

A. A. Velitchko

Moscou

MILIEU GÉOLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA ZONE PÉRIGLACIAIRE DE LA PLAINE EST-EUROPÉENNE

Le principe des recherches périglaciaires consistait jusqu'à ces derniers temps en étude des traces d'anciennes déformations du sol dues au gel. Parmi ces déformations il faut distinguer deux groupes principaux: (1) structurales, (2) astructurales.

Aux déformations structurales appartiennent des fentes de gel (remplissages pseudomorphes à la place des fentes de glace) et des fissures fossiles dans le sol.

Aux déformations astructurales appartiennent de nombreuses déformations plastiques du sol fortement humidifié, de nature variable. Parmi elles on peut distinguer deux types principaux. Au premier appartiennent celles liées à des déplacements de compensation entre des couches voisines, dirigés aussi bien de haut en bas qu'en sens inverse. Selon les opinions actuelles ces déformations se manifestent dans des séries sédimentaires fort humides, enfermées entre deux couches imperméables. Dans les régions à pergélisol elles peuvent prendre place à l'intérieur de la zone active lors de la congélation d'automne.

Au second type des déformations astructurales observées dans des profils périglaciaires appartiennent des coulées de sol fortement humidifié, c'est-à-dire des phénomènes de solifluxion (congéli-fluxion).

Ce ne sont pas toutes parmi ces déformations qui de façon égale peuvent servir comme indicateurs des processus agissant sur l'ancien pergélisol. Les plus promettantes paraissent être les déformations structurales, les remplissages pseudomorphes des fentes de glace (fentes de gel). Les travaux soviétiques (*Osnovy geokriologii*, 1961) montrent que les fentes de gel se manifestent sous des conditions

du climat froid continental à températures moyennes annuelles du sol ne dépassant pas —3°.

Des traces d'anciens processus cryogènes, en dehors de la zone actuelle de pergélisol, s'observent en de nombreuses régions de l'Union Soviétique dans des dépôts quaternaires (pléistocènes) d'âge divers. La description détaillée de ces observations peut être trouvée dans l'ouvrage de N. B. Novoselskaya (1961).

Déformations liées au pergélisol semblent être trouvées dans des formations d'Akchagyl déjà. Un certain nombre d'auteurs les rapporte à la période de la glaciation maximale, c'est-à-dire Dniepr (A. I. Moskvitin, 1946, 1948, pour la région de Moscou; L. N. Kudrin, 1956, pour les alentours de Lvov; A. S. Ryabchenkov, 1959, pour le Don supérieur etc.).

Le plus grand nombre de données existe pour le Pléistocène supérieur (période de la glaciation Valdaï). Les faits dont on dispose nous permettent de distinguer plusieurs phases de développement des cryoturbations. La première est liée au commencement de la glaciation Valdaï et représentée avant tout par les fentes de gel fossiles dans les limons atéliens (Khazarien supérieur) sur la basse Volga où elles ont été décrites par Y. M. Vasilev (1958) dans les villages Kopanovka et Enotaevka et par M. N. Grichtchenko, A. I. Koptev (1955) et Y. M. Vasilev (1958) dans le village Privolzhe près de Syzran. Pour la haute Volga la description est due à A. I. Moskvitin.

Au cours de ses recherches sur les loess interfluviaux en partie Est du bassin du Dniepr l'auteur avait recueilli des observations concernant les processus cryogènes agissant au début de la glaciation Valdaï (A. A. Velitchko, 1958, 1961a, b; A. A. Velitchko, T. D. Morozova, 1963). L'étude d'une série de coupes au sud de Smolensk a montré que l'épais sol fossile d'interglaciaire Mikulinien (Mgin — Eemien) avait subi de fortes déformations dues au gel, au début de la période Valdaï. Dans les coupes septentrionales (région de Roslavl) l'horizon d'humus de ce sol avait été presque entièrement perturbé et entremêlé par des processus de solifluxion. Entre Roslavl et Briansk il révèle de nettes traces du mélange et du remaniement par solifluxion. Plus au sud, dans une coupe près de Briansk, le sommet du sol fossile est presque dépourvu de cryoturbations. À une profondeur de 0,5 à 0,7 m pourtant il est nettement cryoturbé (fig. 1). De la base de cet horizon partent des fentes de gel, le 10 à 20 cm de large, pénétrant dans l'horizon B jusqu'à une profondeur de 1 à 1,5 m. Les fentes sont réguliè-

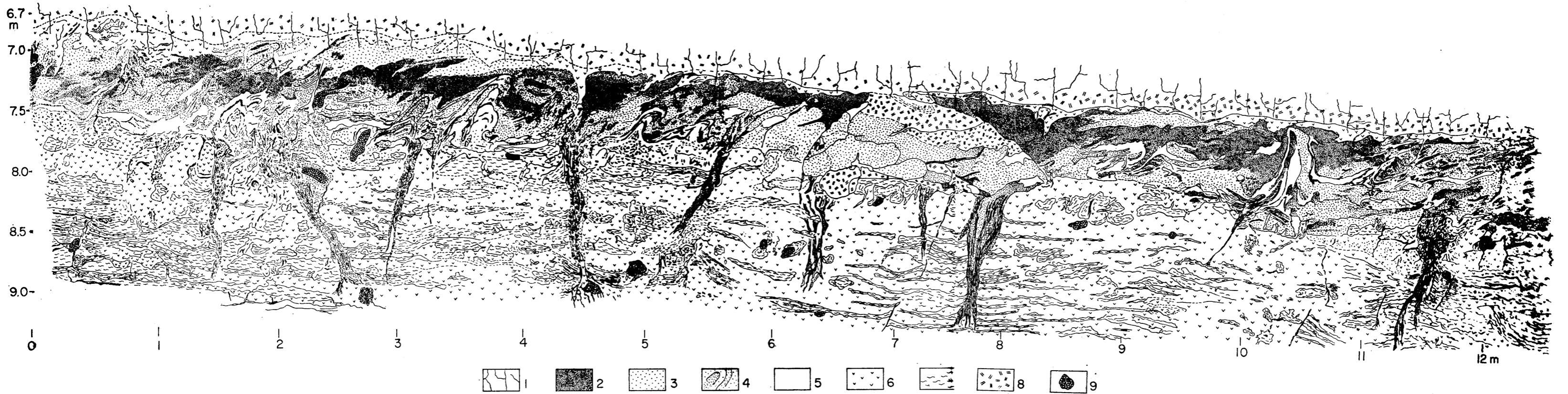


Fig. 1. Déformations dans le sol fossile mikulinien (éemien), Briqueterie à Briansk

1. loess; 2. limons avec un contenu très fort en humus; 3. limons avec un contenu fort en humus; 4. limons avec un contenu faible en humus; 5. podzol; 6. sablons fortement ferrugineux; 7 sablons beige-gris; 8. sablons verdâtres, gleyifiés; 9. les vestiges de passages faites par les taupes

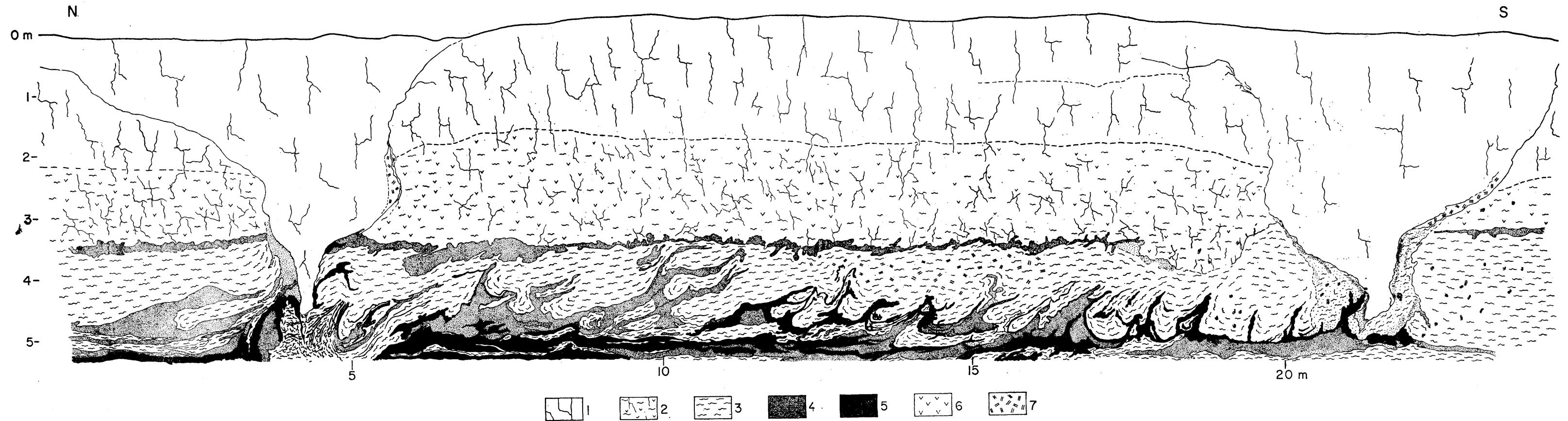


Fig. 2. Smolensk. Cryoturbations dans des formations loessiques

1. loess jaunâtre; 2. limon loessique vert-bleuâtre; 3. limon bleu; 4. limon gris; 5. limon noir; 6. bandes ferrugineuses; 7. gleyification

ment espacées (intervalles de 2,5 à 3,5 m) permettant de reconstituer l'ancien réseau polygonal. Il faut ici remarquer que N. S. Danilova a observé le même phénomène sur le pergélisol actuel. Là aussi les fentes de gel à remplissage sableux (filons de sable) passant vers le haut à l'horizon de cryoturbations, s'entrecoupent et dessinent des polygones.

Plus loin vers le sud encore, dans la région de Novgorod Severski (Ukraine du Nord) on a trouvé des traces des déformations astructurales, à l'intérieur du même sol fossile, en forme de *pyatna medaliony*. Dans les coupes plus méridionales le sol fossile mikulinien (Moscou—Valdaï) ne révèle ni de déformations astructurales ni structurales.

Une analyse des déformations du sol fossile mikulinien prouve que le commencement de la période Valdaï a donné lieu au développement du pergélisol. Sa limite parcourt approximativement par l'Ukraine septentrionale ou un peu plus au nord.

La profondeur de la zone active, selon les coupes des régions de Smolensk, Briansk, Orel et Vladimir, atteignait 0,5 à 0,8 m. La période se caractérisait en principe par des déformations astructurales. Le début de la glaciation Valdaï n'a pas été d'une continentalité extrême. Le climat était relativement humide, ce qui favorisait des processus de solifluxion et de ruissellement.

Les processus cryogènes de la fin du Pléistocène ont eu le caractère différent. On peut constater une différence qualitative par rapport au commencement de la période Valdaï. S'il s'agit des périodes glaciaires plus anciennes, de telles comparaisons sont impossibles car des cryoturbations y liées s'observent très rarement. Il semble que cela n'est pas dû autant à l'état insuffisant de nos connaissances qu'au développement faible des phénomènes cryogènes au Pléistocène moyen. En faveur d'une telle supposition parlent les observations de l'auteur provenant des coupes de loess et de sols fossiles anciens de la partie centrale et méridionale de la Plaine Russe. Des cryoturbations y sont pratiquement absentes. Tout au contraire, dans des formations de couverture et des alluvions du Pléistocène supérieur la présence des cryoturbations est notoire. En plus, le Valdaï supérieur diffère de son commencement en ce que l'autre type des déformations l'emporte. Il s'agit des déformations structurales (remplissages des fentes de glace). Cela témoigne d'une continentalité rigoureuse par rapport au périglaciaire du Valdaï inférieur. La coupe de la carrière de Smolensk le démontre nettement. Le début de la période Valdaï produit des

cryoturbations, tandis que vers le Valdaï terminal apparaissent des réseaux de fentes de gel (fig. 2).

Dans de jeunes formations de couverture, les fentes de gel ont été décrites dans plusieurs régions de la Plaine Russe par: T. N. Kaplina — bassin du Mezen, I. I. Krasnov et Y. V. Krylikov — bassin de la Vyatka et de la Kama, A. I. Moskvitin, A. I. Popov et autres — régions de Yaroslav, Kalinin, Moscou et Vladimir, A. A. Aseyev — bassin de l'Oka, A. A. Velitchko — régions de Moscou, Smolensk et Briansk, D. P. Nazarenko, V. L. Vilenkin et I. N. Remezov — régions de Soumy et Poltava, M. N. Grichtchenko région de Voronej. En Ukraine du SW les fentes de gel ont été décrites par I. L. Sokolovskiy et dans les régions de Saratov et de Volgograd par S. K. Gorelov et A. I. Moskvitin.

Les fentes de gel formées dans les loess du périglaciale valdaïen possèdent une position stratigraphique bien définie. Elles commencent notamment au sommet de l'horizon de loess le plus jeune valdaïen (loess III). La position stratigraphique des fentes témoigne qu'une très grande expansion de la zone du pergélisol dans la partie européenne de l'URSS se situe vers la fin du périglaciale valdaïen, c'est-à-dire au même Pléistocène terminal.

Les fentes en question commencent à la profondeur de 0,3 à 0,5 m. Elles possèdent une forme en coin et atteignent une profondeur de 4 à 5 m. La largeur de leur partie supérieure (à la hauteur de 3 à 4 m) atteint 4 m. Tout cela indique que le dégel maximal saisonnier (en été) pénétrait profondément, jusqu'à 3—4 m.

Comme on a dit tout-à-l'heure les fentes de gel avaient été étudiées auparavant en isolation. Sur les parois de grandes carrières pourtant (aux environs de Roslavl, Smolensk, Moscou et Yaroslavl par exemple) on en observe des séries entières. Elles apparaissent en intervalles réguliers de 15 à 20 m et constituent une coupe verticale d'ancien réseau polygonal (fig. 3). Jusqu'à ces derniers temps des systèmes pareils des fentes avaient été considérés comme un phénomène purement fossile, géologique.

En 1962 l'auteur a pu constater que les réseaux des fentes de gel d'âge pléistocène tardif apparaissent nettement en relief actuel constituant, pour ainsi dire, son armature géologique.

Les études sur le terrain et l'analyse des photos aériennes ont permis de déterminer un nouveau complexe morphogénétique de la partie européenne de l'URSS que nous proposons de nommer

relief cryogène relic (Velitchko 1964, 1965; Velitchko, Morozova 1964).

Ce relief avait passé par tout un cycle complet d'évolution — avant qu'il ne prenne son aspect actuel — par le développement cryomorphe, le stade de thermokarst et le passage à l'état relic.

Le relief cryogène relic de la Plaine Russe est exprimé avec netteté différente. Sa particularité est liée entre autres à d'anciennes formes de relief sur lesquelles il a été implanté. Examinons d'abord son rapport à de différents éléments géomorphologiques.

DIFFÉRENCES ENTRE LES VALLÉES ET LES PLATEAUX

Dans les vallées des rivières Dniepr, Ipout, Soge, Ostrer, Desna, Seym et Don on observe des polygones relict intacts et affaissés aux rives droites recouvertes de loess au voisinage des lignes de partage (photo 1). Aux terrasses des rives gauches par contre, constituées en principe par des sables et limons c'est surtout un relief à monticules-fossettes, parfois affaissé qui est le plus net. Aux vastes terrasses, souvent couvertes de forêts, parmi un relief pareil il y a fréquemment des cuves remplies d'eau ou sèches, de 100 à 200 m de diamètre. Leur forme arrondie rappelle peu d'anciens lacs normaux (photo 2). Aussi bien la forme que le voisinage du relief périglaciaire permet de supposer une genèse de thermokarst, c'est-à-dire une genèse que possèdent les *alas* de la Yakoutie centrale — des lacs formés par la suite de la fonte de la glace de fente. Des formes pareilles se rencontrent même si loin au sud de la zone tempérée que les environs de Krementchoug.

DIFFÉRENCES EN CARACTÈRE DU RELIEF CRYOGÈNE RELIC DES PLAINES ET DES PLATEAUX

Si l'on compare les unités morphologiques tellement grandes que les plaines et les plateaux des contrastes en caractère du relief cryogène relic apparaissent encore plus nettement.

Ce sont les plaines du Dniepr et d'Oka—Don qui peuvent servir comme exemple. On y observe, sur de vastes surfaces, des réseaux de polygones conjoints et des monticules-fossettes. Mais même aux surfaces planes plus élevées et aux pentes douces il y a

de larges champs du relief polygonal relic. Les formes de thermokarst relic y sont aussi très largement développées.

Le développement intense du relief cryogène sur les plaines est lié au pouvoir considérable des sols de ces plaines de former la glace.

Autres formes périglaciaires caractérisent les plateaux, ceux de la Russie Centrale et de la Volga par exemple. Ici, sur les plaines élevées, constituées par des dépôts morainiques, il y a surtout de petites formes affaissées. Le diamètre de ces cuvettes varie de 5 à 12 m, tandis que la profondeur ne dépasse pas 1—1,5 m. De telles formes de thermokarst sont caractéristiques aussi pour les plateaux à pergélisol actuel où la proportion de la glace du sol n'est pas grande (I. Y. Baranov 1958).

Aux pentes douces entourant les élévations on peut remarquer un fait intéressant. Les versants sont ravinés par des sillons presque invisibles sur le terrain mais très distincts sur les photos aériennes. Les sillons, éloignés 10 à 20 m l'un de l'autre, se rassemblent en éventails, produisant l'impression de hachures. De telles hachures sont très spécifiques pour les pentes douces des régions semiarides du Nord-Est de la Sibérie.

ZONES PRINCIPALES

Le relief cryogène relic de la Plaine Russe accuse une variabilité considérable aussi bien au sens méridional que parallèle. Ceci pourtant n'est pas en rapport avec des causes géomorphologiques. Aujourd'hui-même nous sommes capables de distinguer trois zones parallèles principales: septentrionale, centrale et méridionale.

ZONE SEPTENTRIONALE

Les traits particulièrement nets du relief cryogène relic à thermokarst caractérisent la zone septentrionale — entre la limite du pergélisol actuel et le parallèle de Moscou à peu près. Ici, sur les terrains de la glaciation Valdaï entre autres, les blocs polygonaux relict, à diamètre de 15 à 20 m, sont très communs. De temps en temps on observe des champs polygonaux de 50 à 80 m à l'intérieur desquels il y a des polygones de la seconde génération, de 15 à 20 m (photo 3). De nombreuses cuvettes lacustres et marécageuses de ces régions sont liées au relief cryogène (photo 4). Leurs rives po-

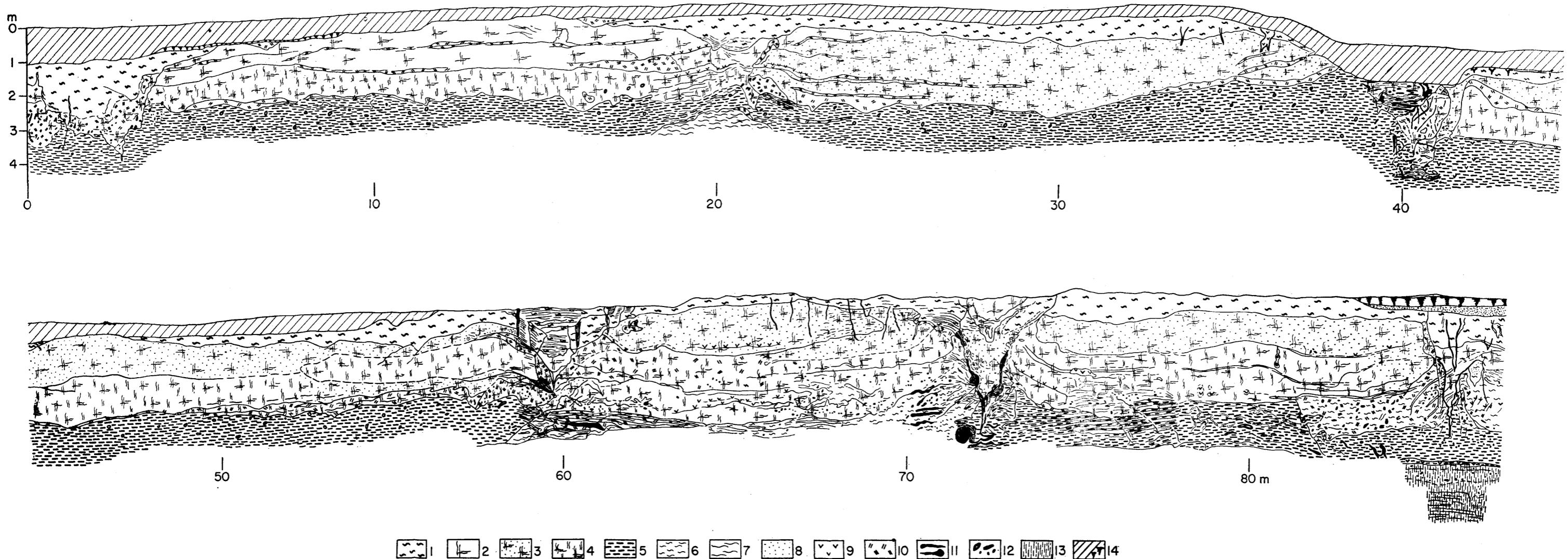


Fig. 3. Série des fentes de gel formant un réseau polygonal. Briqueterie à Roslavl

1. horizon ferrugineux; 2. sablons loessiques jaunâtre-clair; 3. sablons loessiques jaune-gris; 4. sablons loessiques brunâtres; 5. limon argileux, brunâtre; 6. limon gris-verdâtre; 7. limon gris-brunâtre; 8. sablons jaune-gris; 9. bandes ferrugineuses; 10. gleyification; 11. intercalations de limon humifère; 12. cercles de Lizegang; 13. horizon illuvial; 14. remblai

ssèdent souvent l'aspect festonné au plan horizontal. Les fonds arrondis des anciennes lacs desséchés présentent aussi des réseaux de polygones de 10 à 20 m de diamètre. Tout cela témoigne que de nombreux lacs et marécages se formaient à la place des glaces de polygones, dans les creux, là donc où le contenu du sol en glace avait été considérable. Cela veut dire qu'il y s'agit de l'origine thermokarstique. Dans la zone septentrionale il y a tous les genres du relief cryogène relic pratiquement. Leur répartition dépend des conditions morphologiques. Les formes sont pourtant considérablement plus fraîches que plus au sud.

ZONE CENTRALE

Au sud de Moscou, où il y a de vastes champs de loess, les interfluves bas et les terrasses sont parsemés de polygones conjoints et de monticules-fossettes. Les buttes aplatis des *bugor* ont de 10 à 15 m de large à leur base, tandis que la hauteur est de 0,5 à 0,7 m. Par endroits elles forment un net réseau polygonal. Sur les surfaces planes de la plaine il y a des restes du relief polygonal, au nord de la zone surtout. Il paraît que le relief cryogène relic de la zone centrale est dû non seulement à des fentes de glace mais aussi à des fentes de gel à remplissage sableux. Les réseaux polygonaux sont accompagnés souvent par de nombreuses cuves dites assiettes steppiques, si caractéristiques pour ces régions. Aux photos aériennes on a pu déchiffrer plusieurs stades d'évolution d'un nombre de cuves — cuves après la fusion des polygones et — surtout communs — cuves de thermokarst (photos 5, 7). Les cuves relictives analogues de thermokarst ont été décrites dans la zone du pergélisol actuel et dans les régions où le pergélisol vient de disparaître.

ZONE MÉRIDIONALE

Comme on peut en juger d'après les photos aériennes provenant de la région de Rostov et du pays de Stavropol au sud de l'Ukraine Centrale, commençant par le parallèle de Dniépropétrovsk, sur des formations loessiques on observe des cuvettes peu profondes, séparées par d'étroits bourrelets. Un relief pareil est caractéristique pour les marges méridionales de la zone du pergélisol actuel au

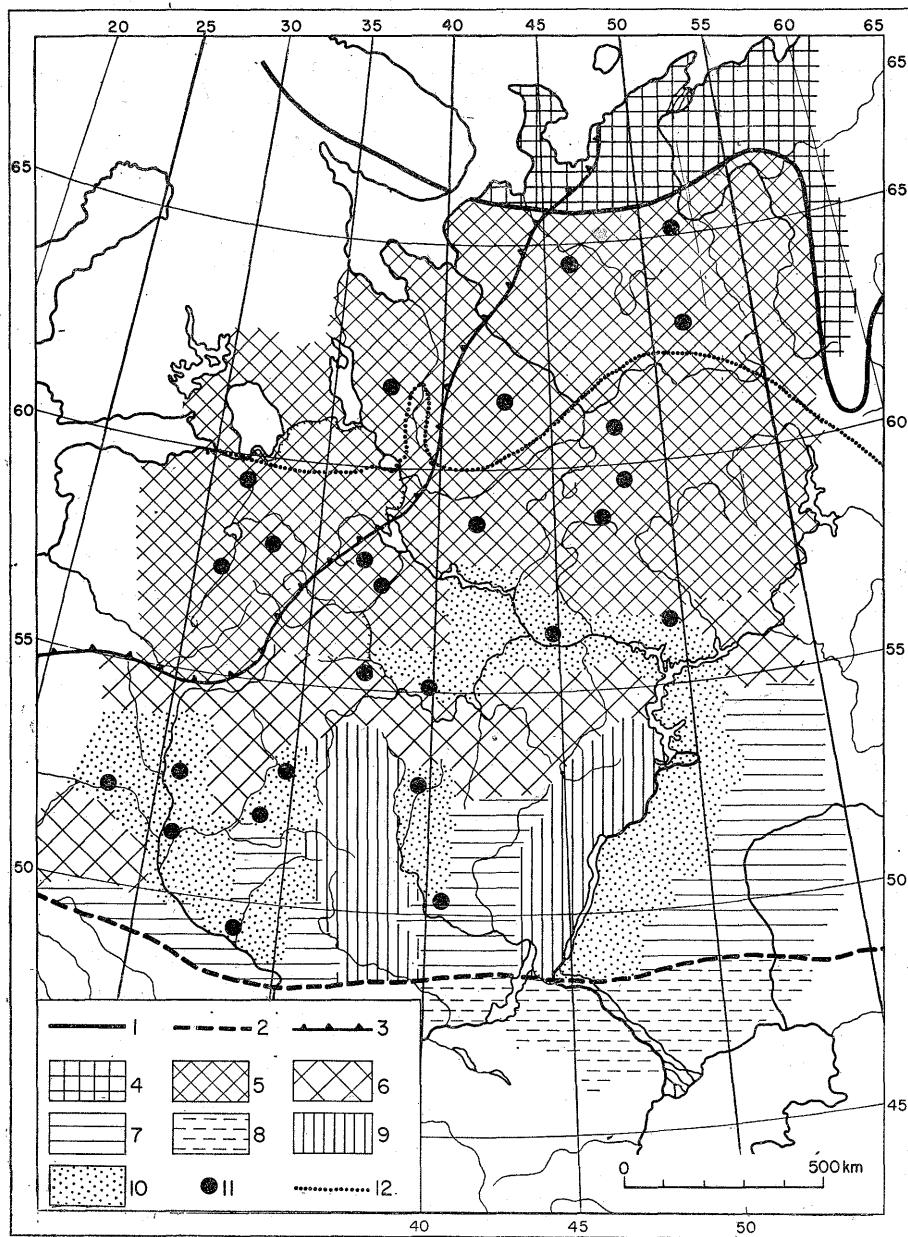


Fig. 4. Schème de la répartition du relief cryogène relic sur la Plaine Russe
 1. limite sud du pergélisol actuel; 2. limite sud du pergélisol à la fin du Pléistocène;
 3. limite de la glaciation Valdai (Würm); 4. relief cryogène de la zone actuelle du
 pergélisol;

Les restes du relief cryogène et du thermokarst qui se trouvent sur le sol actuel (à l'état vivant ce relief existait dans la zone du pergélisol à la fin du Pléistocène):
 5. les formes relictées qui ont gardé l'apparence fraîche; les formes polygonales; le
 complexe thermokarstique composé par des monticules-fossettes avec de nombreuses
 cuvettes lacustres et marécageuses; 6. les restes des formes polygonales et des formes

Nord-Est de l'Europe et en Sibérie. C'est ici aussi que l'on rencontre des restes de buttes de gonflement (pingo — photo 6).

Le relief cryogène relic varie aussi en direction latitudinaire. Sur la plaine du Dniepr le relief à blocs polygonaux et à monticules-fossettes et thermokarstiques est plus net que sur la plaine de Tambov. Si le relief à blocs polygonaux, peu distinct qu'il soit, s'observe quand même partout au plateau de la Russie Centrale, au plateau de la Volga les mêmes formes ne sont préservées qu'en mauvais état. Une telle variabilité est due plutôt au faiblissement de l'océanisme du climat ancien en direction ouest-est.

La préservation des traces d'ancien relief cryogène sur la Plaine Russe met sous un aspect nouveau certains problèmes généraux et pratiques de la pédologie et de la géomorphologie (A. A. Veltchko 1965).

Nous venons de faire une courte revue des traces du relief relic dont la genèse est liée au pergélisol. Les données examinées témoignent d'une très vaste répartition de la zone du pergélisol et du relief typique pour elle au cours des époques passées. La limite de cette zone avançait loin au sud, atteignant jusqu'au parallèle 50° (fig. 4).

Traduction de T. Kubiak

Bibliographie

- Aseyev, A. A., 1954 — Dépôts quaternaires dans la bassin de l'Oka moyenne et certains problèmes stratigraphiques de ce territoire. *Materiały po paleogeografię*, vyp. 1. MGU.
- Baranov, I. J., 1958 — Le thermokarst relic dans la région du lac Baïkal. *Materiały k osnovam utcheniya o merzlykh zonakh zemnoj kory*, vyp. 4; Ac. Sci. l'URSS.
- Danilova, N. S., 1963 — Fentes de gel à remplissage minéral primitif dans des dépôts quaternaires de Viluy. En: Conditions et particularités du développement du pergélisol en Sibérie et au Nord-Est. Moscou.

polygonales-conjointes avec des cuvettes thermokarstiques, développées dans les croisements des filons polygonaux; 7. les restes du complexe des formes polygonales-conjointes et des cuvettes plates; 8. les restes du complexe des cuvettes plates; 9. les restes du modèle cryogène sur le plateau: les sillons en éventail sur les versants, les petites cuvettes dans des endroits peu touchés par les processus d'érosion; 10. les restes du complexe des monticules et des fossettes d'origine cryo-thermokarstique, développé sur des terrasses de grandes rivières; 11. les cuves du type lacustre dues aux processus du thermokarst ancien; 12. la limite sud de la zone du thermokarst ancien qui borde la zone du pergélisol actuel selon S. P. Katchurin (1961)

- Grichtchenko, M. N., Koptev, A. I., 1955 — Matériaux pour la stratigraphie des formations de terrasses de la vallée de la Volga près du village Provolzhe. *Trudy Voronejskogo Univ.*, t. 39.
- Kaplina, T. N., Romanovskij, M. M., 1960 — Sur des remplissages pseudomorphes des fentes de glace. En: Phénomènes périglaciaires sur le territoire de l'URSS. Moscou.
- Katchurin, S. P., 1961 — Le thermokarst sur le territoire de l'URSS. Moscou.
- Krasnov, I. I., 1944 — La géologie de l'URSS. T. 12 — l'Oural.
- Kudrin, L. M., 1956 — Sur les traces fossiles du sol „perpétuellement” gelé aux alentours de Lvov. En: *Recueil géographique de l'Université de l'Etat de Lvov du nom de Iv. Franko*, vyp. 3. Lvov.
- Moskvitin, A. I., 1948 — Sur les traces fossiles du sol „perpétuellement” gelé. *Biull. Komm. po izutch. tchetvert. perioda*, no. 12.
- Moskvitin, A. I., 1958 — Sur le problème de l'origine et du développement de la zone active. *Biull. Moskovskogo Obsch. Ispyt. Prirody, Otdel geol.*, t. 33 b.
- Novoselskaya, N. B., 1962 — Les traces de l'existence du sol perpétuellement gelé dans la partie européenne de l'URSS à l'intérieur de son extension actuelle. *Trudy Inst. Merzlotovedeniya Akad. Nauk SSSR*, no. 17.
- Popov, A. I., 1957 — Conditions géologiques et géomorphologiques du territoire de la Station Régionale de Moscou. *Trudy Podmoskovskogo Stacionara Inst. Merzlotovedeniya im. V A. Obrutcheva, Akad. Nauk SSSR*, vyp. 1.
- Principes de la géocryologie, t. 1. Moscou, 1959.
- Ryabtchenkov, A. S., 1959 — Les traces du pergélisol pléistocène dans le bassin du Don supérieur. *Trudy VSEGEI*, sb. 18. Moscou.
- Sokolovskij, I. L., 1955 — Sur les traces fossiles du sol „perpétuellement” gelé dans des formations quaternaires de la partie occidentale de l'URSS. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, no. 4.
- Vasilev, Y. M., 1958 — Sur les traces de la manifestation des processus cryogènes dans des formations quaternaires de l'avant-pays nord du Caucase. *Izvestiya Akad. Nauk SSSR*, ser. geol., no. 12.
- Velitchko, A. A., 1961 — Le territoire de la glaciation du Dniepr. — Le relief et la stratigraphie des formations quaternaires. En: *Relief et stratigraphie des formations quaternaires du Nord-Ouest de la Plaine Russe*. Moscou.
- Velitchko, A. A., 1965 — Le relief cryogène de la zone périglaciaire (cryolitho-zone) du Pléistocène terminal de l'Europe Orientale. En: *Période quaternaire et son histoire*.
- Velitchko, A. A., Morozova, T. D., 1963 — Le sol fossile mikulinien, sa structure et son importance stratigraphique. En: *L'Anthropogène de la Plaine Russe et ses composants stratigraphiques*.

Vilenkin, V. L., Remezov, I. N., 1961 — Les observations faites dans la zone marginale glaciaire et périglaciale des régions de Soumy et de Poltava. En: Les ressources naturelles de l'Ukraine de l'Ouest et leur exploitation. Kharkov.

DISCUSSION

Dr. Demek: In July 1967 I had the opportunity to study a part of very young cryogene forms discussed by Mr. Velichko in his paper. I was surprised indeed by the expressiveness with which these forms manifest themselves in the relief and especially in the loess flats of the western part of the Russian SSR and Ukraine. I have seen forms of similar expressiveness only in air photos from the South of France shown me in Paris by Professor F. Joly in February 1964. Especially the share of thermokarst phenomena in the relief of the SW part of the USSR is of considerable importance. This corresponds to the results acquired by Professor J. Dylík in Poland. In the study of cryogenic forms more attention should be paid to thermokarst phenomena even in other areas of sedimentation in Central and Western Europe.

Professeur Markov: Dr. Velitchko nous a montré plusieurs exemples d'anciens phénomènes périglaciaires de la plaine Est-Européenne. Sans aucun doute il serait intéressant pour les collègues étrangers de les observer en direct sur le terrain. La première possibilité pour eux de prendre connaissance avec les phénomènes périglaciaires de l'Union Soviétique a eu lieu il y a 7 ans, pendant le Symposium Périglaciaire au Maroc. On a présenté alors des cartes des phénomènes périglaciaires de l'Union Soviétique, bien qu'en très petite échelle. On a présenté aussi des problèmes. L'un d'eux est maintenant résolu.

Dr. Rapp: A question from the point of view of air photo interpretation. Were the patterns shown in your photographs due to differences in vegetation, reflecting different moisture conditions in the ground? If so, which vegetation conditions are most favourable for discovering the patterns of fossil tundra polygons etc. that you have shown?



Photo 1. Reseau polygonal relic sur des formations loessiques



Photo 2. Monticules-fossettes effondrées sur des formations sableuses.
Au centre — un puits thermokarstique relic



Photo 3. Relief polygonal relic à l'état frais. On remarque deux générations de polygones



Photo 4. Creux thermokarstique relic à l'intérieur du relief polygonal



Photo 5. Système de petites dépressions thermokarstiques relict à la place d'anciennes fentes de gel



Photo 6. Traces des buttes de gonflement



Photo 7. Paysage reliquie du thermokarst