlivých lokalit popisovaných v textu. Vysvětlivky: 1 — cesty letadlem, 2 — cesty autem, 3 — cesty lodí, 4 — oblasti, v nichž byly podrobněji zkoumány kryogenní jevy, 5 — sídliště popisovaná v textu. Kreslila V. Holešová.

Kryogenní jevy ve střední části Jakutska

Pro nížinnou oblast středního Jakutska je příznačný rozsáhlý výskyt termokrasových jevů. Po geologické stránce je toto území součástí Sibiřské platformy, a to Viljujské syneklizy a Předverchojanské čelní prohlubně. Oblast je složena z druhohorních hornin pokrytých mocnými vrstvami kontinentálních třetihorních a kvartérních sedimentů (jezerními a říčními sedimenty, eolickými písky a sprašovými hlínami). Nížina se dělí na dvě základní části, a to na nížinnou pahorkatinu s absolutními výškami 300—400 m a na nižší střední část s výškami 60—200 m, která v podstatě odpovídá pruhu tvořenému terasami řek Leny, Viljuje a Aldanu. Nízké terasy v povodí Leny mají vcelku ráz normálních akumuláčních teras. Střední terasy severně od města Pokrovsk však postupně mají ráz širokých akumuláčních plošin.

Podnebí středního Jakutska je vyhraněně kontinentální a suché. Zima je neobyčejně studená. Délka chladného období je 220 dní. V prosinci a lednu je po 60—70 % dní střední denní teplota nižší než $-42,5^{\circ}\text{C}$ (Jakutija, 1965, str. 340). Ve středním Jakutsku jsou nejchladnější zimy na severní polokouli. Termokrasové jevy se převážně vyskytují na středních terasách, kde se v důsledku neotektonických poklesových pohybů usadily silné vrstvy hlín středně a svrchnopleistocenního stáří, které obsahují velké množství druhotného žilného ledu (P. A. Solov'jev 1962, str. 39). Ledové žíly zaujímají v některých místech 30—60 % plochy. Hlíny rovněž obsahují velké množství segregovaného ledu (40—80 %).

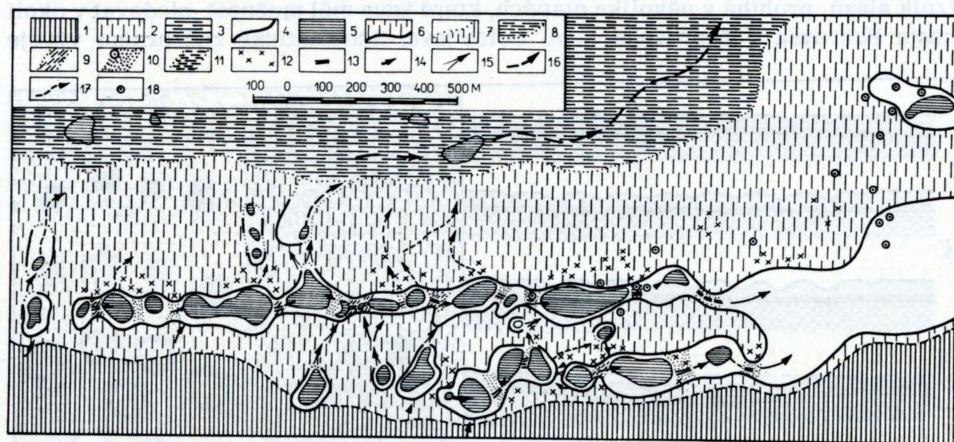
Nejrozšířenějším termokrasovým tvarem Centrální jakutské nížiny jsou sníženiny různého tvaru a velikosti, které se označují názvem alasů. Alas je jakutské slovo, které označuje zelené louky kolem jezírka na dně kotliny s příkrými svahy (ústní sdělení P. A. Solov'jeva). Alasů vznikají táním ledu v sedimentech. Vznik alasů probíhá v několika etapách, které jsem měl možnost sledovat v okolí města Pokrovsk v doprovodu P. A. Solov'jeva. Schematické znázornění vývoje



2. Schéma vývoje alasů podle P. A. Solov'jeva (1962). Vysvětlivky: a — stadium počátečního bylaru, b — stadium bylaru, c — počáteční stadium dujoda, d — stadium dujoda, e—f — stadium tympy.

alasů podle tohoto autora je na obr. 2. Vytáváním polygonální síť ledových žil vznikají nejprve kupovité nebo pyramidální tvary, zvané místně bajdzarachy. Mezi bajdzarachy jsou deprese tvořící polygonální síť. V depresích se v malé hloubce pod povrchem nacházejí žíly ledu. P. A. Solov'jev (1962, str. 45) označil toto stadium vývoje jako bylar. Bajdzarachy se v dalším vývoji postupně roz-

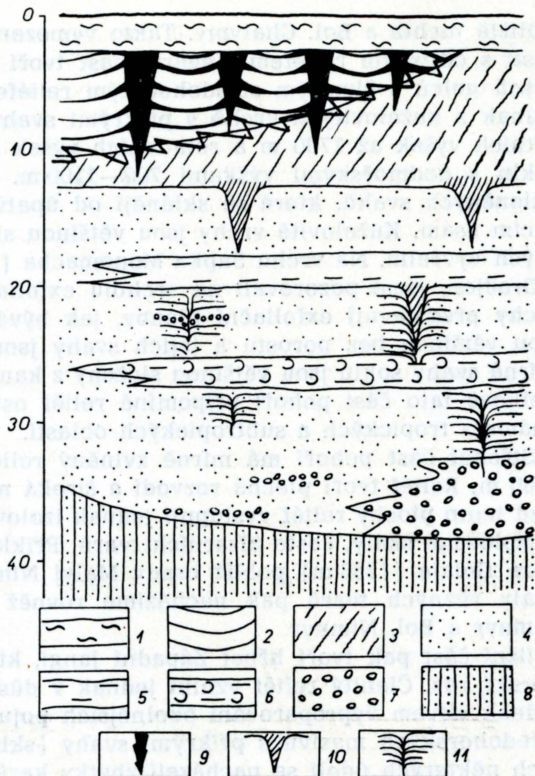
rušují a vzniká deprese se zvlněným dnem, kterou P. A. Solov'jev nazývá ďu-
joďa. Deprese má řáz kotliny s více nebo méně výraznými okraji se sklonem
od 5 do 30°. Na dně se již někdy objevuje jezero. Dalším stadiem je typy, kdy
kotlina má již vyrovnané dno. Svahy jsou příkřejší a vyskytují se na nich
bajďžarachy, bugry a sesuvy. Elementárním alasem pak P. A. Solov'jev (1962,
str. 48) označuje výraznou kotlinu kruhového nebo oválového půďdorysu s re-
lativně plochým dnem a příkrými svahy. Na dně je jednak hlubší část s jeze-
rem, jednak vyšší část pokrytá trávou. V dalším vývoji alasu při promrzání
talíku pod alasem vznikají na dně bugry a bulguňachy (viz dále). V závis-
losti na expozici vůči světovým stranám mají svahy alasů různou dynamiku
vývoje. Hloubka alasů je od 3—4 m do 20—40 m. V příčném profilu mívají od
100 m do 3—15 km. V dalším vývoji potom jezero vysychá a svahy se stá-
vají ploššími a méně výraznými. Toto stadium nazývá P. A. Solov'jev chonu



3. Plán termokrasového údolí v počátečním stadiu vývoje v okolí města Pokrovsk (podle P. A. Solov'jeva, 1963). Vysvětlivky: 1 — svahy starého říčního údolí, 2 — dno starého říčního údolí, 3 — sníženina vzniklá vytáním ledových žil, 4 — dno termokrasových kotlin, 5 — jezera, 6 — hrana svahů termokrasového údolí a alasů, 7 — rozrušené části příkrých svahů alasů, 8 — hranice území s výskytem ledových žil, 9 — částečně rozrušené hřbítky mezi jednotlivými termokrasovými kotlinami, 10 — značně rozrušené hřbítky mezi termokrasovými kotlinami, 11 — hřbítok, který byl rozrušen v letech 1946—1961, 12 — počáteční stadia termokrasu, 13 — průchody mezi kotlinami přes hřbítky, 14 — úzké rýhy na hřbítcích, 15 — přepad vody přes rozrušený okraj kotliny, 16 — odtok vody úzkými rýhami a bez koryta, 17 — staré odtokové linie v různé výšce nad jezery, 18 — vrty.

(1962, str. 48). Splýváním elementárních alasů vznikají termokrasová údolí. Termokrasová údolí mají v podélném řezu stupňovitý profil a skládají se z řady kotlinovitých úseků oddělených užšími úseky. Vodní tok obvykle chybí. Alasové údolí, které jsem studoval v okolí města Pokrovsk, je znázorněno na obr. 3 (podle P. A. Solov'jeva). Při pohledu z letadla na nížinu na pravém břehu Leny pod Jakutskem bylo vidět velké množství alasů s jezery, které se výrazně odlišovaly světle zelenou barvou od okolní tmavší tajgy. Alasy jsou často zemědělsky využívány a mají tak velký význam pro hospodářství Jakutské ASSR.

l. Profil sedimenty na Mamontovoj gore na břehu řeky Aldanu (podle E. M. Katasonova, 1964). Vysvětlivky: 1 — svahové sedimenty, 2 — nivní sedimenty, 3 — fluviální sedimenty (korytová facie) s ledovými čočkami, 4 — písky, 5 — hlíny s četnými zbytky rostlin, 6 — nivní hlíny s rašelinami, 7 — štěrky, 8 — písky se zbytky teplomilné flóry, 9 — ledové žíly, 10 — pseudomorfózy po ledových klínech s hlinitou výplní, 11 — pseudomorfózy po ledových klínech s písčitou výplní a tlakovými jevy na bocích.



Dalším tvarem, který jsem studoval v okolí Jakutska, guňachy jsou pahorky různé jsou bulguňachy (pingo). Bulvelikosti, které vznikají při promrzání taliků pod jezery v důsledku sání vody z roztáelé půdy. Bulguňachy, které jsem studoval, měly výšku okolo

10 m. Vyskytují se však tvary o výšce až 40 m, které mají v průměru při úpatí až 200 m. Nacházejí se většinou na dně alasů a na nízkých terasách (srov. foto 2). Při cestě lodí po řece Leně a Aldanu jsem měl možnost studovat ledové žíly v čerstvých odkryvech na březích. Zejména zajímavé byly odkryvy v 60 m vysoké písčité terase ř. Leny v 105. až 108. km sev. od Jakutska na tzv. Pesčannoj gore (srov. foto 4).

Na řece Aldanu jsme pak podrobně studovali opěrný odkryv na Mamontovej gore. Profil je podrobně popsán E. M. Katasonovem (1964, str. 108) — srov. obr. 4 a fotografii 6.

Kryoplanační terasy v Aldanském nagorje

V jižní části Jákutské ASSR v Aldanském nagorje jsem se zabýval především studiem kryoplanačních teras. Aldanské nagorje je rozsáhlé staré komplexní pohoří, které má vrchovinný až středohorský reliéf s výškami 700—1700 m. Po stránce geologické je rovněž součástí Sibiřské platformy, a to její části zvané Aldanský štít. Základ štítu tvoří fundament složený z prahorních a starohorních, složitě zvrásněných hornin, v nichž převládají krystalické břidlice. Na okrajích pohoří je fundament překryt platformním pokryvem složeným z kambrických a jurských sedimentů. Fundament i platformní pokryv prorážejí intruze kyselých hornin pojurského stáří. V průběhu studijního pobytu jsem se podrobněji zabýval kryoplanačními terasami v části pohoří, omezeného zhruba na SV a SZ řekou Aldan, na JV řekou Timpton a na jihu čarou spojující zhruba

sídlíště Juchta a Bol. Chatymy. Takto vymezená část pohoří se dělí na několik částí s odlišným reliéfem. Severní část tvoří oblast tzv. Aldanských a Elkonských golců s členitým středohorským reliéfem. Reliéf této oblasti se skládá jednak z kuželovitých vrchů s příkrými svahy (až 35°), které dosahují absolutních výšek až 1700 m a relativních výšek 200—600 m a jednak z plochého soklu s nadmořskými výškami 700—1100 m. Plochý sokl se skládá z mírně ukloněných svahů, které se sklánějí od úpatí kuželovitých vrchů k odvodňovacím osám. Kuželovité vrchy jsou většinou složeny z vypreparovaných pojurských vyvřelin. Na vrchu Šapka Monomacha (1271 m), asi 8 km jižně od osady 1-Oročjon, jsme pozorovali na vrcholu exfoliační tvary. Je možné, že některé vrchy představují exfoliační klenby, jak bývá často u ostrovních hor. Vrchy jsou většinou bez porostu a jejich svahy jsou nezdědká pokryty hrubou sutí. Mírné svahy soklu jsou většinou složeny z kambrických a krystalických hornin. Celkově tato část pohoří připomíná reliéf ostrovních hor a pedimentů, který známe z tropických a subtropických oblastí.

Střední část pohoří má mírně zvlněný reliéf s nadmořskou výškou 800 až 1400 m. Reliéf tvoří plochá rozvodí a široká mělká údolí s četnými rašeliništi. Nad tento plochý reliéf vystupují jednak izolované vrchy, jednak skalní hradby a izolované skály, často bizarních tvarů. Příkladem izolovaných vrchů je např. hora Golaja (1386 m) poblíž osady Malyj Nimnyr. Skalní hradby a izolované skály různých tvarů pak nacházíme rovněž na území mezi osadami Malyj Nimnyr a Bol. Nimnyr.

Jižní část pak tvoří hřbet Západní Jangi, který má rovněž převážně středohorský ráz. Členitý reliéf vznikl jednak v důsledku mladých kerných pohybů, jednak vlivem vypreparování odolnějších pojurských intruzí. Reliéf tvoří řada středohorských masívů s příkrými svahy (sklon 25—30°). V pramenných částech některých údolí se nacházejí zbytky karů. Nejvyšší část hřbetu tvoří masív Evota, který dosahuje výšky 1603 m (srov. foto 8).

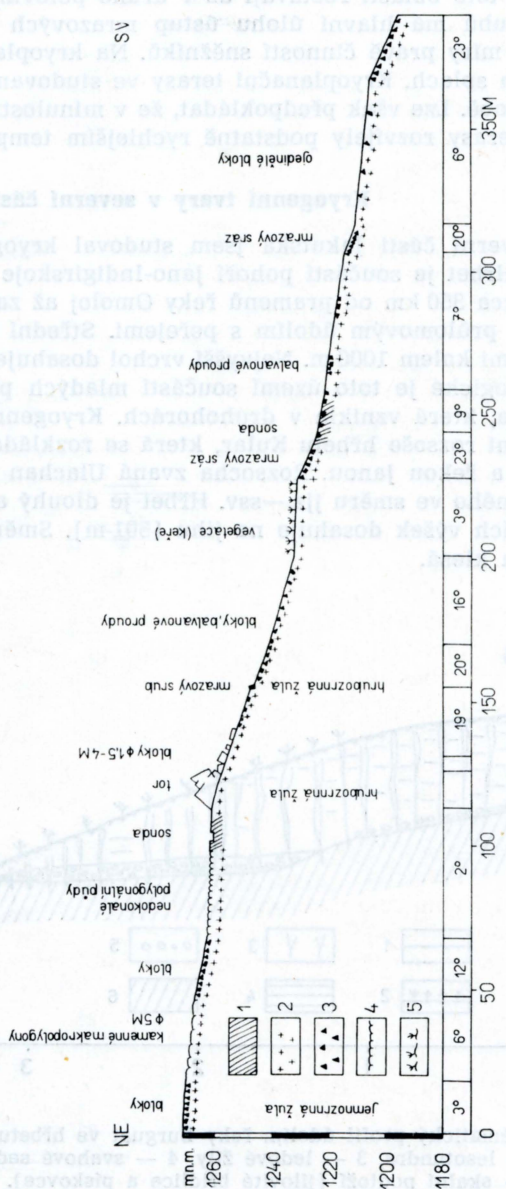
Aldanské nagorje má velmi chladné podnebí. Střední roční teplota v Aldanu je $-6,5^{\circ}$ a v Čulmanu $-9,5^{\circ}$. Střední roční teplota na povrchu půdy je rovněž záporná. S tím souvisí rozsáhlý výskyt permafrostu v pohoří. V severní a jižní oblasti s členitým reliéfem se permafrost vyskytuje na celé ploše a dosahuje mocnosti 400 m. Na vrcholech leží sníh 10—10,5 měsíců. Ve střední vrchovinné oblasti se permafrost vyskytuje jen v ostrovech s proměnlivou mocností. Pod většími rašeliništi dosahuje permafrost mocnosti 50—100 m, jinde pod pingo pouze 3—5 m/K. A. Kondratjeva 1966, str. 122—133). Fyzicko-geografické podmínky Aldanského nagorja jsou příznivé pro rozsáhlý rozvoj kryogenních pochodů. Kryoplanační terasy jsou zde velmi hojné a jejich studium má značný význam pro vysvětlení geneze reliéfu pohoří. Vrcholy mnoha izolovaných vrchů a hřbetů jsou velmi ploché (sklon 1—3°). Jsou pokryty sutí a vyskytují se na nich kamenné makropolygony. Sondy na vrcholech ukázaly, že mrazovým větráním narušené a načechrané podloží se vyskytuje v malé hloubce pod povrchem terénu. Sonda na vrcholové plošině izolovaného vrchu Šapka Monomacha (1271 m) ukázala následující profil (srov. obr. 5):

0,00—0,25 m žlutohnědá písčitá hlína s úlomky křemenců a žuly,
0,25—1,50 m mrazovým větráním nakypřená kvarcity in situ.

Plošiny jsou sečnými povrchy, které zarovnávají horniny různé odolnosti (např. kvarcity a žuly — srov. profil 5). Nad úroveň plošin se zvedají tumpy a izolované skály. Lze předpokládat, že mnohé vrcholové plošiny v Aldanském nagorje jsou kryoplanačního původu a vznikly protnutím kryoplanačních teras

a rozrušením staršího topografického povrchu. Některé vrcholové plošiny mají značný rozsah (např. na vrcholu Evota 1603 m — srov. foto 9). Na svazích pod vrcholovými plošinami se pak nacházejí stupně kryoplanáčnických teras. Zpravidla je na svazích vyvinuto několik teras. V půdorysu mají terasy obyčejně srpovitý tvar. V místech, kde vyšší terasa vyklíňuje, nasazuje nižší terasa. V některých případech však terasy lemují celý vrchol a dodávají mu tak tvar pyramidy. Takovým výrazně pyramidálním vrcholem je např. kóta 1300 m jižně od průsmyku Evota. Terasy mají různou velikost. Místy jsou to jen úzké lišty na svazích. Jindy však mají značný rozsah. Tak např. na jižním svahu masívu Evota nacházíme řadu teras, které dosahují šířky až 0,5 km a délky kolem 1 km. Rovněž sklon bývá různý. Při úpatí mrazových srubů dosahuje 5—7°. Ve středu a při vnějším okraji teras klesá až na 1—2°. Na povrchu teras se vyskytují činné polygonální půdy různých rozměrů a soliflukční proudy. Výrazné činné soliflukční proudy byly nalezeny při vnějším okraji teras v masívu Evota. Kryoplanáčnické terasy rovněž zarovnávají horniny různé odolnosti. Mocnost svahových sedimentů na terasách je různá, zpravidla nepřesahuje 2—3 m. Na některých terasách je nepatrná a na povrch vystupuje přímo skalní podloží. Sonda na kryoplanáčnické plošině na jižním svahu vrchu Šapka Monomacha v těsné blízkosti úpatí mrazového srázu měla následující profil: 0,00—0,30 m drobné úlomky porfyrické žuly, 0,30—0,50 m mrazem načechraný křemenec in situ.

Kryoplanáčnické terasy jsou navzájem odděleny příkřejšími úseky, které mají buď tvar mrazových srubů, tj. svislých až převislých skalních stěn, anebo mrazo-

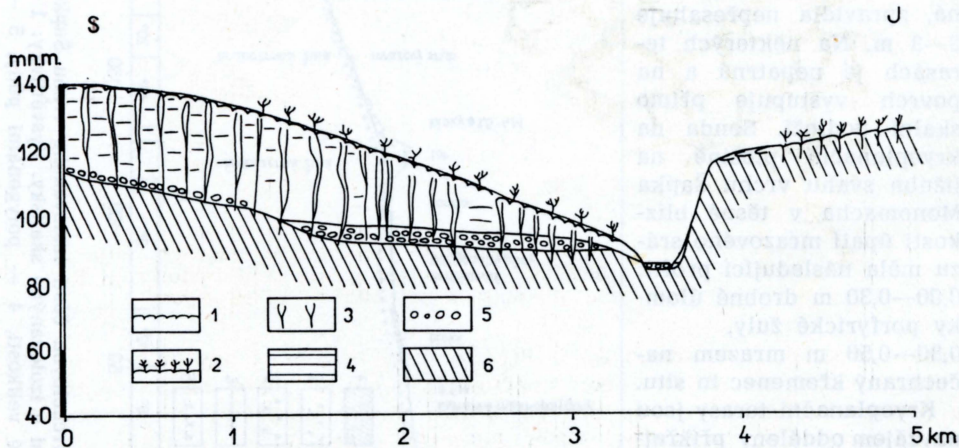


5. Profil vrcholovou částí izolovaného vrchu Šapka Monomacha v Aldanském nagorje s kryoplanáčnickými terasami a izolovanými skalisky. Vysvětlivky: 1 — křemenec, 2 — žula, 3 — ostrohranná suť až balvanovitě velikosti, 4 — polygonální půdy, 5 — keře. Zaměřil J. Demek, kreslila V. Hotešová.

vých srázů, tj. příkřejších úseků (sklon 20–60°), pokrytých hrubou sutí. Výška i délka mrazových srubů a srázů je různá. Mrazové sruby ve studované oblasti jsou méně časté než mrazové srázy. Výška mrazových srubů je několik metrů, výška mrazových srázů až několik desítek metrů. Délka mrazových srubů a srázů je od několika desítek metrů až po mrazový sráz na k. 1549 m v masívu Evota, který měl délku 840 m. Ve vývoji mrazových srubů a srázů lze sledovat několik etap, které odpovídají stadiím zjištěným u nás. Při vývoji mrazových srubů a srázů mají značný význam sněžníky (firnoviska), které v této oblasti roztávají až v druhé polovině léta. Při vývoji kryoplanačních srubů má hlavní úlohu ústup mrazových srubů a srázů, vyvolaný do značné míry právě činností sněžníků. Na kryoplanační terase pak působí soliflukce a splach. Kryoplanační terasy ve studovaném území se vyvíjejí i v současné době. Lze však předpokládat, že v minulosti byla období, kdy se kryoplanační terasy rozvíjely podstatně rychlejším tempem.

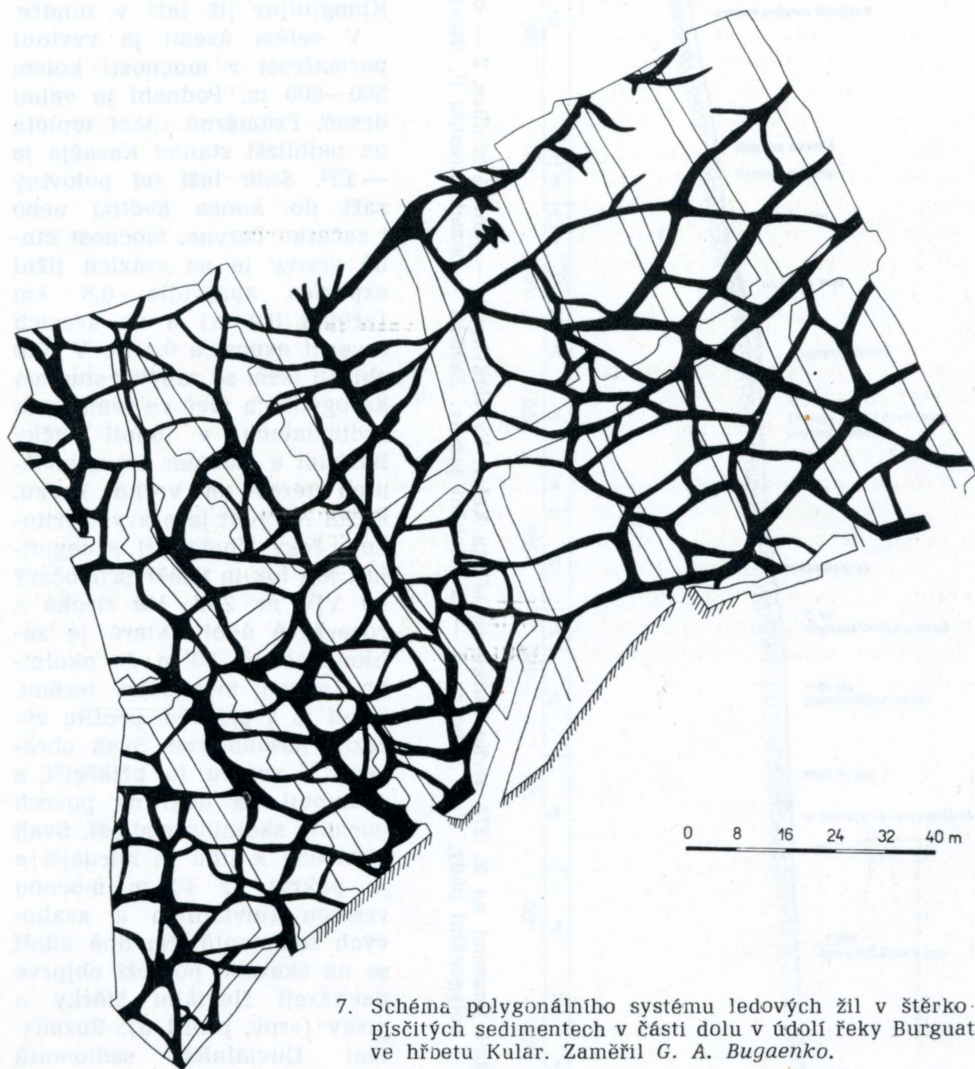
Kryogenní tvary v severní části Jakutska

V severní části Jakutska jsem studoval kryogenní tvary v oblasti hřbetu Kular. Hřbet je součástí pohoří Jano-Indigirskoje nagorje a táhne se na vzdálenost cca 350 km od pramenů řeky Omoloy až za řeku Janu, která se hřbetem prodírá průlomovým údolím s peřejemi. Střední část hřbetu má členitý reliéf s výškami kolem 1000 m. Nejvyšší vrchol dosahuje výšky 1289 m n. m. Po stránce geologické je toto území součástí mladých pásemných pohoří východního Jakutska, která vznikla v druhohorách. Kryogenní jevy a tvary jsem studoval v severní rozsoše hřbetu Kular, která se rozkládá mezi řekou Kjuččuguj Kjujulgur a řekou Janou. Rozsocha zvaná Ulačan Sis má tvar plochého hřbetu protaženého ve směru jz.—svv. Hřbet je dlouhý asi 55 km a široký 20–30 km. Největších výšek dosahuje na jihu (501 m). Směrem k severu výška plochého povrchu klesá.



6. Schématický profil údolím řeky Burguat ve hřbetu Kular. Vysvětlivky: 1 — tundra, 2 — lesotundra, 3 — ledové žíly, 4 — svahové sedimenty, 5 — fluviální sedimenty, 6 — skalní podloží (jílovité břidlice a pískovce).

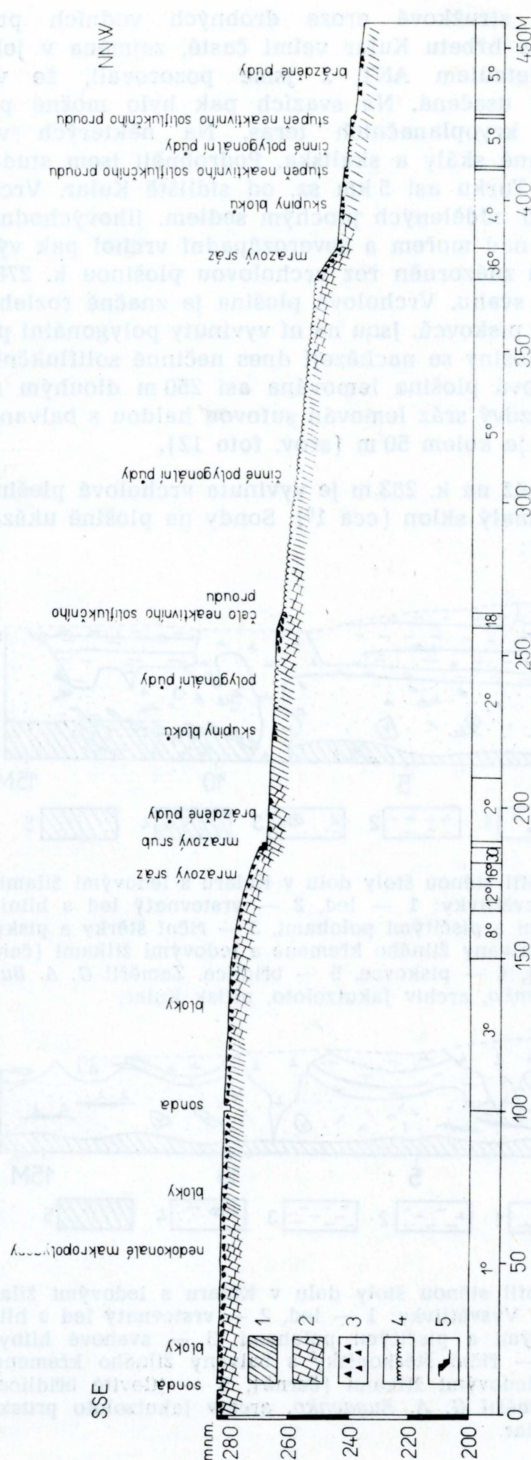
Zkoumané lokality se nacházejí v severní části rozsochy Ulachan Sis v okolí sídliště Kular. Hřbet je v této části rozčleněn nehlubokými a rozevřenými údolími rovnoběžných pravých přítoků řek Kjuččuguj Kjuegjuljur na zaoblené



7. Schéma polygonálního systému ledových žil v šterko-písčitých sedimentech v části dolu v údolí řeky Burguat ve hřbetu Kular. Zaměřil G. A. Bugaenko.

hřbety probíhající ve směru Z—V. Pro území je příznačná nesouměrná pravoúhlá říční síť. Hlavní řeky jako Kjuččuguj Kjuegjuljur tekou od jihu k severu a přítoky do nich ústí pod pravým úhlem. Rozvodní hřbety ve zkoumaném území mají výšku mezi 250—300 m. Po stránce geologické je území složeno z pískovců a jílovitých břidlic permu a triasu. V permských vrstvách převládají hlavně pískovce, kdežto v triasových převládají hlavně jílovce se slabými vrstvami pískovců. Horniny jsou částečně slabě metamorfovány. Studované území leží na hranici mezi lesotundrou a tundrou. Hranice je velmi ostrá. Le-

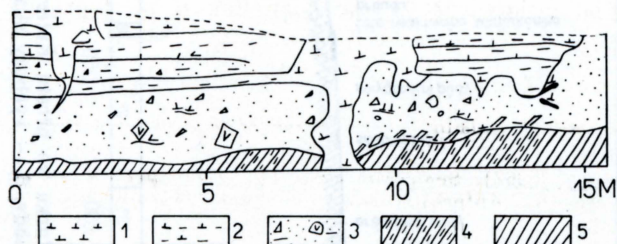
žily, jednak segregovaný led. U písčitých a šterkových sedimentů tvoří led 20—30 % objemu, u hlín pak 80—90 % objemu (ústní sdělení A. R. Gribova). Ledové žíly tvoří polygonální struktury, které jsou zřejmé na plánu (obr. 7). Na obr. 10 a 11 jsou pak znázorněny řezy ledovými žilami na stěnách štol dolu, založeného ve fluvialních a svahových sedimentech. Mocnost ledových žil v některých místech dosahuje v dolu až 8 m. Led se nachází v malé hloubce pod drnovou pokrývkou. Původní mechový povrch tundry je velmi stálý a jen zřídka jsme na mírných svazích nacházeli stopy po soliflukci. Při rozrušení mechové pokrývky např. traktory nebo terénními vozidly (vezdýchody) však rychle dochází k rozsáhlým svahovým pochodům. Vytáváním polygonálního systému ledových žil vznikají na mírně ukloněných svazích bajdžarachy. Již i při sklonu 3° jsme na porušeném povrchu pozorovali rozsáhlou soliflukci. Na hřebetu jižně od sídliště, kde byla rozrušena mechová pokrývka, vznikly soliflukční proudy široké až 20 m. Soliflukční proudy sestávají z jednotlivých jazyků s více nebo méně výrazným čely (sklon čel okolo 14°). Sklon povrchu jazyků odpovídá sklonu povrchu svahu ($3-6^{\circ}$). Současně se soliflukcí probíhá na svahu vodní eroze, a to jak plošný splach,



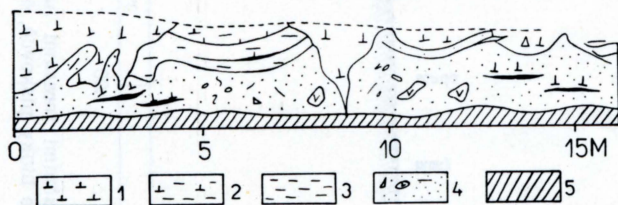
9. Profil kryoplanáčnými terasami na k. 283 vrchu Turku ve hřebetu Kular. Vysvětlivky: 1 — jilovité břutice, 2 — pískovce, 3 — ostrohranné bloky pískovců, 4 — polygonální půdy, 5 — výchozy skalního podloží. Zaměřil J. Demek, kreslila V. Hotešová.

tak i stružková eroze drobných vodních proudů. Kryoplanační terasy jsou na hřbetu Kular velmi časté, zejména v jeho střední části. Při nízkém letu letadlem ANT 2 jsme pozorovali, že většina vrcholů je plochá, jakoby usečená. Na svazích pak bylo možné pozorovat celou řadu (často 6—8) kryoplanačních teras. Na některých vrcholech jsme pak viděli izolované skály a skaliska. Podrobněji jsem studoval kryoplanační terasy na vrchu Turku asi 5 km sz. od sídliště Kular. Vrch Turku se skládá se dvou vrcholů oddělených plochým sedlem. Jihovýchodní vrchol dosahuje výšky 278 metrů nad mořem a severozápadní vrchol pak výšky 283 m n. m. Na profilu č. 8 je znázorněn řez vrcholovou plošinou k. 278 a kryoplanační terasou na jižním svahu. Vrcholová plošina je značně rozlehlá a zarovnává pruh břidlic a pruh pískovců. Jsou na ní vyvinuty polygonální půdy. Při jižním okraji vrcholové plošiny se nacházejí dnes nečinné soliflukční jazyky. Na jižním svahu je vrcholová plošina lemována asi 250 m dlouhým mrazovým srázem. Při úpatí je mrazový sráz lemován suťovou haldou s balvaný až 1,5 m v delší ose. Šířka terasy je kolem 50 m (srov. foto 12),

Rovněž na k. 283 m je vyvinuta vrcholová plošina, která má ve střední části velmi malý sklon (cca 1°). Sondy na plošině ukázaly následující profily (srov. obr. 9):



10. Profil stěnou štoly dolu v Kularu s ledovými žilami. Vysvětlivky: 1 — led, 2 — vrstevnatý led s hlinitými a písčitými polohami, 3 — říční štěrky a písky s balvaný žilného křemene a ledovými žilkami (černě), 4 — pískovce, 5 — břidlice. Zaměřil G. A. Bugaenko, archiv Jakutzoloto, priisk Kular.



11. Profil stěnou štoly dolu v Kularu s ledovými žilami. Vysvětlivky: 1 — led, 2 — vrstevnatý led s hlinitými a písčitými polohami, 3 — svahové hlíny, 4 — říční štěrky a písky s balvaný žilného křemene a ledovými žilkami (černě), 5 — jílovité břidlice. Zaměřil G. A. Bugaenko, archiv Jakutzoloto priisk Kular.

sonda 1

0,00—1,00 m hnědá písčitá hlína s úlomky pískovce,
1,00—1,90 m mrazovým větráním načechraný pískovec s křemennými žilami

sonda 2

0,00—0,45 m šedohnědá jílovitá hlína s úlomky břidlic a pískovců,
0,45—1,15 m černošedé břidlice.

Sondy ukazují, že vrcholová plošina je sečnou plošinou. Mrazové načechrání spolu s polygonálními půdami nasvědčuje kryogennímu původu. Na severovýchodním svahu se pak nacházejí 3 výrazné kryoplanační plošiny. Na jejich povrchu nacházíme živé soliflukční proudy a polygonální a brázděné půdy, které jsou dokladem, že terasy se vyvíjejí i v současné době. I v této oblasti se však dá soudit, že v mi-

nulosti bylo období, kdy se terasy vyvíjely ještě intenzivněji než v dnešních klimatických podmínkách. Velmi zajímavý je severní svah vrcholové plošiny na k. 278 m. Vegetace na tomto svahu je velmi rozředěná. Při sklonu povrchu 3⁰ jsou zde vyvinuty voštinovité půdy s vyklenutými jádry. Jsou to čtvercovité až obdélníkové tvary lemované cca 10 m širokými pruhy vegetace. Hrana čtverců a obdélníků je 0,75—1,0 m. Lze předpokládat, že pod pruhy vegetace jsou ledové žíly, které vytávají a provlhlčují půdu. Tím umožňují rozvoj vegetace. Hlinité jádro s drobnými úlomky břidlic je dále rozpraskané na drobné polygony. Hlína je thixotropická. Při sklonu 8⁰ se obdélníky protahují, až vegetace tvoří přímé pruhy mezi jednotlivými hlinitými poli. Na hlinitých jádrech dochází při tomto sklonu ke stružkové erozi.

P o d ě k o v á n í. Závěrem pokládám za svoji povinnost poděkovat prof. P. I. Melnikovu, DrSc., řediteli Institutu merzlotovedenija AN SSSR v Jakutsku, který mně tuto cestu umožnil a na části cesty osobně doprovázel. Dále pak vědeckým pracovníkům tohoto ústavu P. S. Kačurinovi DrSc., P. A. Solov'jevu, G. F. Gravisovi, I. S. Ivanovu, V. T. Balabajevu, E. M. Katasonovu a I. V. Klimovskému, kteří mně doprovázeli na exkurzích a diskutovali se mnou problémy kryogenních jevů v terénu i laboratoři. Dále děkuji řediteli priisku Kular-trestu Jakutzoloto G. P. Ivanovu a hlavnímu geologu A. R. Gribovu za sdělení cenných údajů a doprovod po oblasti hřbetu Kular. Hlavnímu geologu Janské geologo-rozvědočné expedice v Batagaji M. S. Carikovu děkuji za doprovod a výklad v okolí Batagaje.

Literatura

- DOLGUŠIN I. J. (1961): Geomorfologija zapadnoj časti Aldanskogo nagorja. Moskva, 206 str.
- GAKKELJA J. J. - KOROTKEVIČ E. S. (1962): Severnaja Jakutija. Fyzikogeografičeskaja charakteristika. Trudy Arktičeskogo i Antarktičeskogo naučno issledovatel'skogo inštituta 236: 79, Leningrad.
- GERASIMOV I. P. (1952): Sovremennye perežitki pozdnelednikovych javlenij vblizi samoj cholodnoj oblasti mira. Izvestija Akademii nauk SSSR, serija geografičeskaja, 1952(5): 16—22, Moskva.
- GRAVIS G. F. (1962): Ledjanyje žily v deljuviaľno-soliflukcionnych otloženijach. Vo-prosy geografii Jakutii 2: 107—112, Jakutija.
- (1964): Stadijnost v razvitii nagornych terras (na primere chrebtu Udogan). Vo-prosy geografii Zabajkalskogo severa, str. 133—142, Moskva.
- Jakutija. Moskva 1965, 267 str.
- KAČURIN S. P. (1961): Termokarst na territorii SSSR. Moskva, 91 str.
- KATASONOV E. M. (1964): Merzlotno-faciaľnyj analiz, kak metod izučeniya mnogoletnemerzlych četvertičnych otloženij. Report of the Vith International Congress on Quaternary, Warsaw 1961, IV: 103—109, Lodž.
- KONDRAT'JEVA K. A. (1966): Osnovnyje osobennosti rasprostraneniya mnogoletnemerzlych porod Aldano Timpontonskogo meždureč'ja. Merzlotnyje issledovanija V: 122—133, Moskva.
- KORNILOV B. A. (1962): Reljef jugovostočnoj okrajiny Aldanskogo nagorja. Moskva, Materialy VIII vsesojuznogo meždovedomstvenogo sověščanija po geokriologii (merzlotovedeniju) 1—7, Jakutsk 1966.
- MELNIKOV P. I. (1966): O glubokom promerznanii verchnoj zony zemnoj kory v Jakutii. Sbornik konferencii Geotermija i ispolzovanije tepla zemli. Nauka, Moskva, v tisku.
- SOLOV'JEV P. A. (1952): Bulgunnjachy Centralnoj Jakutii. In Issledovanija večnoj merzloty v Jakutskoj respublike 3, Moskva.
- (1962): Alasnyj reljef centralnoj Jakutii i jego proischožděníje. In mnogoletnemerzlyje porody i soputstvujuščije jim javlenija na territorii Jakutskoj ASSR, Moskva, str. 38—53.

- [1963]: Alasnyje doliny Jakutii. In *Usloviya i osobennosti razvitija merzlych tolšč v Sibiri i na Severovostoke*, Moskva, str. 80—90.
- TRUŠ N. I. [1966]: Osnovnyje osobennosti inženerno-geologičeskich uslovij oblasti rasprostraneniya mnogoletnemerzlych porod (na primere Aldanskogo rajona Južnoj Jakutii). In *Merzlotnyje issledovanija V: 134—149*, Moskva.

REPORT ON THE STUDY OF CRYOGENE PHENOMENA IN YAKUTIA (USSR)

The author presents in his report a brief survey on the results of his study of cryogene phenomena in Yakutia during his stay from August 4, to September 2, 1966. In Yakutia the natural conditions are characteristic and resemble those in Europe towards the end of the last glaciation. Permafrost occurs on the whole territory of Yakutia and it reaches the thickness of as much as 1500 m (P. I. Melnikov, 1966). These natural conditions are the cause of an extensive development of cryogene processes and forms.

In Yakutia, the study of cryogene phenomena and forms is carried out in the very well equipped Institut merzlotovedeniya sibirskogo otdeleniya Akademii nauk SSSR.

The author studied the cryogene phenomena in three different areas: the central part of Yakutia, the Aldanskoye Nagorye in the southern part and on the Kular Ridge in the northern part of Yakutia.

In the lowland part of central Yakutia the author dealt especially with the study of thermokarst phenomena. Central Yakutia is from the geological point of view a part of the Siberian Platform. The area is built of Mesozoic rocks covered with thick layers of continental Tertiary and Quaternary deposits. Thermokarst phenomena occur predominantly on the middle terraces of the Lena River where thick loam layers of Middle- and Upper Pleistocene age containing large masses of secondary ground ice accumulated due to neotectonic subsidence movements. Through thermokarst processes depressions of various shape and size develop termed by the Yakutian expression "alas". In the enclosure the various stages of the development of the alas according to P. A. Solovyev are represented. The alas are of considerable importance for Yakutia's economy.

A further form, very common in central Yakutia, are the pingos called in this area "bulgunyakhly".

During his voyage on the Lena and Aldan Rivers the author investigated the ice veins in fresh exposures on underwashed banks. In the enclosure the representative exposure through the Tertiary and Quaternary deposits on Mamontovaya Gora Mt. (cf. profile No. 4) is shown.

In Yakutia's southern part, in the Aldanskoye Nagorye, the author paid attention especially to the study of cryoplanation terraces. The Aldanskoye Nagorye is a large ancient mountain range forming a part of the Siberian Platform and built of crystalline fundament covered with Cambrian and Jurassic deposits. Permafrost of variable thickness is developed in the mountain range. The cryoplanation terraces are very common here. The study of the exposures revealed that the cryoplanation terraces are destruction surfaces covered with but a thin layer of slope material. The cryoplanation terraces develop due to the retreat of the steeper parts having in the mountain range more often the form of frost-riven scarps than that of frost riven cliffs. Several stages can be noticed in the development of the terraces corresponding to the stages established in Czechoslovakia. The cryoplanation terraces develop in the mountain range even at present. But it may be supposed that there was a period in the past when the cryoplanation developed at a considerably higher rate.

In the northern part of Yakutia the author studied cryogene forms in the area of the Kular Ridge especially in its northern spur called Ulakhan Sis. In the whole territory permafrost of a thickness of 500—600 m is developed. The author studied on the one hand the cryogene phenomena on slope deposits in the Burguat River Valley and on the other hand the cryoplanation terraces on Turku Hill (elevation 278 m a. s. l.).

The Burguat River is the right tributary of the Kyuchchuguy Kyuegyulyur River and its flow is almost rectilinear, from ESE towards WNW. The valley is in its cross profile markedly assymmetric. The slope facing north is steeper and sandstones and shales of Permian and Triassic age outcrop on it. The slope with southern exposition is gentler and covered with slope and fluvial deposits of a thickness of as much as

40 m. In slope deposits both, ice veins and segregated ground ice can be found. The ice veins form a polygonal network (enclosure No. 7). Due to their thawing pyramidal forms, called "baydzharakhy", develop on the surface. Solifluction occurs but in places where the vegetation cover of the tundra was disturbed. The solifluction is always accompanied by sheet wash.

The cryoplanation terraces are very common on the Kular Ridge. The author investigated them in detail on Turku Hill where they are developed in sandstones and shales. In contradistinction to the Aldanskoye Nagorye the vegetation is very scarce on the cryoplanation terraces and the processes observed on the terraces are more active than those in the southern part of Yakutia. But one can suppose that even in this area the cryogene processes in Pleistocene passed more intensely than they do in present climatic conditions.

Captions for Figures:

1. General map with the marked route of the journey and the individual localities described in the text. Explanations: 1 — voyage by airplane, 2 — journey by car, 3 — voyage by ship, 4 — regions in which cryogene phenomena were investigated in detail, 5 — localities described in the text. Drawn by V. Holešová.
2. Scheme of the development of thermokarst depressions (alases) according to P. A. Solovyev. Explanations: a — initial stage of the bylar, b — bylar stage, c — initial stage of the duyoda, d — duyoda stage, e — tympy stage.
3. Plan of the thermokarst valley at the initial stage of development in the surroundings of the town of Pokrovsk (according to P. A. Solovyev, 1963). Explanations: 1 — old river valley sides, 2 — bottom of the old river valley, 3 — depression developed through the thawing of ice veins, 4 — bottom of thermokarst basins, 5 — lakes, 6 — edge of the slopes of the thermokarst valley and alases, 7 — disintegrated parts of the scarps of the alases, 8 — border of the territory with ice vein occurrence, 9 — partly disintegrated low ridges among the individual thermokarst basins, 10 — considerably disintegrated low ridges among thermokarst basins, 11 — low ridge disintegrated during 1946—1961, 12 — initial thermokarst stages, 13 — passages among basins over the low ridges, 14 — narrow rills on low ridges, 15 — water overflow over the disintegrated margin of the basin, 16 — water discharge through narrow rills and without channel, 17 — old discharge lines in various altitudes above the lakes, 18 — boreholes.
4. Profile through the deposits on Mamontovaya Gora (Mt.) on the Aldan River bank (according to E. M. Katasonov, 1964). Explanations: 1 — slope deposits, 2 — flood plain deposits, 3 — fluvial deposits (river bed facies) with ice lenses, 4 — sands, 5 — loams with numerous plant remnants, 6 — flood plain loams with peat, 7 — gravels, 8 — sands with remnants of thermophile flora, 9 — ice veins, 10 — pseudomorphs after ice wedges with loamy filling, 11 — pseudomorphs after ice wedges with sandy filling and pressure phenomena on sides.
5. Profile through the summit part of the isolated hill Shapka Monomakha in the Aldanskoye Nagorye with cryoplanation terraces and tors. Explanations: 1 — quartzites, 2 — granite, 3 — angular waste even of boulder size, 4 — polygonal grounds, 5 — shrubs. Levelled by J. Demek, drawn by V. Holešová.
6. Schematic profile through the Burguat River valley in the Kular Ridge. Explanations: 1 — tundra, 2 — forest tundra, 3 — ice veins, 4 — slope deposits, 5 — fluvial deposits, 6 — bedrock (shales and sandstones).
7. Scheme of the polygonal pattern of ice veins in gravel-sandy deposits in a part of the gold mine in the Burguat River valley in the Kular Ridge. Levelled by G. A. Bugaenko.
8. Profile through the cryoplanation terraces on elevation 278 of Turku Hill in the Kular Ridge. Explanations: 1 — shales, 2 — angular sandstone blocks, 3 — polygonal grounds, 4 — sandstones, 5 — solifluction tongues. Levelled by J. Demek, drawn by V. Holešová.
9. Profile through the cryoplanation terraces on elevation 283 of Turku Hill in the Kular Ridge. Explanations: 1 — shales, 2 — sandstones, 3 — angular sandstone blocks, 4 — polygonal grounds, 5 — bedrock outcrops. Levelled by J. Demek, drawn by V. Holešová.

10. Profile through the wall of the gallery in the gold mine in Kular with ice veins. Explanations: 1 — ice, 2 — foliated ice with loamy and sandy layers, 3 — river gravels and sands with boulders of vein quartz and ice veinlets (black), 4 — sandstones, 5 — shales. Levelled by G. A. Bugaenko. Archives of the Yakutzoloto, priisk Kular.
11. Profile through the wall of the gallery in the gold mine in Kular with ice veins. Explanations: 1 — ice, 2 — foliated ice with loamy and sandy layers, 3 — slope loams, 4 — river gravel sands with vein quartz boulders and ice veins (black), 5 — shales. Levelled by G. A. Bugaenko. Archives of the Yakutzoloto, priisk Kular.

Text to the Photographs:

1. Main building of the Institut Merzlotovedeniya Sibirskogo otdeleniya AN SSSR in Yakutia.
2. Large pingo in the central part of Yakutia. (Photo *P. A. Solovyev.*)
3. Small lake on the bottom of the thermokarst depression in the thermokarst valley near the town of Pokrovsk.
4. Exposure in the 60 m high terrace of the Lena River on Peshchannaya Gora (Mt.). Depressions develop on the slope due to irregular thawing of the permafrost.
5. Ice vein in the sands of the 60 m high terrace of the Lena River on Peshchannaya Gora (Mt.).
6. Wall of the thermo-cirque in the 80 m high terrace of the Aldan River on Mamontovaya Gora (Mt.) with ice veins.
7. General view of the Evota Massif in the Aldanskoye Nagorye with cryoplanation terraces. In foreground stone stripes.
8. Cryoplanation flat on the top of Evota Mt. (1603 m) in the Aldanskoye Nagorye with polygonal grounds.
9. Polygonal grounds in the Yana River flood plain. Aerial photograph. Archives of the Institut merzlotovedeniya Sibirskogo otdeleniya AN SSSR, Yakutia.
10. Gully developing due to thawing of ice veins after the disintegration of the vegetation cover of the tundra (Kular Ridge).
11. Cryoplanation terrace on the southern slope of Turku Hill in the Kular Ridge. (Photos 1, 3—8, 10, 11 *J. Demek.*)

K článku *J. Demka*: Zpráva o studiu kryogenních jevů v Jakutsku



1. Hlavní budova Institutu merzlotovedeniija Sibirskogo otdelenija AN SSSR v Jakutsku. [Foto *J. Demek.*]

2. Velký bulguňach ve střední části Jakutska. [Foto *P. A. Solov'jev.*]





3. Jezírko na dně alasu v termokrasovém údolí u města Pokrovsk.

4. Odkryv v 60 m terase řeky Leny na Pesčanoj gore. Nerovnoměrným vytáváním permafrostu vznikají na svahu prohlubně.





5. Ledová žíla v píscích
60 m terasy řeky Leny
na Peščannoj gore.

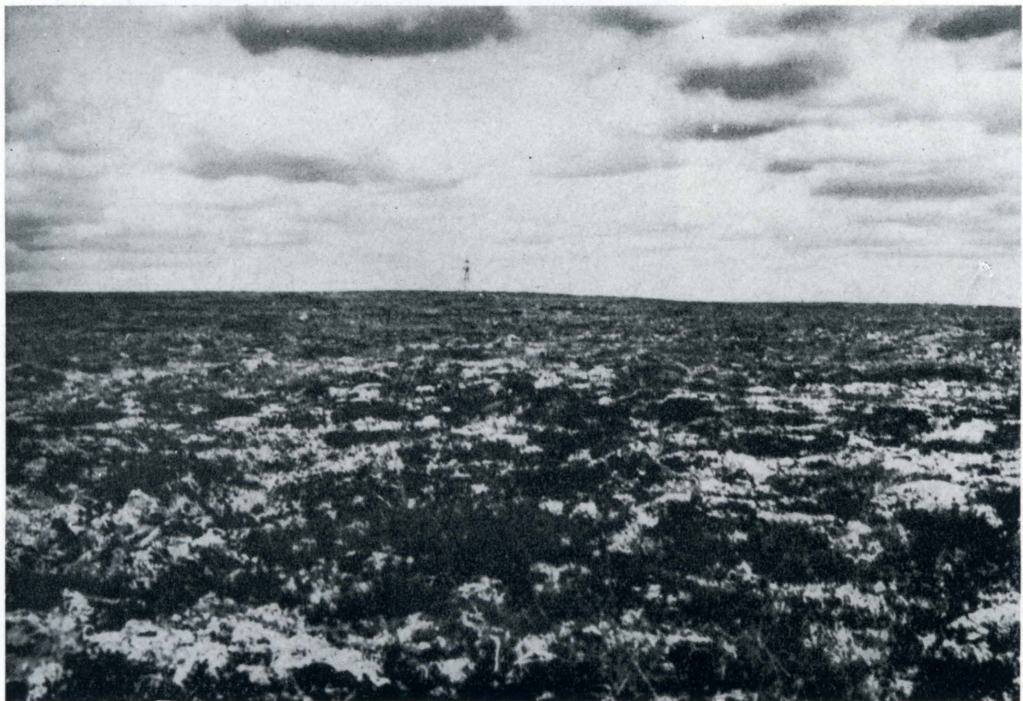


6. Stěna termokaru v 80 m
terasy řeky Aldanu na
Mamontovoj gore s le-
dovými žílami.



7. Celkový pohled na masív Evota v Aldanském nagorje s kryoplanačními terasami. V popředí brázděné půdy

8. Vrcholová kryoplanační plošina na vrcholu hory Evota (1603 m) v Aldanském nagorje s polygonálními půdami. (Snímky 3—8 J. Demek.)





9. Polygonální půdy v údolní nivě řeky Jany. Letecký snímek archiv Institutu merzlotovedeniija SO AN SSSR, Jakutsk.

10. Strž vznikající vytáváním ledových žil po rozrušení vegetačního pokrývku tundry (Kular).



11. Kryoplanační terasa na jižním svahu vrchu Turku ve hřbetu Kular. (Snímky 11—12 J. Demek.)

