

Paléontologie humaine et Préhistoire

Le changement climatique à partir de 850 av. J.-C. et l'expansion de la culture scythe

Bas van Geel^{a,*}, Nikolai A. Bokovenko^b, Valentin A. Dergachev^c,
Hermann Parzinger^d, Ganna I. Zaitseva^b

^a Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, Universiteit van Amsterdam, Kruislaan 318, 1098 SM Amsterdam, Pays-Bas

^b Institute for the History of Material Culture of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersbourg, Russie

^c Ioffe Physico-Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersbourg, Russie

^d Deutsches Archäologisches Institut, Eurasien-Abteilung, Im Dol 2–6, 14195 Berlin, Allemagne

Reçu le 25 février 2005 ; accepté après révision le 19 septembre 2005

Disponible sur internet le 28 novembre 2005

Rédigé à l'invitation du Comité éditorial

Résumé

Le changement climatique vers des conditions plus humides lors de la transition du Subboréal au Subatlantique qui a été détecté dans le Nord-Ouest de l'Europe est tout aussi évident en Sibérie du Sud. Des régions autrefois semi-désertiques et hostiles sont devenues d'attrayantes steppes, où la forte productivité en biomasse végétale a résulté en une plus grande capacité portante du milieu. La partie centrale du Sud de la Sibérie présente un intérêt particulier, puisqu'elle se révèle témoin de l'accélération du développement culturel et de l'augmentation de la densité de population scythe, peu après 850 av. J.-C. Nous proposons une relation causale entre l'arrivée d'un climat plus humide au début de la période subatlantique et la migration des Scythes de Sibérie, ainsi que la croissance de leur population. **Pour citer cet article : B. van Geel et al., C. R. Palevol 5 (2006).**

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Climatic change since 850 BC and development of the Scythian culture. The climate shift to more humid conditions at the Subboreal/Subatlantic transition in Northwest Europe is also evident in southern Siberia. Regions that originally were semi-deserts developed into attractive steppe areas with high biomass production, and increased carrying capacity. The central area of southern Siberia is of special interest because of an acceleration of the cultural development and increase of human population density shortly after 850 BC. We hypothesise a causal relationship between the initiation of the humid conditions at the start of the Subatlantic period and the growth and migration of the Scythian population. **To cite this article: B. van Geel et al., C. R. Palevol 5 (2006).**

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Activité solaire ; Capacité portante ; Changement climatique ; Culture scythe ; Eurasie ; Migration

Keywords: Carrying capacity; Climate change; Eurasia; Migration; Scythian culture; Solar activity

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : vanGeel@science.uva.nl (B. van Geel).

1. Introduction

Au cours du premier millénaire avant Jésus-Christ, les cultures scythes ont occupé des territoires s'étendant du Nord de la Chine jusqu'au Danube (Fig. 1). Cette région de l'Eurasie est aujourd'hui constituée d'une végétation de type prairie tempérée (steppe) et de forêt-prairie tempérée (steppe boisée). La plupart des vestiges scythes étudiés se situent entre 42 et 55 degrés de latitude nord et entre 30 et 100 degrés de longitude est. L'origine, l'évolution et la répartition de ce peuple nomade sont encore l'objet d'un questionnement fondamental en archéologie. Dans plusieurs cas, la chronologie indirecte joue un rôle primordial, même si la datation au carbone 14 devient de plus en plus utilisée [1,7,10]. L'histoire des Scythes peut se diviser en trois périodes : (1) une pré-Scythie et une phase initiale, s'étendant du IX^e siècle jusqu'au milieu du VII^e siècle av. J.-C. ; (2) une période archaïque aux VII^e et VI^e siècles av. J.-C. ; (3) une période classique, du V^e au III^e siècle av. J.-C.

Au cours du IX^e siècle av. J.-C., une vague de nomades pré-scythes provenant des steppes eurasiennes de l'Est est apparue dans la région du Nord de la mer Noire [15]. Le plus ancien monument appartenant à la culture scythe retrouvé en Europe date du VIII^e siècle av. J.-C. (kourganes de Steblev, tertre n° 15, rive droite de la rivière Dniepr). À partir de données présentées par Zaitseva et al. [31], van Geel et al. [28] ont suggéré un lien entre la migration des Scythes dans le Sud-Est de l'Europe et un changement climatique. Ces derniers auteurs ont présumé qu'un événement climatique extrême en avait été l'élément déclencheur, sans pour autant présenter une compréhension détaillée des facteurs environnementaux responsables. À la lumière de nouvelles observations, nous émettons l'hypothèse qu'un changement climatique régi par le soleil a conduit à des conditions plus humides, qui auraient été déterminantes dans le développement et l'essor de la culture scythe.

2. Le changement climatique depuis 850 av. J.-C.

Des évidences stratigraphiques ont permis à Blytt et Sernander [23] de démontrer l'avènement d'un changement climatique abrupt vers des conditions plus fraîches et plus humides, au cours du premier millénaire av. J.-C., permettant ainsi la distinction entre la période sub-boréale (climat chaud et sec) et la période subatlantique (climat froid et humide). Le changement climatique a été observé via le degré de décomposition ainsi que la composition floristique de la tourbe ombro-

trophe, pour être ensuite récemment daté à 850 av. J.-C. (années étalonnées) à l'aide du radiocarbone, en utilisant la technique du ¹⁴C *wiggle-matching*. Une réduction de l'activité solaire aurait été responsable de ce changement [5,14,27,28]. La même modification du climat a été enregistrée dans les dépôts de tourbières ombrotrophes bombées du centre de l'Europe [24] et a eu des effets marqués dans l'Est de l'Europe, dont l'inondation rapide et complète de la région de la haute Volga [11]. Salomon Kroonenberg (communication personnelle) rapporte une substantielle hausse du niveau de la mer Caspienne. Dans la zone tempérée, le changement climatique a été caractérisé par une augmentation de la force des vents d'ouest et a probablement été accompagné d'un décalage de la circulation atmosphérique ouest-est vers le sud [26].

Des études paléoclimatologiques ont démontré qu'une modification des caractéristiques de la circulation atmosphérique vers 850 av. J.-C. a aussi affecté le Sud de la Sibérie et l'Asie centrale. Des terrasses du lac Telmen en Mongolie datant de 2710 à 1260 ans BP ont révélé une humidité effective plus importante qu'actuellement [19]. Grunert et al. [12] ont reconstitué les niveaux d'eau des lacs Uvs Nuur et Bayan Nuur, situés tout juste au sud de la frontière entre la Russie et la Mongolie, entre 100 et 200 km au sud-ouest des basses terres de la Touva, une région riche en vestiges archéologiques anciens de la culture scythe (Tagare et Aldy-Bel). Une diminution des niveaux lacustres de Uvs Nuur et Bayan Nuur est évidente à partir d'approximativement 5000 ans BP, indiquant une diminution du régime de précipitations. Entre 3000 et 2000 ans BP, l'augmentation soudaine des niveaux lacustres, combinée à des réavancées glaciaires ainsi qu'à la solifluxion, suggère une augmentation des précipitations et une diminution des températures. Des analyses polliniques sur des dépôts de tourbes ont révélé des conditions climatiques plus humides vers 2500 ans BP [16], ainsi qu'une transition de la végétation de steppe à forêt temporaire aux alentours de Bayan Nuur.

Les archives polliniques du lac Kutuzhekovo, dans le Sud de la Sibérie (53° 36' N, 91°56' E) décrivent l'histoire de la végétation au cours de l'Holocène supérieur [8] dans la dépression de Minoussinsk, laquelle est entourée par les hautes montagnes de Saïan. L'assemblage pollinique de la partie inférieure du diagramme illustre une végétation de steppe sèche, voire même semi-désertique, avec des sols nus et une faible productivité en biomasse. Une transition marquée dans le diagramme pollinique vers 2800 ans BP reflète des changements environnementaux étendus. Les taxons

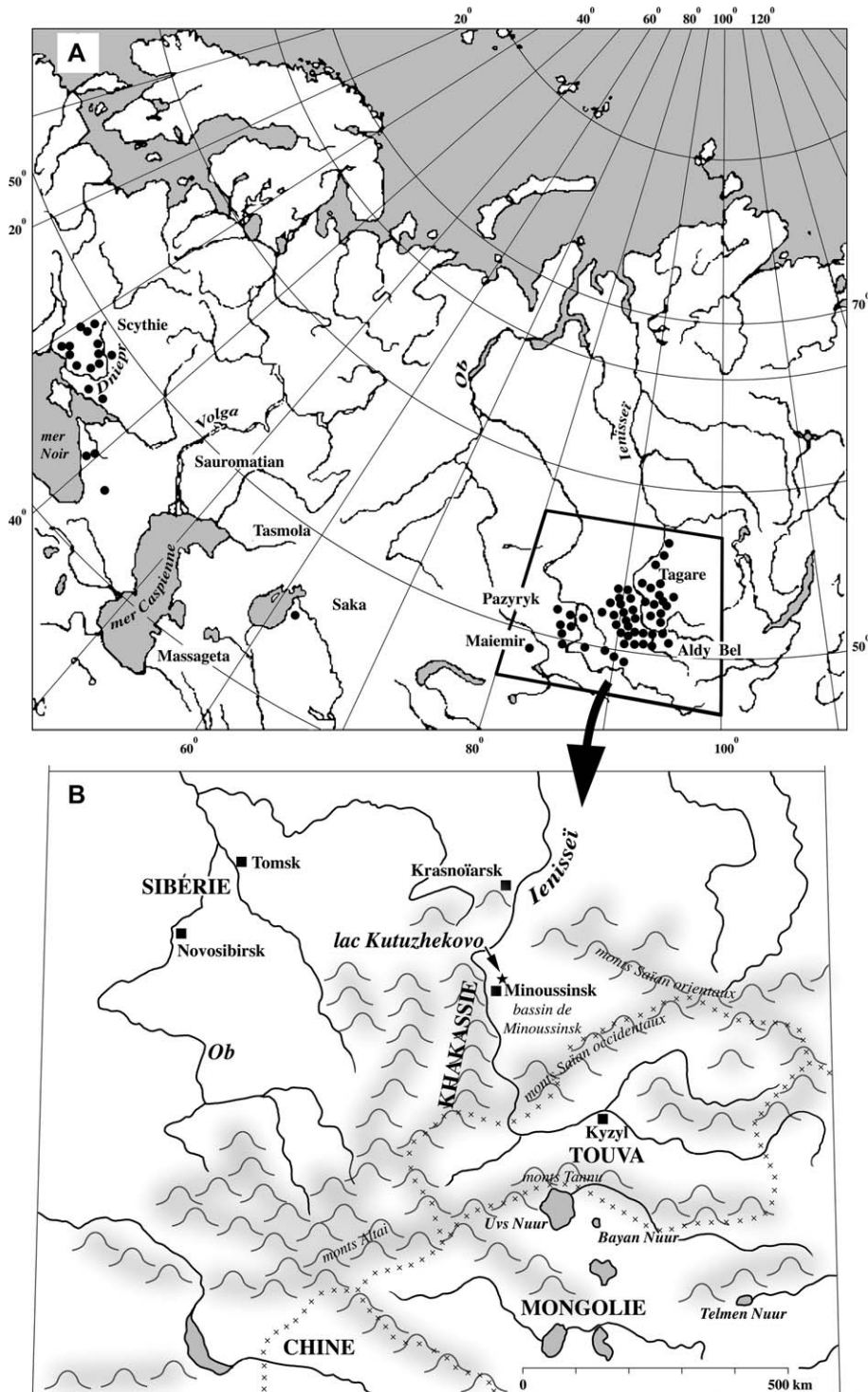


Fig. 1. (A) Carte des monuments scythes datés au radiocarbone. Tagar, Aldy-Bel, Pazryrk, etc. représentent les noms des cultures scythes dans différentes parties de l'Eurasie. (B) Carte détaillée montrant les différents endroits mentionnés dans le texte.
 Fig. 1. (A) Map showing Scythian time monuments dated using radiocarbon. Tagar, Aldy-Bel, Pazryrk, etc. are the names of the Scythian time cultures in different parts of Eurasia. (B) Detailed map showing the different sites mentioned in the text.

xérophiles diminuent, alors que les taxons hygrophiles montrent une augmentation notable, indiquant ainsi le changement d'un climat sec vers un climat relativement plus humide. Les modifications de la végétation coïncident avec des modifications sédimentaires où les dépôts lacustres sableux deviennent principalement organiques, ce qui indique une densification de la couverture végétale à l'intérieur du bassin versant, laquelle limite l'érosion. Cette densification a probablement été combinée à une forte productivité organique locale dans le lac. Il est alors raisonnable de conclure que le changement climatique de la transition sub-boréal–subatlantique vers des conditions plus froides et plus humides a également pris place dans le Sud de la Sibérie et en Asie centrale. De cette façon, un bilan hydrique accentué a permis la transformation d'une ceinture est–ouest semi-désertique en une steppe dotée d'une productivité primaire appréciable, permettant ainsi une capacité portante supérieure, d'une importance vitale pour les peuples nomades.

3. Développement culturel dans le Sud de la Sibérie et la Touva

La distribution géographique de la culture scythe entre 42° et 55° N et 30° et 100° E est étroitement liée à une région actuellement caractérisée par un climat continental relativement sec et occupée par une végétation de type steppe. Nous nous intéressons ici au centre sud de la Sibérie ainsi qu'à la région de la Touva en Asie centrale. L'archéologie du bassin de Minoussinsk, incluant la Khakassie et Krasnoïarsk, au nord des monts Saïan est différente, de celle de la Touva plus au sud. C'est ainsi que le développement culturel de ces régions est abordé séparément.

3.1. Le centre sud de la Sibérie (bassin de Minoussinsk, Khakassie)

La culture paléolithique d'Aphontovo a été reconnue dans plusieurs sites [25], mais demeure peu représentée durant le Mésolithique et le Néolithique (du VIII^e au IV^e millénaire av. J.-C. [30]). Des sites mésolithiques/néolithiques ont été découverts dans les zones actuelles de taïga et de montagne, mais non dans la steppe. L'occupation de la steppe a débuté vers la fin de la période néolithique. La culture d'Afanasievo (du IV^e au III^e millénaire av. J.-C.) a été la première culture de kourganes de type européen et aussi la plus orientale des cultures d'élevage en Eurasie. L'âge du bronze débute

avec la culture d'Okounevo dont l'origine a été datée de la fin du III^e millénaire av. J.-C. [9].

La partie nord de la dépression de Minoussinsk est la région la plus méridionale ayant connu la culture d'Adronovo (âge du bronze moyen, du XVIII^e au XIV^e siècle av. J.-C.). En comparaison avec les territoires voisins, tels que le Kazakhstan et l'Ouest de la Sibérie, relativement peu de sites Andronovo ont été trouvés dans la dépression de Minoussinsk. Il est difficile d'élucider la raison pour laquelle le peuple Andronovo ne s'est pas déplacé plus au sud de la dépression de Minoussinsk. Néanmoins, cela pourrait s'expliquer par des conditions environnementales ayant agi comme facteur limitant (voir plus bas).

La culture la mieux représentée à la fin de l'âge du bronze dans la dépression de Minoussinsk est la culture de Karassouk (XIV^e au X^e siècle av. J.-C. [4]). Quelques milliers de tertres et plusieurs vestiges de cette culture ont été découverts dans la zone de steppe du bassin de la rivière Ienisseï. Les variations locales des artefacts karassouks et l'influence de cette culture ont été fixées à l'intérieur d'un immense territoire couvrant le centre du Kazakhstan jusqu'en Mongolie et en Chine [6,18]. Le matériel archéologique et osseux a démontré que le transport à cheval est devenu important à cette époque et que la transition vers une économie d'éleveurs nomades a eu lieu.

La culture de Karassouk s'est développée au début de l'âge du fer au sein de la culture Tagare, qui est contemporaine et étroitement reliée aux cultures scythes des autres régions de la ceinture de steppes eurasiennes. Le passage de la dernière phase de l'âge du bronze à l'émergence de la culture Tagare ne représente pas une interruption du développement culturel [17]. Une longue série de datations au radiocarbone suggère clairement que la transition entre la fin de l'âge du bronze et la culture Tagare soit fixée autour du IX^e siècle av. J.-C. [2,21,22]. Dans le contexte du présent document, il est important de noter que cette période coïncide avec celle du changement climatique de la transition sub-boréal–subatlantique. En revanche, dans la région au nord des monts Saïan, aucun développement culturel n'indique une relation causale avec le changement climatique.

La culture Tagare a été l'une des cultures nomades les plus pures, pratiquant l'élevage et ayant des traditions complexes, que ce soit pour les rituels funéraires, l'armement ou l'art. Dans les premiers artefacts tagars, on peut y reconnaître des éléments suggérant une relation avec la culture de Karassouk, de même que des innovations de nature culturelle reflètent un contact avec la région du Kazakhstan et de l'Asie centrale.

3.2. L'Asie centrale (république de Touva)

Comparativement aux sites septentrionaux, les évidences archéologiques de la région au sud des monts Saïan (Touva) offrent un tout autre portrait. Les sites paléolithiques sont situés aux abords de la rivière Ienisseï et de ses tributaires [3], alors que les sites néolithiques ont été trouvés uniquement dans le canyon Saïan de la rivière Ienisseï (Toora-Dash and Ust'-Khemchik III [20]). Au début du II^e millénaire av. J.-C., la plupart de ces espaces habités ont été désertés et par la suite, la préhistoire de la Touva fut interrompue. On ne sait si une quelconque culture était présente le long du cours supérieur de la rivière Ienisseï durant la première moitié du II^e millénaire av. J.-C., au moment où la culture d'Andronovo a dominé la dépression de Minoussinsk. Au cours de la deuxième moitié du II^e millénaire av. J.-C., la situation a été légèrement différente, particulièrement dans les parties septentrionales et centrales de la Touva. Malgré des fouilles archéologiques intensives, la culture de Karassouk de la fin de l'âge du bronze n'a jusqu'à maintenant été représentée que par des découvertes isolées. Cette absence quasi totale d'archive archéologique dans la Touva est révélatrice.

Après le IX^e siècle av. J.-C., la situation a changé complètement au moment où la culture scythe a émergé de la Touva, d'abord du côté occidental de la zone des steppes de l'Eurasie, ensuite du côté oriental. Le kourgane d'Arjan-1 a livré du matériel scythe très ancien, daté entre la fin du IX^e siècle et le début du VIII^e siècle av. J.-C. [13]. Cette chronologie a été confirmée par dendrochronologie combinée à la technique du ¹⁴C *wiggle-matching* ainsi que par des indices archéologiques. L'immigration et la forte augmentation de la densité de population dans la Touva peu après le milieu du IX^e siècle av. J.-C. ont eu un impact énorme sur toute la zone de steppes en Eurasie. À Touva, la culture Aldy-Bel de type scythe a émergé plus précocement que dans toute autre partie de la zone de steppes. Nous suggérons qu'un changement climatique ait joué un rôle prépondérant dans le développement archéologique. Le synchronisme entre la transition soudaine vers des conditions moins sèches (milieu du IX^e siècle av. J.-C.), l'augmentation de la densité de population et le développement culturel dans la Touva est significatif. Les communautés préhistoriques vivant dans des régions marginales pour la production de nourriture peuvent être très sensibles aux modifications de l'environnement, puisque de tels changements peuvent avoir un impact énorme sur leur mode de vie. Nous postulons donc que l'émergence et l'expansion du début d'une culture scythe nomade dans

la Touva ont été rendues possibles uniquement après que le climat fut devenu plus humide (meilleure productivité primaire, permettant une capacité portante supérieure). Le changement climatique a transformé la région semi-désertique de la Touva en une steppe qui est alors devenue attirante pour les groupes nomades. Des modifications environnementales similaires ont pu avoir lieu dans des régions à l'est ou à l'ouest de la Touva et, ainsi, une grande ceinture est-ouest de steppes nouvellement formées a pu être envahie avec succès.

Van Geel et al. [29] et Zaitseva et al. [32] ont utilisé la base de données radiocarbone de Saint-Petersbourg afin de comparer la distribution géographique et l'âge de différents monuments situés dans les steppes eurasiennes entre 42° et 55° N (2200 datations ¹⁴C provenant de 650 sites). Ils ont ensuite comparé les dates isolées provenant du Sud de la Sibérie (Khakassie) et du centre de l'Asie (Touva) avec la série de données dans son ensemble. De façon similaire à l'archive archéologique, l'archive radiocarbone a révélé un « vide » dans la Touva durant l'âge du bronze, suivi d'une augmentation nette de son occupation peu après 3000 ans BP.

4. Conclusion

Un changement climatique générant des conditions plus humides ou moins sèches vers 850 av. J.-C. (années étalonnées) a été responsable de l'augmentation soudaine de la capacité portante de l'écosystème (production primaire supérieure) dans la région de la Touva. On suppose que la Touva a fait partie d'une vaste ceinture est-ouest (partie sud de la zone climatique tempérée) qui, en raison du changement climatique, est soudainement devenue accessible comme espace de vie attirant. Puisque le changement climatique vers 850 av. J.-C. a été déclenché par une diminution temporaire de l'activité solaire, nous formulons l'hypothèse que le soleil a été un facteur majeur influençant indirectement l'essor et l'expansion de la culture scythe.

Remerciements

Cette étude a été supportée par l'Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique (NWO 047.009.005) et par INTAS (03–51–445). Véronique Beaulieu-Audy, Montréal (Canada), a aimablement traduit ce texte en français.

Références

- [1] A.Y. Alekseev, N.A. Bokovenko, Y. Boltrik, K.V. Chugunov, G. Cook, V.A. Dergachev, N. Kovalyukh, G. Possnert, J. van

- der Plicht, E.M. Scott, A. Sementsov, V. Skripkin, S. Vasiliev, G. Zaitseva, A chronology of the Scythian antiquities of Eurasia based on new archaeological and ^{14}C data, *Radiocarbon* 43 (2001) 1085–1107.
- [2] A.Y. Alekseev, N.A. Bokovenko, Y. Boltrik, K.V. Chugunov, G. Cook, V.A. Dergachev, N. Kovalyukh, G. Possnert, J. van der Plicht, E.M. Scott, A. Sementsov, V. Skripkin, S. Vasiliev, G. Zaitseva, Some problems in the study of the chronology of the ancient nomadic cultures in Eurasia (9th–3rd centuries BC), *Geochronometria* 21 (2002) 143–150.
- [3] S.N. Astakhov, S.A. Vasiliev, The Neolithic–Bronze Age sites in the Sayan canyon of the Yenisei River, in: *Eurasia through time*, Saint-Petersbourg, 2001, pp. 148–154 (en russe).
- [4] N.A. Bokovenko, S. Legrand, Das karasukzeitliche Gräberfeld Anchil Chon in Chakassien, *Eurasia Antiqua* 6 (2000) 209–248.
- [5] G. Bond, B. Kromer, J. Beer, R. Muscheler, M.N. Evans, W. Showers, S. Hoffmann, R. Lotti-Bond, I. Hajdas, G. Bonani, Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene, *Science* 294 (2001) 2130–2136.
- [6] N.L. Chlenova, Khronologiya pamytnikov karasukskoy epokhi, *MIA* 182, 1972 (en russe).
- [7] V.A. Dergachev, S.S. Vasiliev, A.A. Sementsov, G.I. Zaitseva, K.A. Chugunov, I.J. Sljusarenko, Dendrochronology and radiocarbon dating methods in archaeological studies of Scythian sites, *Radiocarbon* 43 (2001) 417–424.
- [8] V.G. Dirksen, B. van Geel, Mid to Late Holocene climate change and its influence on cultural development in south-central Siberia, E.M. Scott, A.Y. Alekseev, G. Zaitseva (Eds.), *Impact of the environment on human migration in Eurasia*, NATO Sci., Ser. IV: Earth Environ. Sci. 42 (2004) 291–307.
- [9] J. Görtsdorf, H. Parzinger, A. Nagler, N. Leontev, Neue ^{14}C -datierungen für die sibirische Steppe und ihre Konsequenzen für die regionale Bronzezeitchronologie, *Eurasia Antiqua* 4 (1998) 73–80.
- [10] J. Görtsdorf, H. Parzinger, A. Nagler, New radiocarbon dates of the north Asian steppe zone and its consequences for the chronology, *Radiocarbon* 43 (2001) 1115–1120.
- [11] R. Gracheva, 2002. Abrupt environmental change and depopulation of Upper Volga lowland, Central Russia, around 2600 BP, *Abstr. Conf. Environmental catastrophes and recoveries in the Holocene*, Brunel University, UK. <http://atlas-conferences.com/cgi-bin/abstract/caiq-71>.
- [12] J. Grunert, F. Lehmkuhl, M. Walther, Paleoclimatic evolution of the Uvs Nuur basin and adjacent areas (western Mongolia), *Quat. Int.* 65–66 (2000) 171–192.
- [13] M.P. Gryaznov, *Der Großkurgan von Arzhan in Tuva, Südsibirien*, Materialien zur allgemeinen und vergleichenden Archäologie 23, Verlag C.H. Beck, München, 1984.
- [14] M.R. Kilian, J. van der Plicht, B. van Geel, Dating raised bogs: new aspects of AMS ^{14}C wiggle matching, a reservoir effect and climatic change, *Quat. Sci. Rev.* 14 (1995) 959–966.
- [15] V.I. Klochko, N.N. Kovalyukh, V. Skripkin, I. Motzenbecker, Isotope chronology of the Subotiv settlement, *Radiocarbon* 40 (1997) 667–673.
- [16] F. Lehmkuhl, F. Schlütz, C. Beckert, M. Klinge, Zur jungpleistozänen und holozänen Klimageschichte des Turgen-Charichira, Mongolischer Altai, *Jenaer Geographische Manuscripte* 19 (1998) 43–44.
- [17] N. Leont'ev, H. Parzinger, A. Nagler, Die russisch-deutschen Ausgrabungen beim Berg Suchanicha am mittleren Enisej, *Eurasia Antiqua* 2 (1996) 175–204.
- [18] E.A. Novgorodova, *Centralnaya Asiya i karasukskaya problema*, Nauka, Moscou, 1970 (en russe).
- [19] J.A. Peck, P. Khosbayar, S.J. Fowell, R.B. Pearce, S. Ariunbileg, B.C.S. Hansen, N. Soninkhishig, Mid to Late Holocene climate change in north central Mongolia as recorded in the sediments of Lake Telmen, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 183 (2002) 135–153.
- [20] V.A. Semenov, *The Neolithic–Bronze Age in Tuva*, Institute for the History of Material Culture of RAS, Saint-Petersbourg, 1992 (en russe).
- [21] A.A. Sementsov, G.I. Zaitseva, J. Görtsdorf, N.A. Bokovenko, H. Parzinger, A. Nagler, K.V. Chugunov, L.M. Lebedeva, The chronological questions of the Scythian nomads for the Southern Siberia and Central Asia region, *Radiocarbon Archaeol.* 2 (1997) 86–94 (en russe).
- [22] A.A. Sementsov, G.I. Zaitseva, J. Görtsdorf, A. Nagler, H. Parzinger, N.A. Bokovenko, K.V. Chugunov, L.M. Lebedeva, Chronology of the burial finds from Scythian monuments in Southern Siberia and Central Asia, *Radiocarbon* 40 (1998) 713–720.
- [23] R. Sernander, Die schwedischen Torfmoore als Zeugen postglazialer Klimaschwankungen, Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der Letzten Eiszeit, Stockholm, 1910.
- [24] A. Speranza, B. van Geel, J. van der Plicht, Evidence for solar forcing of climate change at ca. 850 cal BC from a Czech peat sequence, *Global Planet. Change* 35 (2002) 51–65.
- [25] E.B. Vadeckaya, *Archaeological monuments in the steppes of the Middle Yenisei River Basin*, Leningrad, USSR, 1986 (en russe).
- [26] B. van Geel, H. Renssen, Abrupt climate change around 2650 BP in North-West Europe: evidence for climatic teleconnections and a tentative explanation, in: A.S. Issar, N. Brown (Eds.), *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1998.
- [27] B. van Geel, J. Buurman, H.T. Waterbolk, Archaeological and palaeoecological indications for an abrupt climate change in the Netherlands and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP, *J. Quat. Sci.* 11 (1996) 451–460.
- [28] B. van Geel, J. van der Plicht, M.R. Kilian, E.R. Klaver, J.H.M. Kouwenberg, H. Renssen, I. Reynaud-Farrera, H.T. Waterbolk, The sharp rise of delta ^{14}C ca. 800 cal BC: possible causes, related climatic teleconnections and the impact on human environments, *Radiocarbon* 40 (1998) 535–550.
- [29] B. van Geel, N.A. Bokovenko, N.D. Burova, K.V. Chugunov, V.A. Dergachev, V.G. Dirksen, M. Kulkova, A. Nagler, H. Parzinger, J. van der Plicht, S.S. Vasiliev, G.I. Zaitseva, Climate change and the expansion of the Scythian culture after 850 BC, a hypothesis, *J. Archaeol. Sci.* 31 (2004) 1735–1742.
- [30] S.A. Vasiliev, The late complexes of the multilayer site Ui-II and the problem of the development of the Holocene Stone Age cultures in the Upper Yenisey River Basin, *Archaeological News* 8 (2001) 62–76.
- [31] G.I. Zaitseva, G. Possnert, A.Y. Alekseev, A.A. Sementsov, V.A. Dergachev, The first ^{14}C dating of monuments in European Scythia, *Radiocarbon* 40 (1998) 767–774.
- [32] G.I. Zaitseva, B. van Geel, N.A. Bokovenko, K.V. Chugunov, V.A. Dergachev, V.G. Dirksen, M.A. Koulikova, A. Nagler, G. Parzinger, J. van der Plicht, N.D. Burova, L.M. Lebedeva, Chronology and possible links between climatic and cultural change during the first millennium BC in Southern Siberia and Central Asia, *Radiocarbon* 46 (2004) 259–276.