

A. I. Popov
Moscou

CARTES DES FORMATIONS PERIGLACIAIRES ACTUELLES ET PLEISTOCENES EN TERRITOIRE DE L'U.R.S.S.

Le présent article contient la description des deux cartes des formations périglaciaires en territoire de l'U.R.S.S. Les explications plus détaillées se trouvent dans le manuscrit remis à la Commission de Géomorphologie Périglaciaire.

C'est pour la première fois qu'on rédige les cartes de ce genre portant sur les territoires de l'U.R.S.S. Le problème du contenu des cartes a été étudié à plusieurs reprises lors des séances du Comité National Soviétique et de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire. Nous avons dû aborder la question de la morphologie périglaciaire en tenant compte de cette tâche toute nouvelle ce qui, en conséquence, s'est reflété dans le contenu des cartes. Pour le moment, celles-ci demeurent hypothétique et comportent de nombreuses lacunes. Notons toutefois que ceci concerne bien plus la carte des formations périglaciaires pléistocènes que celles des phénomènes périglaciaires actuels.

A défaut d'une légende générale qui serait valable pour tous les pays où l'on cartographie actuellement les phénomènes periglaciaires, nous avons été obligé d'établir les deux cartes d'après notre propre légende. Ceci créera probablement quelques difficultés lors de la rédaction des cartes des régions voisines.

Afin de faciliter la lecture de nos cartes, nous avons jugé utile de fournir ci-après quelques précisions et éclaircissements.

Dans les conditions polaires et périglaciaires, l'évolution du relief est dominée par deux phénomènes: par les fissures dues au gel, en premier lieu, et par les fentes de dessiccation, en second lieu. D'autres phénomènes, comme gonflement du sol, formation des „nalédi”, solifluxion libre, sont beaucoup moins importants et n'apparaissent que localement, sur des espaces réduits. Les formations dues au craquement polygonal, accompagnées de fentes de toute sorte, constituent autant d'effets essentiels de l'action des processus périglaciaires. Ce sont certes les formes les plus notables et les plus durables de morphogénèse périglaciaire.

En tenant compte de différents processus exogéniques et de diverses

formes de relief périglaciaire observés sur les territoires qui nous intéressent, on a pu distinguer 3 régions principales attestant l'évolution des phénomènes périglaciaires:

- I — régions où prédominent les processus de dénudation;
- II — régions présentant un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation;
- III — régions où prédominent les processus de dénudation.

Sur les terrains syngénétiques (I catégorie), le processus d'accumulation est accompagné de divers processus de congélation du sol (terrasses d'inondation, marécages, deltas, terrains maritimes). L'épaisseur du tjäle augmente à mesure que s'accroît l'épaisseur des dépôts. Sur les terrains en question, parmi les phénomènes les plus fréquents de tjäle, il convient de citer les fissures à remplissage de glace; en surface apparaissent de grands polygones.

Dans les régions épigénétiques (II catégorie), s'observe un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation (surfaces d'altiplanation faiblement fragmentées, terrasses). Vu l'absence de processus d'accumulation, le niveau de tjäle n'est pas soumis aux oscillations.

Parmi les formes typiques imputables au tjäle, il faut signaler les fissures épigénétiques provoquées par le gel à l'intérieur desquelles se développent les fentes en coin. Le développement intense des processus de gélation dans des fissures aboutit à la transformation des parties supérieures du substratum en matériel limoneux de couverture. La couverture homogène de limons se développe donc à la suite de l'élargissement des fissures et de la disparition de sols polygonaux se trouvent entre les fentes. Ainsi se constitue une couverture compacte de formations limoneuses comportant au substratum, des fentes en coin. L'évolution du processus qu'on vient de décrire n'est possible que sur les terrains stables présentant un équilibre des processus d'accumulation et de dénudation.

Les régions appartenant à la troisième catégorie (III, dénudation) se caractérisent par les processus de dénudation fortement développés, accompagnés de processus de tjäle (terrains montagneux, surfaces abruptes de pente). La surface du tjäle s'abaisse à mesure que la dénudation progresse. D'intenses processus de solifluxion et de Nivation se manifestent principalement le long des fissures épigénétiques dues au gel. Parmi les phénomènes les plus caractéristiques, il convient de noter ici le processus de dégradation des grandes formes du type de terrasses d'altiplanation. Grâce à la dénudation, les processus de tjäle pénètrent toujours plus en profondeur, en affectant les surfaces qui se dégagent continuellement. Sur les versants s'observe un mouvement ininterrompu des couvertures de nivation-solifluxion.

Il convient de remarquer que la présence de pergélisol n'est pas toujours nécessaire pour le développement des processus de tjäle. Le pergélisol peut être fort bien remplacé par le tjäle saisonnier. En ce cas, cependant, une congélation saisonnière bien profonde est indispensable. Les processus de tjäle développés sur le substratum de tjäle saisonnier ne laissent pas toutefois de formes durables.

Voici quelques précisions portant sur le contenu des cartes annexées.

La carte schématique des formations périglaciaires actuelles et des formations périglaciaires de l'Holocène supérieur en U.R.S.S. comporte deux sortes de signes. Les hachurages indiquent les régions présentant différents faciès du relief périglaciaire. D'autres signes marquent l'apparition de divers éléments du relief périglaciaire dans les régions. Compte tenu du divers développement des processus de tjäle, on a pu reporter sur la carte les régions suivantes:

- régions où prédominent les processus d'accumulation en vigueur aussi bien durant l'Holocène supérieur qu'à l'heure actuelle;
- régions présentant un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation;
- régions où prédominent les processus de dénudation.

On en arrive à distinguer les unités régionales suivantes:

- 1 régions où prédominent les processus d'accumulation imputables au pergélisol d'origine sygénétique avec fentes en coin à remplissage de glace, développés dans les fissures dues au gel;
- 2 régions où prédominent les processus d'accumulation dûs au tjäle saisonnier;
- 3 régions caractérisées par un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à pergélisol ancien sous-jacent d'origine syngénétique;
- 4 régions planes caractérisées par un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à substratum épigénétiquement gelé;
- 5 régions d'altiplanation présentant un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à substratum épigénétiquement gelé;
- 6 régions caractérisées par un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à substratum rocheux atteint par le tjäle saisonnier;
- 7 régions où prédominent les processus de dénudation à pergélisol sous-jacent;
- 8 régions où prédominent les processus de dénudation à tjäle saisonnier sous-jacent;
- 9 régions où l'évolution du relief périglaciaire ne se manifestent

pas actuellement et qui en étaient exemptes également durant l'Holocène supérieur;

10 régions marquées actuellement par la glaciation.

Sur la carte, on a tracé également la limite de l'extension actuelle du pergélisol. Elle embrasse presque toutes les régions soumises actuellement à l'évolution des phénomènes périglaciaires. Les terrains, où se manifestent les phénomènes périglaciaires à tjäle saisonnier sous-jacent, se trouvent, dans la plupart des cas, en dehors de la limite en question. Il en résulte que l'évolution actuelle des phénomènes périglaciaires dépasse les frontières de la zone du pergélisol, en affectant, par conséquent, des surfaces bien plus étendues que le tjäle lui-même.

Examinons maintenant les formes de relief caractéristiques des régions périglaciaires. D'après le schéma des types génétiques de phénomènes périglaciaires, nous pouvons distinguer 3 groupes morphogénétiques:

- A — macrostructures conditionnées par les fissures dues au gel;
- B — microstructures conditionnées par les fissures de dessiccation et par l'évolution des processus gel-dégel à l'intérieur de ces fissures;
- C — formations dépourvues de structures et non conditionnées par le développement des fissures,

Faute de place, il ne sera ici question que des formes faisant partie de ces trois groupes morphogénétiques précités.

A. Groupe de macrostructures:

- 11. polygones avec veines de glace,
- 12. polygones avec veines de glace, agrémentés de formes thermokarstiques,
- 13. tourbières avec buttes gazonnées plates — formes polygonales de caractère résiduel dues à la fonte des minces veines de glace (partie occidentale de l'Arctique et de la Subarctique),
- 14. „baydjaraks” — formes polygonales résiduelles dues à la fonte des grosses veines de glace (partie orientale de l'Arctique et de la Subarctique),
- 15. „alass” — formes concaves de relief, dues à la fonte des grosses veines de glace,
- 16. polygones avec veines de sol,
- 17. polygones déformés avec veines de sol — polygones en dégradation, dépourvus de couverture limoneuse (au Nord de la partie européenne de l'U.R.S.S.),
- 18. formes rappelant les buttes gazonnées avec enfoncements — polygones en voie de dégradation, dépourvus de couverture limoneuse (Sibérie orientale),

19. pseudo — kames,
20. buttes gazonnées — tertres,
21. terrasses d'altiplanation — variante de grandes formes montagneuses polygonales se développant sur versants.

B. Groupe de microstructures:

22. formes tachetées, en médaillon,

23. polygones de pierres, cercles et autres formes de ségrégation par le gel,

24. stries de solifluxion sur versants.

C. Groupe de formes sans structure:

25. „nalédi” stratifiés,

26. buttes gazonnées saisonnières de poussée, dues au gonflement du sol,

27. buttes gazonnées pérennes de poussée, dues au gonflement du sol,

28. buttes gazonnées formées à la suite de la migration de l'eau vers la surface gelée,

29. formations solifluctives conditionnées par le mouvement du sol.

(Pour les descriptions et la genèse des formations précitées consulter d'autres ouvrages de l'auteur).

Les régions d'accumulation à pergélisol sous-jacent sont liées à des terrasses d'inondation et de surinondation des grands fleuves tels que la Kolyma, l'Indighirka, la Jana, la Léna, la Chtanga, la Pryjasnica, l'Iénisséi, ainsi qu'à la zone de plaines d'étendant le long de la rive occidentale de l'embouchure de l'Ob. Sur ces terrains se développent les polygones entourés de fissures à remplissage de glace.

Les régions se caractérisant par un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à substrat syngénétiquement gelé, avec de la glace des fissures, embrassent le plaine de la Jana, de l'Indighirka et de la Kolyma, les îles de la Nouvelle-Sibérie, la plaine maritime d'Anabora-Oledniok, de la Léna-Wilui et la dépression de l'Anadyr. Au Pléistocène, les terrains précités ont été recouverts d'alluvions fluviatiles et de dépôts deltaïques, où s'est développé un réseau polygonal de fissures dues au gel à remplissage de glace. Toutes ces formes sont parfaitement lisibles sur la carte. En des endroits abandonnés par la glace en fonte, on rencontre des „alass”. A l'intérieur des formes concaves des „alass” on observe maintenant (Holocène et période actuelle) le développement de nouvelles fissures polygonales à remplissage de glace.

Les régions présentant un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à substrat épigénétiquement gelé se divisent en des te-

rrains plans et en des terrains d'altiplanation. La limite est indiquée par la ligne horizontale à 300 m.

Les terrains plans comprenant la dépression du Taïmyr, la partie septentrionale de la plaine sibérienne occidentale, les toundras Bolszeziemielska et Maloziemielska, ont été exposés à une longue accumulation marine et glaciaire au cours du Pléistocène. La congélation épigénétique des dépôts d'une grande puissance a eu lieu au déclin du Pléistocène et au début de l'Holocène.

Les fissures polygonales, communément répandues, pour la plupart déformées et difficilement détectables, remplies de limons de couverture, apparaissent de règle en des surfaces stables. Sur ces terrains, le développement des processus de tjäle n'a pas été perturbé ni compliqué par des processus d'accumulation et de dénudation. On y rencontre souvent les polygones entourés de bourrelets de terre et de fissures à remplissage de glace. Cependant, l'extension de ces formes a le caractère plutôt local. N'occupant pas de surfaces trop étendues, elles se trouvent déjà en dégradation. Signalons à ce titre la formation du thermokarst et la transformation des formes en question en des tourbières à buttes gazonnées plates. Ce dernier phénomène se rattache à l'évolution des tourbières durant l'Holocène. En effet, la tourbe se développe de préférence dans des dépressions de toute sorte. L'accroissement de la tourbe y est accompagné de congélation des dépôts et de formation des fissures de gel qui donnent naissance à des formes polygonales.

Une zone très étendue avec buttes gazonnées formées à la suite du gonflement du sol, provoqué par la migration de l'eau vers la surface gelée, embrasse la Sibérie occidentale et les régions septentrionales en territoire européen de l'U.R.S.S. Elle marque les terrains de dégradation du pergélisol. L'évolution de la dégradation du pergélisol se rapporte au maximum thermique de l'Holocène. Ce processus est accompagné de formation des „alass” très étendus. Ensuite, les tourbières à la tourbe fondue ont subi l'action du gel d'origine épigénétique, et c'est à la période de congélation des tourbières que s'associe le processus de développement des buttes gazonnées.

Les terrains d'altiplanation, caractérisées par un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à substrat épigénétiquement gelé, embrassent les parties élevées de la Sibérie centrale, du plateau de la Léna-Anadyr et la partie septentrionale de la péninsule de Kola. Parmi les formes les plus typiques rencontrées sur ces terrains, et en particulier en Sibérie, il convient de citer de larges polygones à fissures ainsi que des formes ressemblant aux buttes gazonnées avec enfoncements. Nous sommes ici en présence de formes issues de sols polygonaux. Leur évolution

s'observe en des surfaces attestant une stabilisation relative survenue en climat continental sévère et assez sec, caractéristique des terrains de la Sibérie orientale.

L'origine des buttes gazonnées dues au gonflement du sol est impu-table à la pression hydrostatique et hydrodynamique de l'eau contenue dans le sol gelé. Ce sont là, pour la plupart, des formes isolées; rarement, on en rencontre 3 ou 4 groupées ensemble. Elles appartiennent à la caté-gorie des formes pérennes. Cependant, on rencontre parmi elles aussi des formes saisonnières, p. ex. les „boulgounnyakhs” et les hydrolaccolithes. L'évolution de ces formes remonte à la période holocène tardive.

La présence de buttes gazonnées en Sibérie orientale s'explique par des conditions locales dues au climat typiquement continental. Leur genèse est liée à la migration de l'eau lors de la congélation de la zone active fortement imbibée d'eau et atteignant 5—7 m d'épaisseur.

Les régions attestant un stabilisation relative des processus d'accumu-lation et de dénudation à tjäle saisonnier sous-jacent, présentant une aire d'extension restreinte. On les rencontre dans la péninsule de Kola, en Kamtchatka et en Extrême-Orient.

Les régions où prédominent les processus de dénudation (à mesure que la dénudation progresse, le niveau de perglisol s'abaisse) comprennent les terrains montagneux de la partie Nord-Est de l'U.R.S.S., l'Extrême-Orient, la Transbaïkalie, la Sibérie orientale, le massif de Putorama et les montagnes environnantes, le plateau de Byrang, les Ourals du Nord et la Nouvelle-Terre. En outre, il convient d'y citer quelques terrains montagneux plus ou moins élevées, à partir du Saïan jusqu'au Caucase.

On a également distingué les régions où prédominent les processus de dénudation à tjäle saisonnier sous-jacent. Elle embrassent surtout certaines parties montagneuses de la Sibérie méridionale, les terrains en Asie centrale et au Caucase, ainsi que le massif montagneux de Chibin dans la péninsule de Kola. Sur le terrains précités s'observent des formes fort typiques attribuables aux processus de tjäle. Ce sont en premier lieu les terrasses d'altiplanation se développant sur versants montagneux dénudés. Notons tout de suite que leur absence tout à fait exceptionnelle sur le plateau de Chibin ne s'explique que par des conditions climatiques. Les polygones et les cercles de pierres constituent sur ces terrains une caté-gorie des formes de tjäles des plus fréquentes. On y rencontre aussi, assez souvent, les stries de solifluxion formées de gros blocs rocheux, génétiquement rattachées à l'évolution des terrasses d'altiplanation. Elles sont plutôt rares en Sibérie orientale et en Transbaïkalie, le climat sec de ces terrains étant peu favorable à leur évolution.

On a aussi indiqué sur la carte les régions de congélation saisonnière du sol, où les processus de tjäle modelant le relief ne se développent point.

CARTE SCHEMATIQUE DES FORMATIONS PERIGLACIAIRES
PLEISTOCENES EN TERRITOIRE DE L'U.R.S.S.

Le matériel, dont nous disposons actuellement, ne nous permet pas de faire rattacher les formes de tjäle existant en territoire de l'U.R.S.S. à des formes constituées lors de la glaciation du Dniéper ou celle de Valdaï. Les formations imputables à la glaciation du Valdaï n'ont été distinguées que dans la partie européenne de l'U.R.S.S. Faute de matériel, on ne peut pas distinguer les formes provenant des glaciations plus anciennes, précédant la glaciation du Dniéper, de celles qui correspondent au sub-stade moscovite de la glaciation du Dniéper.

De même, il nous manque des données relatives aux terrains de la Sibérie, aux terrains du Nord-Est et à ceux de l'Extrême-Orient. Ceci nous empêche de reporter sur la carte l'aire de répartition complète des formations de tjäle plus jeunes que celles qui proviennent de la glaciation maximale affectant les terrains septentrionaux et orientaux de l'Eurasie. De même, le rapport synchronique entre la glaciation maximale en territoire européen de l'U.R.S.S. et celle en territoire asiatique de l'U.R.S.S. n'a été admis que conditionnellement. En effet, on ne peut en conclure à l'évolution synchronique des phénomènes se rattachant à ces deux glaciations.

L'extension glaciaire maximale pour la Sibérie occidentale et centrale a été établie à l'appui des observations que j'ai pu faire personnellement². La glaciation est synchronique avec la plus grande transgression de la mer au Pléistocène, transgression embrassant les terrains septentrionaux de la Sibérie occidentale et la dépression du Taïmyr.

Les régions d'accumulation correspondant à l'extension maximale de glaciation eurasiatique (glaciation de Dniéper) à pergélisol sous-jacent d'origine syngénétique, apparaissent dans la plaine de la Nouvelle-Sibérie (Léna Wiluia), affectant de larges vallées dans la partie européenne de l'U.R.S.S.³.

La présence de fentes en coin fossiles dans plusieurs niveaux et d'au-

² A. I. Popov — Période quaternaire en Sibérie occidentale. Sbornik — Lednickij Periód na territorii Evropejskoj chasti SSSR i Sibiri. Ed. M. G. U., 1959.

³ Grâce à l'amabilité d'A. I. Moskvitin, nous avons pu connaître les matériaux encore inédits témoignant de l'évolution de phénomènes périglaciaires dans la partie européenne de l'U.R.S.S.

tres microstructures en médaillon, dans de puissants dépôts alluviaux formant de hautes terrasses au centre et en aval de la Volga, nous permet d'attribuer la formation du tjäle à la syngenèse.

Parmi les formes périglaciaires en question, on rencontre communément les fentes déformées par les processus de gel—dégel de 2 à 3 m d'épaisseur ayant l'aspect de „chaudrons”. Ces formes attestent une épaisseur considérable de la zone active et l'évolution des fissures de gel profondes sur ces terrains. Nous avons donc ici autant de témoignages des conditions climatiques continentales et relativement sèches dans la zone périglaciaire qui correspond à la glaciation Dniéper.

Les régions d'équilibre relatif de l'accumulation et de la dénudation correspondant à l'extension maximale de la glaciation, à pergélisol sous-jacent d'origine épigénétique, s'observent dans une large zone périglaciaire s'étendant le long du front du glacier qui recouvre des espaces notables dans la partie européenne de l'U.R.S.S. et en Asie. L'extension du tjäle vers le sud correspondant à cette glaciation a pu être déterminée en raison de la présence de structures de tjäle.

Les régions où prédominent les processus de dénudation correspondant à l'extension maximale de la glaciation, à pergélisol sous-jacent dont le sommet s'abaisse continuellement, se trouvent à l'Est et au Nord-Est du pays.

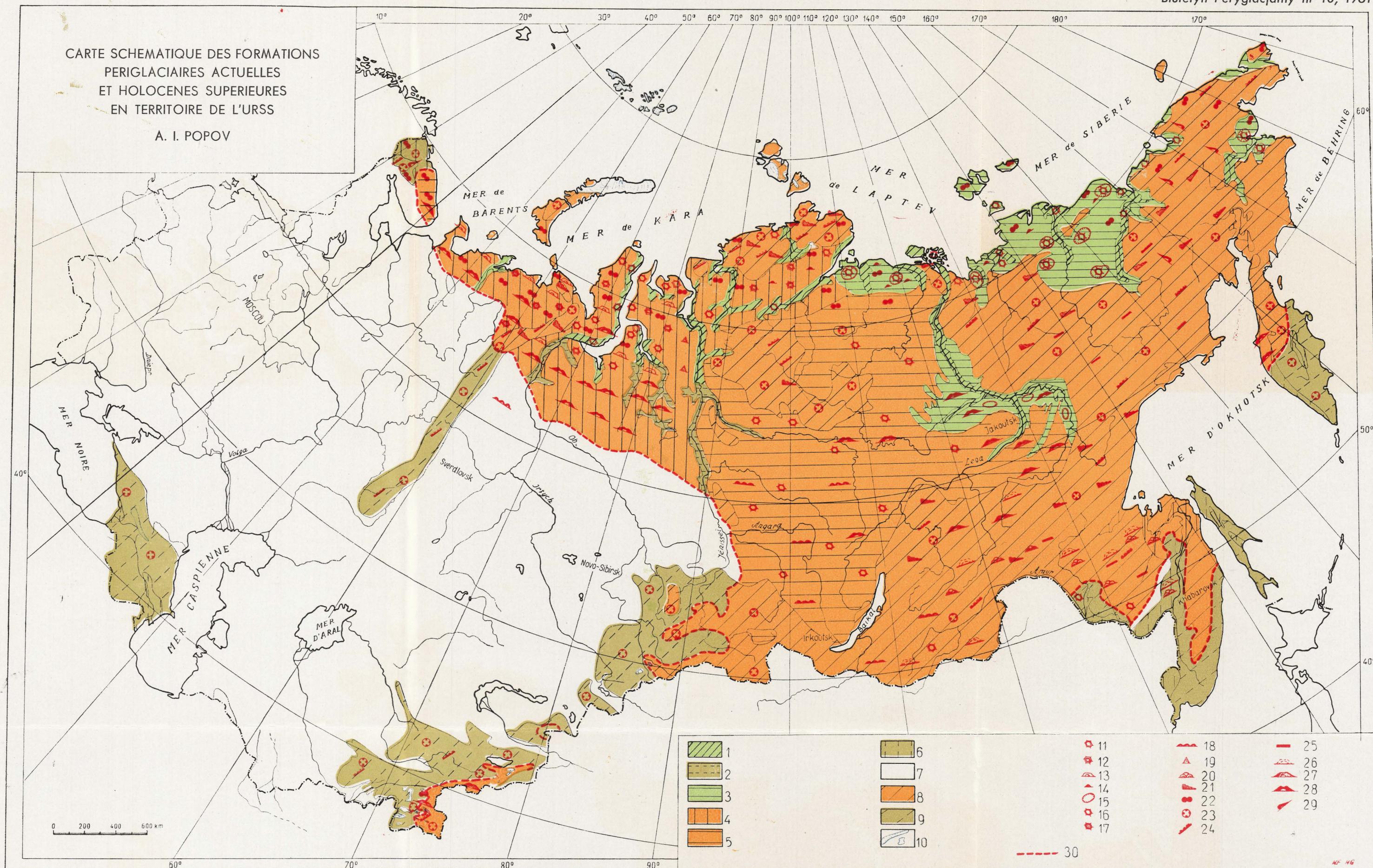
Les régions d'accumulation correspondant à la glaciation du Valdaï, à pergélisol sous-jacent d'origine syngénétique, s'étendent dans la zone périphérique du territoire recouvert par la calotte glaciaire du Valdaï.

Les régions d'une stabilisation relative des processus d'accumulation et de dénudation correspondant à la glaciation du Valdaï, à pergélisol sous-jacent d'origine épigénétique, occupaient une large zone qui dépassait le front du glacier dans la partie européenne de l'U.R.S.S. Il devait y exister de notables formes polygonales à fissures qui ont été ensuite déformées et remplies par les limons de couverture. Ces derniers s'observent actuellement sur des espaces considérables, dans la partie centrale de la plaine russe.

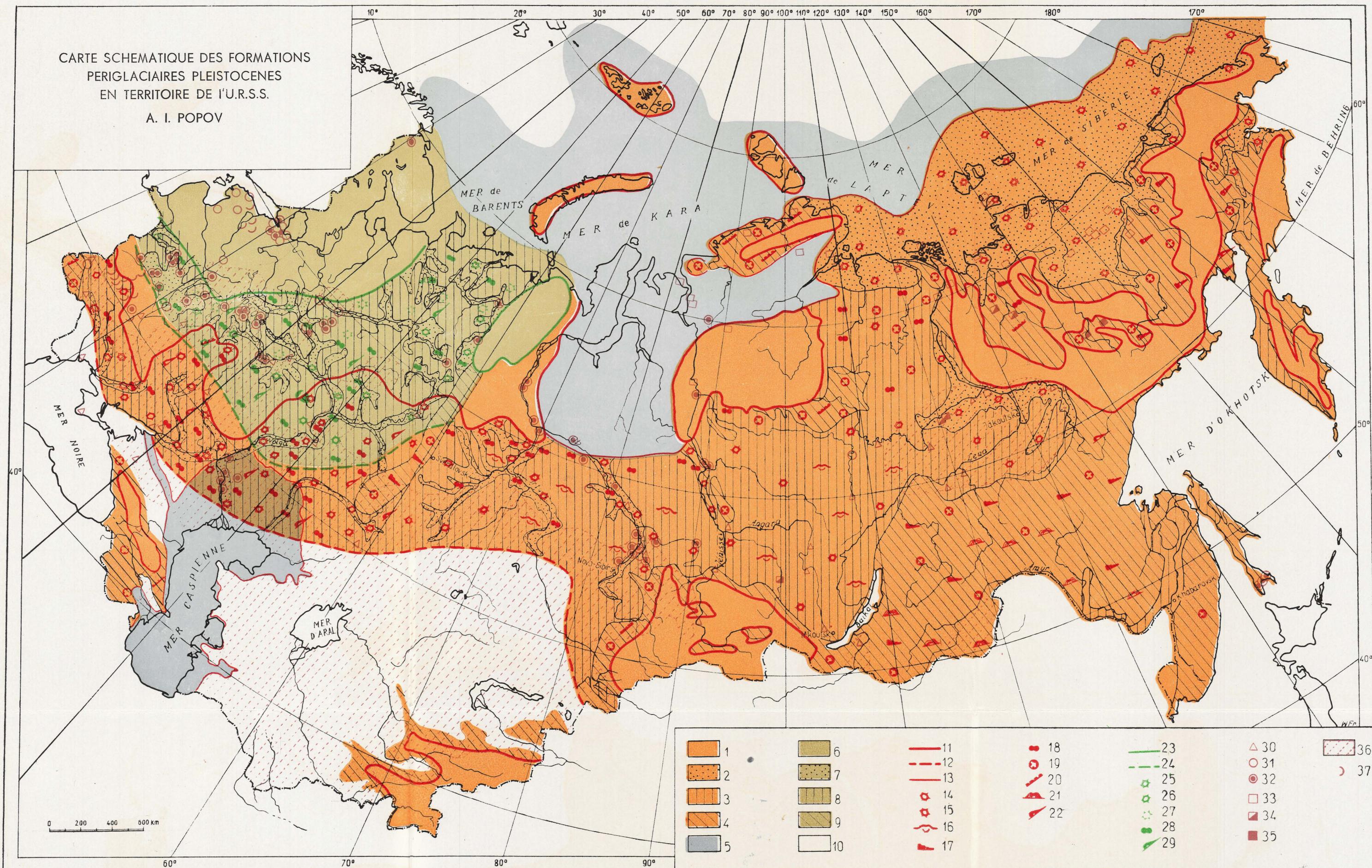
Des faits morphologiques et, en particulier, la présence de limons de couverture, nous renseignent sur les conditions climatiques caractéristiques de la zone périglaciaire de la glaciation du Valdaï. Il devait y régner un climat continental, mais bien plus humide que celui de la zone périglaciaire de la glaciation Dniéper. L'extension du pergélisol vers le sud, lors de la glaciation du Valdaï, a pu être établie grâce à la présence de structures de tjäle.

Les régions à dénudation dominante correspondant à la glaciation du Valdaï n'ont été signalées que dans les Ourals.

Que ces quelques remarques et précisions puissent faire mieux comprendre l'évolution des processus de tjäle qui modèlent le relief en territoire de l'U.R.S.S. Il sera désormais plus aisé, nous semble-t-il, de les différencier en fonction du temps et de l'espace.



1. Régions d'accumulation à pergélisol sous-jacent d'origine syngénétique avec de la glace du sol développée; 2. Régions d'accumulation à tjèle saisonnier sous-jacent; 3. Régions d'équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation à substrat rocheux syngénétiquement gelé, avec fissures à remplissage de glace du sol; 4. Régions planes présentant un équilibre relatif des processus d'accumulation et de dénudation (à substrat rocheux épigénétiquement gelé); 5. Régions d'altiplanation présentant une stabilisation relative de l'accumulation et de la dénudation (à substrat rocheux atteint par le gel saisonnier); 6. Régions de stabilisation relative de l'accumulation et de la dénudation (à substrat rocheux atteint par le gel saisonnier); 7. Régions dépourvues de processus de tjèle modélant le relief; 8. Régions de dénudation dominante à pergélisol sous-jacent; 9. Régions de dénudation dominante à tjèle saisonnier sous-jacent; 10. Glaciers; 11. Polygones avec veines de glace; 12. Polygones avec veines de glace, agrémentés de formes thermokarstiques; 13. Tourbières à buttes gazonnées plates; 14. Baydjarakhs; 15. Alass; 16. Polygones avec veines de sol; 17. Polygones réduits (déformés) avec veines de sol — formes remplies de limons de couverture; 18. Formes similaires aux buttes gazonnées avec enfoncements résultant de la dégradation des buttes; 19. Pseudo-kames; 20. Buttes gazonnées — tertres; 21. Terrasses d'altiplanation; 22. Formes tachetées — médaillons; 23. Polygones de pierres, cercles et autres formes de ségrégation par le gel; 24. Bandes de solifluxion sur versants; 25. "Nalédi" stratifiés; 26. Buttes gazonnées saisonnières de poussée résultant du gonflement du sol; 27. Buttes gazonnées pérennes de poussée résultant du gonflement du sol; 28. Buttes gazonnées dues à la migration de l'eau vers la surface gelée; 29. Formes solifluctives liées à l'écoulement du sol; 30. Limite de l'extension actuelle du pergélisol.



1. Régions d'extension glaciaire maximale; 2. Régions d'accumulation correspondant à l'extension maximale (à pergélisol sous-jacent d'origine syngénétique); 3. Régions d'équilibre relatif des processus d'accumulation et de transport correspondant à l'extension maximale de la glaciation (à pergélisol sous-jacent d'origine épigénétique); 4. Régions où prédominent les processus de transport correspondant à l'extension maximale de la glaciation (à pergélisol sous-jacent d'origine génétique destructive); 5. Extension de la mer durant la période de l'extension glaciaire maximale; 6. Régions marquées par la glaciation du Valdai; 7. Régions d'accumulation correspondant à la glaciation du Valdai (à pergélisol sous-jacent d'origine syngénétique); 8. Régions d'équilibre relative de l'accumulation et du transport correspondant à la glaciation du Valdai (à pergélisol sous-jacent d'origine épigénétique); 9. Régions où prédominent les processus de transport correspondant à la glaciation du Valdai (à pergélisol sous-jacent d'origine génétique destructive); 10. Régions dépourvues de phénomènes dus à la présence du pergélisol; 11. Limite de l'extension maximale de la glaciation; 12. Limite méridionale du pergélisol durant la période de l'extension maximale de la glaciation; 13. Ligne du bord durant la période de l'extension maximale de la glaciation; 14. Polygones à fissures remplies de glace fossile développées correspondant à l'extension glaciaire maximale; 15. Polygones à fissures remplies de sol correspondant à l'extension maximale de la glaciation; 16. Buttes gazonnées et formes concaves correspondant à la période de l'extension glaciaire maximale; 17. Terrasses d'altiplanation correspondant à la période de l'extension maximale de la glaciation; 18. Formes (taches) en médaillon correspondant à la période de l'extension maximale de la glaciation; 19. Polygones de pierres, cercles, etc., correspondant à la période de l'extension maximale de la glaciation; 20. Bandes de solifluxion sur versant correspondant à la période de l'extension maximale de la glaciation; 21. Buttes gazonnées pérennes, dues au gonflement du sol, correspondant à la période de l'extension maximale de la glaciation; 22. Formes solifluctives correspondant à la période de l'extension maximale de la glaciation; 23. Limite de la glaciation du Valdai; 24. Limite méridionale de l'extension maximale du pergélisol durant la glaciation du Valdai; 25. Polygones à fissures remplies de glace fossile développée correspondant à la glaciation du Valdai; 26. Polygones à fissures remplies de sol correspondant à la glaciation du Valdai; 27. Polygones en dégradation avec veines de sol (cailloux enrichis de limon de couverture) correspondant à la glaciation du Valdai; 28. Formes (taches) en médaillon correspondant à la glaciation du Valdai; 29. Formes solifluctives correspondant à la glaciation du Valdai; 30. Lieu de découverte de faune du Paléolithique supérieur; 31. Macroflore fossile périglaciaire; 32. Pollens et spores fossiles périglaciaires; 33. Restes de mammouths dans le tjaïle; 34. Restes de rhinocéros dans le tjaïle; 35. Restes de chevaux (*Equus caballus*) dans le tjaïle; 36. Régions d'apparition de loess et de formations loessiques; 37. Régions comportant d'anciennes dunes continentales.