

现代气候变化和古气候

М. И. 布德科

人为因素引起的气候变化 70年代后期以来,国内外曾有许多学术会议讨论了由于人为因素引起的全球气候未来变化问题。所有会议都支持全球气温可能会明显升高这个观点,并认为必须对全球各地区未来气候变化作出评价。这项研究是十分艰巨的。

虽然气候理论在70年代中期得到了长足的发展,但即使采用最可靠的理论模型,气候变化计算的精度问题仍悬而未决。这就给在大气中CO₂浓度增加时确定气候条件变化带来了困难。有人认为,利用已有的模型较可靠地确定气候系统对影响气候的外部因子变化的敏感性是不可能的。但权威的气候学家不赞成这一观点。为了解决模型计算的精度问题,就需要提出新的、不受气候模型影响的评价气候系统敏感度的途径。

这样的途径在70年代的后半期就发现了。当时,为了研究气候系统的敏感度,采用了现代气候变化的经验资料及地质历史时期的气候资料。本文是论述利用古气候资料,研究气候人为变化影响的可能性。

未来气候的古气候类比: 苏联科学家提出的用气候变化经验资料研究气候系统的敏感度的想

参数,即表明地理系统及其要素状况的指示剂,在此基础上实行监测。监测中要阐明,出现的偏差是人类活动影响的结果,还是地理系统天然自我发展的结果(自然趋势)。

进行此项工作要求建立更为现代化的地理系统观测方法,包括遥感探测方法和地面方法。使信息从观测客体直接传送到电子计算机中。1982年库尔斯克野外试验基地开始采用生物地球物理信息收集和初步加工的信息量测系统第一方案。1984年由于有效地执行了地理系统监测计划,库尔斯克野外试验基地易名为苏联科学院地理研究所库尔斯克生物圈站。

地理系统监测研究需要建立地理系统结构—功能模型。地理系统监测首先是旨在跟踪和监督受到人为活动影响的边缘区和试验区。为此有必要进行回顾性监测,寻求《零点读数》,即人类大力改造森林草原地理系统的起始时间和状况。这对库尔斯克生物圈站来讲是一个新方向。

地理系统监测的研究成果反映在即将出版的《地理系统监测的原则和方法》一书中。

在地理监测研究中库尔斯克生物圈站与数十个研究所和生产部门签订了21个科技协作合同,并广泛开展了国际交流和合作。

综上所述,定位站的发展道路——由单个的野

外作业分队到大型学术中心,由局部的野外观测和描述到配备现代化量测仪器进行综合性野外试验——反映了地理科学在向系统地理学,建设地理学发展道路上的进展。

定位站25年的科研成果有数百篇文章,专著,论文集^{*}。二十五年来定位站做了大量科学组织工作。据不完全统计,库尔斯克生物圈站组织了20多次国际性及全苏性学术会议和试验项目,接受了来自15个国家的600多位外国专家来站交流经验和进行定位站试验研究,有20多位外国和苏联专家来此进行长期进修,邀请100多个科研机构的专家对本站工作进行咨询和帮助。每年全国各地有大批高等学校的学生来本站进行生产实习。

今后的五年定位站将更多地注重研究方法论方面的问题,将对各类地理系统及其要素的瞬时状况和演替动态进行研究和分析,将研究地理系统不变量的变化。

库尔斯克生物圈站25年的工作历程雄辩地证明了综合性定位试验研究在进一步发展系统地理学,建设地理学的过程中,在使地理学由描述,解释转为预报,管理地理系统的过程中起着日益增长的作用。

李德美节译自《Изв.АН СССР, сер. геогр.》, 1986, №6.

^{*} 苏联地理所出版了库尔斯克站成果目录:《Библиография работ, выполненных сотрудниками ИГ АН СССР на основе исследований на Курском стационаре с 1961 по 1986 год》, Препринт, М., 1986.

法，目前在国内已经得到了广泛的发展。

И. П. 格拉西莫夫在1979年2月日内瓦召开的国际气候学大会上所提交的论文对这个方向的发展作了重要的贡献。

他在这篇文章中综合了大量古气候和古地理研究资料，其中包括И. П. 格拉西莫夫本人及同行的大量重要成果。结果发现，现代气候变化更大程度上取决于人类活动对气候形成因子的影响。И. П. 格拉西莫夫指出，气候状况的发展可能会和过去类似。

И. П. 格拉西莫夫进一步发展这个思想，他写道：“古气候学可以使人们从一系列地质历史时期的气候中作出选择。其中被地质历史所启示的最可能的方案有三个：很温暖而湿润，但大空间范围气候变化很单一的前冰期（中上新世）气候；不甚温暖，但空间变化很大的间冰期气候；最后一个冰后期气候适宜时期的过渡型气候（从间冰期到现代的）。

И. П. 格拉西莫夫论文的结论很有价值：“应该依据古地理图和图集及气候学一般原理研制过去气候及气候形成过程的定性和定量模型作为概率预报模型”。

下面，我们来分析一下И. П. 格拉西莫夫所制定的研究计划在多大程度上得到实现。

大气圈的化学组成 要证实利用古气候资料估价未来气候的可行性，必须研究地质历史时期气候变迁的原因，即研究И. П. 格拉西莫夫文章中所说的气候形成过程。

他提到近亿年来大气成分变化研究的最初成果。从这些研究可以得出结论说，在整个新生代，大气中的CO₂浓度下降了好几倍，该时期气候明显变冷看来主要与CO₂浓度的降低有关。

近年来对大气化学成份变化作了更深入细致的研究，其成果见表1。

表1 低层大气中CO₂浓度及平均温度的变化

时代	绝对年龄(百万年)	CO ₂	ΔT, °C
上白垩纪	100—66	0.179	10.4
古新世	66—58	0.077	6.7
始新世	58—37	0.125	8.7
渐新世	37—25	0.033	2.9
中新世	25—9	0.077	6.4
上新世	9—2	0.045	3.4
现代	—	0.300	0

从表中可以看出，自上白垩到现在，CO₂气体的浓度下降了大约 $\frac{4}{5}$ 。因此，上白垩纪低层大气平均温度与现代平均温度相比相差10°C之多。从表中的资料可以看出，在所研究的时段内CO₂气体浓度并不是均匀地下降的。但是直至上新世以前的各个时期，大气中CO₂的数量都比现在多。

表1中CO₂浓度变化资料是根据不同年代沉积物中由测定各种碳酸盐岩类数量资料计算而获得的。中新世CO₂含量的一些数值是用分析保存在古代冰中气泡的化学型成方法所得到的。

从而得出结论，CO₂浓度由冰期约0.02的数值只增加到间冰期的0.035%左右。

根据上述资料可以看出，地质历史时期CO₂浓度变化主要是由气候的自然变化而引起的，而现在CO₂浓度变化多半是人为的。这两种过程的主要区别表现在它们的时间尺度不同上：如果说前一过程发生在几千年甚至几百万年的时间里，而后一过程的速度却快得多——几十年至几百年。

这个结论使利用过去的气候资料短期预测未来气候的问题简化了一步。与此同时，如果认为CO₂浓度变化是过去气候变化的唯一因子，并以此推断未来气候的变化那就错了。就近2500万年这段时期来说，气候变化除受CO₂浓度变化的影响外，还受太阳常数增大及地球反射率不稳定性

的影响。研究结果表明，这些因素对气温的影响是可以作定量计算的，一般来讲其他因素对气温的影响比CO₂变化的影响要小。此外，目前全球性的温度上升还受其他物质——气溶胶积累的影响。最近已有人定量地研究了这个问题。

虽然还存在如上所述的影响气候变化的其他因素，但气候变化的主要因子在过去和将来都是一致的。这点对本文所探讨的问题具有重要意义。

气候系统的敏感度 要定量地研究大气中CO₂浓度增加所引起的未来气候变化，就必须确定气候系统对大气中CO₂浓度增加的敏感度。由气候理论模型得出，平均气温同CO₂含量变化成对数规律变化，而且，CO₂浓度增大1倍时，气温升高3℃ [$\Delta T_0 = 3^\circ\text{C}$]。后一数据还需要进一步核实。大多数最有根据的理论研究，得出的参数值 ΔT_c 值在2—4℃范围内。70年代前半期得的数值接近于3℃，70年代末期、80年代初取得的数值通常为2℃，80年代中期的 ΔT_c 值接近于4℃。 ΔT_c 的这种变化很清楚地表明，用现代气候理论方法包括应用总大气环流的最详的模型来完全准确地确定 ΔT_c 值是不可能的。

由于目前气候系统敏感度研究的理论方法精度不高，显然就必须：第一，用经验数据对上面讲的低层大气湿度随CO₂浓度变化的对数关系进行检验；第二，对 ΔT_c 的理论值进行检验。

为了说明第一个问题，我们应用了从白垩纪到上新世若干时段的平均气温经验资料。这些资料是B. M. 西尼岭研究得到的。上述资料与对应时段中所得的CO₂浓度值相吻合。通过对比确认在CO₂浓度由0.03—0.27%（即变化10倍）的范围内，湿度随CO₂浓度变化的对数关系是很好地被经验资料所证实。前不久出版的一本书应用更为准确的资料也得到了类似的结论。

这个方法也可用来确定 ΔT_c 值。用古气候资料计算的结果， ΔT_c 值为3.5℃、3.4℃、2.8℃等，其中最精确的一个数据是3.0℃，值得注意的是，后一数据与上面得出的参数值相符，美国科学院的两份工作报告及苏联作者的研究都认为这个数值最可靠。

1981年苏美两国召开的关于CO₂对气候影响问题的会议中，对由于CO₂浓度成倍增加所引起的中纬度低层大气温度变化及中纬度大陆上降水总量变化作了评价。

这些评价是利用马纳别（Manabe）和韦瑟罗尔德（Wetherald）大气环流模型及H. H. 博尔津科夫和H. A. 叶菲莫夫的新世古气候图作出的。相应的计算结果见表2和表3。

表2 全球平均温度升高3℃的低层大气中纬度温度的变化

资料来源	北 纬 (°)								
	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90
大气总环流模型	1.7	2.0	2.5	3.4	3.8	4.3	5.2	6.8	7.6
古气候资料	1.2	1.4	1.6	2.4	4.0	4.6	6.8	7.9	9.5

表3 全球平均气温升高3℃时中纬度带大陆上降水总量（厘米/年）的变化

资料来源	北 纬 (°)								
	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90
大气环流模型	—	10	14	3	—1	10	9	13	—
古气候资料	—	12	12	2	2	8	9	13	—

应用气候理论模型计算出的结果和利用古气候资料所得的结果基本相符，证明所得结果是真

实可信的。这同时也表明，相当准确地研究大气系统对CO₂浓度增加的敏感度是可能的。

未来气候变化的详细评价 近年来关于人类活动引起的大气化学成份变化对未来气温变化的影响的研究作出了如下评价：19世纪下半叶相比，近地层全球温度有所升高，到2000年气温将升高1℃，2015年升高2℃，二十一世纪中期将升高3℃。已有的计算表明，和第一个天气变暖阶段（即19世纪下半叶至2000年——译者）最相似的古气候过程是全新世标准气候，和第二个变暖阶段最相似的古气候过程是米库林间冰期，和第三个变暖阶段最相似的是上新世气候。

上面谈到的И. П. 格拉西莫夫的论文也强调了本文所列的三个时期气候资料对预测未来气候的意义。应当说明的是，其文所以有意义，在很大程度上是由于用理论方法取得可靠的某些地理气候随CO₂浓度变化的资料的艰难性。研究表明，目前的气候理论模型对评价气候情况各要素全球平均的和中纬度的变化是最有效的。相比之下，计算气象因素区域变化的准确性，特别是计算保障农业急需的降水量的准确性则明显地要差。

70年代末期，第一次利用上新世气候资料计算了在全球平均气温升高3℃时的区域气候变化。同时在这项研究中利用上面提到的B. M. 西尼岭的研究资料绘制了变暖期苏联西部一系列气象要素与现代气候条件的差别图。其中有上新世（7月和1月）的气温差图和大陆降水差图。这些图在上面谈到的苏美专家会议报告中就利用过。

A. A. 韦利奇科与地理所的其他同事合作编制了最后一次间冰期（米库林间冰期）气候图。最初编出了苏联本土1月和7月的气温图及年降水总量图。后来又编制了整个北半球这样的气温图和年降水量图。

凯洛格第一次应用全新世最佳气候期资料详细计算了未来气候变化。И. И. 博尔津科夫和B. A. 祖巴科夫编制了北半球全新世更为详细的地图（夏季温度和年降水总量与现代气候条件的差异）。

根据描述地质历史时期暖期的气候条件图，便可以得出全球变暖过程中温度状况变化的一般规律。和现代气候相比，气温变暖时，高纬度气温的升高要比低纬度温度升高值要高，冬天升温值要比夏天升温值高。

关于温度条件变化的基本规律还不甚清楚。在这些情况下，陆地上大部分地区的降水总量可能有所增加，而且在过渡湿润区域增加的会更大些。研究表明，北纬40°—50°的纬度带内，有些地区降水量变化很小，而其余地区降水量可能有所减少。

应当承认，目前对这些变暖期气候条件的研究，对于解决收集必要资料广泛利用古气候资料推算未来气候变化工作来说，还只是一个起步而已。

除了要大大提高温暖期气候资料的详细程度和精度之外，还要注意适当利用这些资料评价今后十年气候条件变化的方法问题。

在使用这些方法时，除了CO₂气体之外，还应考虑其他气候形成因子对未来气候的影响，它们对气候的影响可能会使未来的气候条件变化过程不同于过去的气候变化过程。

上面谈到过几个这样的气候影响因子。例如，由于大气中起温室效益的人为气溶胶的积叠，将使未来气候的变暖过程大大加强。因为这种作用的物理机制和CO₂的作用很相似，这些气溶胶对气候的影响可以看作是CO₂的补充增加。

此外，与持续或长或短的一定时间的温暖期古气候条件不同，现代变暖过程发展得相当快，以致海洋表层温度没有空气温度变化快。这将导致平均全球气温升高有一定的迟缓。换句话说，这种气温的增长比稳定状态大气系统的气温增长得要小。根据不同的计算，其减少值占稳定条件下温度变化的20—50%。

已有的研究表明，大气中气溶胶的积累限制了低层大气的补充加热，这种加热将能初步补偿海水热惰性对气候的致冷作用。当然这个结论还需要进一步的研究。

第九届国际森林工作代表会

M. L. 亨德森

本次会议于1985年7月1日至10日在墨西哥城召开。会议由墨西哥农业与水力部协同有关组织联合召集。这个代表会每六年召开一次，讨论森林的管理与科研工作。与会人员有林业和农业方面的政府机构的代表，有私人工业企业的代表，有科研和教学单位的代表，也有国际组织的代表。会议的主题是“社会综合开发中的森林资源”。会议讨论的具体议题有：森林管理上的新成就和发展趋势，林业的产品与产量，乡村开发与机构。特别为地理学家所关注的问题有：热带森林的生态与管理，农业森林，森林利用，乡村开发与森林资源，森林生物地理学，森林砍伐的原因与后果以及各国对森林的不同管理经验等。

云浦译自《The Professional Geographer》，1986，38（1）

菲律宾全国地理教学与科研会议

D. L. 克劳森

这次会议于1985年7月10日至12日于菲律宾的奎松召开。会址在菲律宾大学。会议由该大学地理系与其它有关单位联合主持。会议的三点目的如下：

1. 加强地理学在全国的地位，提高地理学在国家发展中的能力。

2. 在全国范围内加强地理教学工作。目前菲律宾尽管有不少院校开设一两门地理学课程，但教学人员很少甚至没有受过正规的地理学教育，而能够授予地理学学士与硕士学位的则只有菲律宾大学。由于教育部决定在中小学中单独设置地理课，所以地理课在这两级学校中正在恢复。会议第二天专门讨论了这个地理教学的问题。参加这次讨论的有来自各院校的十几位代表。

3. 会议的第三个目的是为结合本国实际进行研究的科研成果开辟出路。

与会人员包括：大学的教学人员，有关政府机构的人员，私营公司人员以及少数研究生。

云浦译自《The Professional Geographer》，1986，38（1）

上面已讲过，应用古气候类比评价未来气候时，还应当考虑所研究时段间隔中太阳常数增加及地球——大气圈系统反射率差异对气候的影响。如果说在我们研究时段内太阳常数变化对气候的影响不大的话，那么反射率的变化对气候有着明显的影响。可以断定，陆地上雪被所占面积及海冰所占空间随着温度升高将发生迅速的变化。

同时，在最近的100年过程中，大陆冰川总面积不会发生重大变化。同样，地带形态和天然植被的变化也将明显地落后于变暖过程的发展。

这就将导致未来变暖时期全球反射率值与用作类比的过去温暖时期的这种变暖的全球反射率有所不同。考虑这种差异对提高预测未来气候条件的精度，具有一定的意义。H. A. 叶菲莫夫在这方面作了研究。

结语 近年来，在利用古气候资料来解决未来气候预报这个重要问题上取得了显著的成果。今后应当按照И. П. 格拉西莫夫指出的研究方向进一步深入发展。另外，地理所同行们的工作也占重要地位。我们相信，摆在古气候学面前的新任务就是迅速地把这门学科引向纵深发展。

韦尧志译自《Изв. АН СССР, Сер. геогр.》，1985，NO 6。跃辉校