

究反应机理、氧化过程等,非常有用。

利用电子计算机开展环境化学模式研究也是重金属状态分析的一种途径。

主要参考文献

- [1] Florence, T. M., Batley, G. E., *Talanta*, **24**, 151 (1977).
- [2] Stumm, W. *et al.*, *Chemical Speciation in Seawater. Nature of Seawater*, pp. 17—41, Dahlem Workshop, 1977.
- [3] Tesser, A. *et al.*, *Anal. Chem.*, **5**, 644 (1979).
- [4] Eganhouse R. P. *et al.*, *ES&T*, **12**, 1151 (1978).
- [5] Braman, R. S., *Environmental Pollutions Detection and Measurement*, pp. 451—458, NBS Special Publication 464, 1977.
- [6] Thomassen, Y. *et al.*, *Anal. Chim. Acta*, **110**, 1 (1979).
- [7] Andreal, M. O., *Anal. Chem.*, **49**, 820 (1977).
- [8] Zenko Yoshida *et al.*, *Anal. Chim. Acta*, **106**, 405 (1979).
- [9] Soldano, B. A. *et al.*, *Atoms. Environ.*, **9**, 941 (1975).
- [10] Makris, W. E. *et al.*, *4th Joint Conference on Sensing of Environmental Pollutants*, p. 192, Conference Proceedings, Nov. 1977.
- [11] Johnson, D. L., Braman, R. S., *ES&T*, **8** 1003 (1974).
- [12] Gay, D. D. *et al.*, *4th Joint Conference on Sensing of Environmental Pollutants*, p. 187, Conference Proceedings, Nov. 1977.
- [13] Shoriat, M., *J. of Chromatographic Science*, **17**, 527 (1979).
- [14] Fitzgerald, W. F. *et al.*, *Anal. Chem.*, **51**, 1714 (1979).
- [15] Braman, R. S., Johnson, D. L., *Anal. Chem.*, **49**, 621 (1977).
- [16] Jon C. Van Loon, *Anal. Chem.*, **51**, 139A (1979).
- [17] Longbottom, J. E., *Anal. Chem.*, **44**, 111 (1972).
- [18] Chau, Y. K. *et al.*, *Anal. Chem.*, **47**, 2279 (1975).
- [19] Chau, Y. K. *et al.*, *Anal. Chim. Acta*, **85**, 421 (1976).
- [20] Kolb, B. *et al.*, *Fresenius' Z. Anal. Chem.*, **21**, 166 (1966).
- [21] Coker, D. T., *Anal. Chem.*, **47**, 386 (1975).
- [22] Sirota, G. R., Uthe, J. F., *Anal. Chem.*, **49** 823 (1977).
- [23] Radziuk, B. *et al.*, *Anal. Chim. Acta*, **88**, (1979).
- [24] Radziuk, B., Jon C. Van Loon, *Sci. Total Environ.*, **6**, 251 (1976).
- [25] Edmonds, J. S. *et al.*, *Anal. Chem.*, **48**, 2020 (1976).
- [26] Quimby, B. D., *Anal. Chem.*, **50**, 2112 (1978).
- [27] Uden, P. C. *et al.*, *Anal. Chem.*, **50**, 852 (1978).
- [28] MacCrehan, W. A. *et al.*, *4th Joint Conference on Sensing of Environmental Pollutants*, p. 635, Conference Proceedings, Nov. 1977.
- [29] Jon C. Van Loon *et al.*, *J. Chromatogr.*, **136**, 301 (1977).
- [30] Jasinski, P. *et al.*, *Anal. Chem.*, **46**, 364 (1974).
- [31] Szakasits, J. J. *et al.*, *Anal. Chem.*, **46**, 1648 (1974).
- [32] Dulka, J. J. *et al.*, *Anal. Chem.*, **48**, 640A (1976).
- [33] Braman, R. S. *et al.*, *Science*, **182**, 1247 (1973).
- [34] Braman, R. S. *et al.*, *ES&T*, **8**, 996 (1974).
- [35] Talmi, Y. *et al.*, *Anal. Chem.*, **47**, 2145 (1975).

我国河流污染研究综述

关伯仁

王华东

郑英铭

(北京大学地理系)

(北京师范大学地理系)

(华东水利学院)

一、我国河流污染研究的回顾

我国是世界上河川径流资源最丰富的国家之一,多年平均河川径流总量近 27,000 亿

立方米,居世界第三位。丰富的河川径流资源,给我们的工农业发展提供了有利的条件,如我国目前在淡水的利用方面,主要是依靠地表水的河川径流。全国 29 个省市的首府,

就有三分之二以上是位于大、小河流的河畔，而河水都是她们的供水之源。

另一方面，随着我国工农业的迅速发展，如新生产技术的使用、新物质的生产和利用，造成了河水和河流的污染。目前从全国各河流域来看，形成显著污染的河段还是少数，范围不大，一般发生在工业区域和城市的下游。但这些污染河段都是在人口密集、工农业发展较快的区域，因此，这里河水被污染后对人民生活与生产的影响较大。另外，一个河段如果遭受长期的污染，则将会使全河流的生态系统发生改变，影响将是深远的。所以，我们要重视这些河段的污染问题。

我国对河流污染的研究，主要是在七十年代初开展起来的。当时，随着人们对环境问题认识的加深和一些河段污染的加重，卫生部组织各省市的卫生防疫系统，开始(1972年)对我国河流进行定期的水质检测工作，并在大河流上成立了检测协作组。如长江干流六省一市协作组，黄河九省区协作组等，进行各流域内的检测协调与经验交流。同时，由卫生部门定出水污染检测的五大重点毒物：酚、氯、砷、汞、铬。到1973年全国第一次环境保护工作会议后，各省市环境保护机构开始建立，各大河流域如长江、黄河、淮河等，亦相继成立水源保护机构。从1976年开始，对河流的水质、水污染检测改由各环境保护机构进行。目前北从松花江水系、南到珠江水系，已积累了大量的河水水质或污染的检测资料。同时，在全国的许多河流上或在重点的污染河段上，进行了大量的河流污染调查和研究工作。范围之广，几乎遍于我国东半部外流流域。在河流污染调查工作中，都做了大量的工业、城市污染源调查，创造了一些污染物质排放量的计算和评价方法。对于来自自然界的污染物，亦在若干流域进行了自然背景值的调查。如黄河水中的砷，就是从调查黄河流域黄土层中的砷含量而证明它是从自然界来的。在河水污染规律的研究方面，所做的

工作很多，其中主要可以归纳为这样几个方面：(1)污染物质在河水中稀释、扩散规律的研究；(2)有机污染物质自净规律的研究；(3)污染物质在河流(水、底泥、水生生物)中迁移转化规律的研究；(4)污染河流中水生生物生态系统变化的研究；(5)河流污染综合评价的研究；(6)河流污染控制的研究等。这些研究工作都取得了一定的成果。如长江镇江段稀释自净能力的研究；黄河兰州段有机物自净规律的研究等。在河流污染综合评价方面，相对污染程度迭加型指数，也是我国最早发展起来的。

总之，回顾我国几年来河流污染研究的历史，可以看出其发展速度是比较快的，研究的面也比较广，进行了多学科间的合作，因此取得的成果也是比较显著的。但另一方面，我们对环境科学中某些基本规律的研究还不够重视；基础水环境资料的累积也较少。在河流污染研究方面，应用一般的方法多，而结合某个地区或具我国特征的方法少；投入到化学方面的力量较强，生物、水文方面的力量则相对较弱，这些都是要求在今后的工作中加以改善的。

二、我国河流污染研究的现状

1. 河流污染监测研究

河流污染监测是河流污染研究和河流水源保护、管理的一项最基本的工作和手段。目前在河流的污染监测上有三种方法，即化学、物理学和生物学的方法。其中前两者用的较普遍。物理学的监测方法一般只能反映河流污染的感官性状，不能揭示出污染的性质，故在多数情况下必须与化学的监测方法相配合。生物学的监测方法固然古老，可是它对河流污染反应敏感而确切，综合性强，所以很有前途。只是因为我们这方面的技术力量较薄弱，目前尚不能在各河流上普遍开展。目前这种研究工作，主要集中在中国科学院湖北水生生物研究所和北京市环境保护研究所

等少数单位进行,不论上述哪一种监测方法,都面临站网布设、指标选择、取样方法、监测时间和检测方法五个方面的问题。目前国内对这些方面的研究已取得一定的进展。

在站网布设方面,几个主要的水系如长江、黄河、淮河都已经有了水质监测站网,有的水系已开始做站网的第二次调整。水利部正在制定全国统一的水质监测规定,许多流域也都颁布了适合本水系的监测规定。这些规定对污染参数、取样时间和检验方法都做了统一的说明。监测工作统一标准的颁布,应视为这项研究的成就之一。在监测方面的另一项成就是我国第一艘内河流动监测船“常清号”的研制成功,同时也是我国检测仪器方面新进展的标志。

此外,长江水源保护局等单位,目前也开始对河流污染监测中的采样位置、方法、仪器、时间等方面进行了研究,相信这些研究成果必将对提高河流污染监测的精度、减少盲目性做出贡献。但是,也必须指出,目前的河流污染监测工作还不能适应环境影响评价、水质预测和预报以及控制规划等方面的需要,因此,对河流污染监测的研究还要迅速的提高。

2. 河流中污染物变化的研究

(1) 河流污染物稀释扩散规律的研究

污染物在水体中的稀释扩散规律是河流污染研究的基础理论之一,也是河流自净的物理过程。因此,联同污染物迁移转化规律的研究,也就构成了河流自净的全过程,而这些都是进行水质模拟、水质预测和水质规划所必须的最基本依据。国外在六十年代已开始将扩散理论运用于环境问题的研究中,到七十年代发展很快。我国到目前为止,对这个领域的研究还很不普遍,主要原因是缺少必要的模拟实验条件。如华东水利学院和北京水电研究院的研究工作,也仅局限在对火电厂冷却水排放所引起的河流热扩散方面。在天然河道中进行河流稀释能力的研究,以1975年在长江镇江段所做调查规模最大。通

过两次调查,基本查明了某厂含酚废水入江后的稀释扩散情况,如污染面积与各种影响因素的关系;纵向、横向、垂直三个方向上的扩散能力等。这对天然河道的稀释、扩散作用的研究方法起了一定的示范作用。

如所周知,描述河流污染物扩散作用的数学模型,是一个含有三种作用(物理、化学和生物化学)和三维空间(x 、 y 、 z)的偏微分方程。但在实际运用时,常根据初始条件和边界条件将原式予以简化,否则难求得通解,于是形成所谓的一维、二维和三维的问题。目前对一维问题研究的较多,方程一般都可解出。二维问题的研究亦进入应用阶段,问题是在于确定系数。至于三维问题在国外也是重点课题。我国华东水利学院已开展某潮汐河流进行热扩散的现场测定与分析研究,目前这项工作正在进行中。

(2) 有机污染物自净规律的研究

有机污染物在河水中的自净规律亦是河流污染研究的基础理论之一。在我国对这个问题的研究,较对稀释、扩散的研究开始的早和进行的范围广。目前在一些河段上都做过某些有机污染物自净规律的研究和探索,如北京郊区的河流、长江下游河口段、黄河兰州段等。在自净研究的对象污染物方面,近两年来已从酚氰为重点转到研究 BOD 上,因为目前在河流污染研究中还不能把各种有机化合物加以区分,所以用 BOD 的分析,则能比较简便而综合的研究可降解有机物的污染自净作用。在调查、检测的方法上,主要应用和发展了水团追踪取样法。在计算的数学模式上,一些地区总结出酚、氰等有机物质的自净作用亦符合负指数规律。在长江的南京江段,根据污染物质平衡的原理,得出含酚废水沿流向的浓度递减具有幂指数的模式,进而得出地区性的半经验自净公式。对于影响自净作用的因素,许多地区也做了不少的探讨。如在黄河兰州段酚自净研究中,得出水中含沙量对酚自净的影响作用,即泥沙具有增加

酚自净作用的效应。这种探索结果,对我国许多多沙河流在研究自净规律上是有意义的。此外,目前还通过对河流自净能力的研究,来确定河段某种污染物质的最大允许负荷量,这样就把自净研究和河流污染控制研究联系起来。

(3) 污染物(汞、镉、铬、砷)迁移转化规律的研究

以重金属污染物为主要对象,研究它们在河流中的迁移转化规律,几年来做了大量工作。

关于汞的迁移转化规律研究比较深入,主要研究河水及底泥中汞的存在形式(包括价态及结合态)及其转化,特别是无机汞与有机汞的转化机制及其动力学性质。研究表明,我国北方某些河流底泥含甲基汞量较低,为0.002—0.01毫克/公斤,含量高者可达0.42—0.74毫克/公斤。通常水体底泥中甲基汞占总汞的千分之一以下。几年来,在东北的某些河流上进行了含汞底质向河水释放甲基汞的平均速度的研究。

中国科学院长春地理研究所的研究表明,在某江段一个化工企业排口下,底质中的汞主要为氧化汞及硫酸汞,可占总汞的98%以上,其次为有机汞(包括甲基汞)等。至下游江段,氧化汞的比例显著下降为16.6—58.9%,金属汞为29.0—50.3%,硫化汞为8.6—30.6%,较易迁移的金属汞比例增加。

镉的迁移规律:镉在河流水迁移过程中的价态研究还很少。对镉在酸性和碳酸盐系统中的迁移转化规律研究表明,在微酸性和碱性河水中,镉易被悬浮物和底质吸附,它主要随悬浮物在河流中进行机械迁移。当河流水的pH为7—8时,底泥中的镉不会解吸,而当水质受工业废水的影响变酸时,底泥中的镉可能解吸而造成河流的第二次污染。

铬的迁移转化规律:铬在河流水环境中的价态变化及其地球化学行为研究工作很多。中国科学院地理研究所的研究表明:官

厅水库中以六价铬为主,而在北京郊区河渠中,在有机还原、pH处于中、碱性条件下,水体中以三价铬为主。在北方偏碱河水中,三价铬或被悬浮物所吸收、或生成氢氧化物而迅速转入底泥,迁移能力弱,而六价铬的吸附量极少,迁移能力强。目前关于铬的结合态的研究很少。

砷在北方某些河流中主要以 HAsO_4^{2-} 形式迁移。在工业废水呈酸性、Eh在100多毫伏时,部分砷呈亚砷酸态进行水迁移。但当Eh增高、pH由酸性向碱性过渡时,砷呈 H_2AsO_4^- 及 HAsO_4^{2-} 态迁移。在河渠中砷酸和亚砷酸根如遇铁及钙、镁则迅速沉降。

厦门大学海洋系对河口区重金属污染物的转移规律进行了研究。以长江口为例,无机及有机胶体对重金属的吸附起着重要作用。通常悬浮颗粒愈细,比表面积愈大,其物理吸附量也愈大,但选择性差,结合不牢固。而在有机胶体腐殖质上的含氧基团和无机胶体 R_2O_3 上的OH基团选择吸收能力强,结合得比较牢固。腐殖质对汞、镉、铜的吸附能力比粘土可高出两个数量级。在河口水体中的铜、铬、汞伴随着水体中新生的无机、有机胶体汇入海洋后,由于水体盐度的增加而絮凝沉积到海底,致使水体中有害金属的污染得到净化。

重金属污染物在河流水体中的含量甚微,但伴随着水环境条件的变化,它们的变化十分复杂。其中粘土矿物、腐殖质、铁锰水合氧化物等对它们的水迁移过程具有十分重要的作用,是河流污染水化学今后的重要研究课题。

3. 河流污染生态学的研究

在河流污染生态学的研究上,目前侧重于水质污染的监测和评价研究方面,而对由于河流环境改变而导致河流生态系统的改变,则研究尚少。在污染生态学方面对河流污染影响强度的研究有:(1)对鱼类的研究,包括鱼体残毒测定;鱼的急性中毒试验;鱼的

生理、生态变化鉴定,如鲤鱼肥满度的鉴定;鲤鱼脑胆碱酯酶活性、鲢鱼血清谷草转氨酶活性等指标的使用等。(2)通过水中生活藻类的种属数及其占优势的种属,用以制定指数进水污染评价。(3)对底栖动物进行分类和定量鉴定,以期用污染指示生物来表征水质的污染。(4)用河水中的细菌和大肠菌数量做为划分河水污染带的依据。此外,在某些水系,还进行了水生生物区系组成的调查,并与其相邻水系对比,同时亦与本水系过去的调查相对比,从整个水生生物区系的变化上来判断、对比官厅水系的水质变化。这是很有价值的研究工作,今后应大力发展。

4. 河流污染综合评价的研究

我国对河流污染综合评价的研究进展较快,目前无论在指数系统方面或在河流污染综合评价方面,都有不少成果。关于指数系统方面,自1974年第一个综合污染指数提出后,这种评价方法和概念很快的就被大家所接受,并应用到河流污染综合评价中去,而在实际的评价工作中,又发展了不少的指数计算形式。我国在河流污染综合评价中所用的指数,基本上都是相对污染程度迭加型,因此它在水污染的概念上、机制上都有一定的理论依据。在计算方法上各种公式间有所差异,主要是在指数的综合上有人用总和值,有人用加权平均值,有人用极大值等,并从这方面开展了对于综合评价指数的理论和计算方法的研究。这对我国河流污染综合评价的研究起着推动作用,如近一、二年来指数类型的增加、指数讨论的深入即为明显的例子。

由于我国目前所用的河流污染综合评价指数都属相对污染程度迭加型,所以无论在水污染的判定过程中和指数的制定上,都必须以选用的评价参数的标准值为依据。在实际工作中,又逐渐发现在选用评价参数和采用评价标准上,都需要进一步加深研究和改进,这样,又使河流污染综合评价的研究进一步向前发展。

目前,采用综合污染指数对河流进行综合评价的水系很多,并在逐年增加。其中开始较早的有官厅水系、北京各水系、黄浦江、广东省各河、图门江等。此外,中国科学院地理研究所还做出我国东部各河流的污染概况评价。

5. 河流污染控制的研究

河流污染控制是河流水源保护的一项重要措施。为达此目的,通常是先制定出水污染控制规划(或称水质规划),然后通过治理工程和环境管理措施来实现预期的要求。在区域性水污染控制规划中的基本环节和步骤为:确定河流水质模型;制定河流水质标准(包括容量标准);编制最优化的综合治理方案(确定处理水平和排放标准)。

河流水质模型是进行水质预测预报的依据,其功能之一是揭示河流自净规律,从而为确定河流污染物的容量标准提供理论依据。关于这方面的研究,我们目前还未正式开始,仅在某些河段的自净研究中初步涉及这方面的内容。水质标准是控制河流污染的准绳,它直接体现用水部门和环境保护的需要,卫生部门在这方面做了很多工作,但是这些标准目前看来有一定的局限性,所以最近国务院环境保护办公室也开始着手制定有关环境的标准。编制最优化的综合治理方案,是污染控制规划的核心部分。用最优化技术制定控制污染的对策是环境系统工程最核心的课题。但是,关于这些方面,我们目前还处于酝酿阶段或准备阶段,如去年夏天召开的“环境系统工程学讨论会”,为这方面做了理论准备。会议对河流系统最优化技术的应用问题进行了交流,会议指出我们在河流污染基础理论方面的研究还相当薄弱,突出表现在河流水质模型、水质标准和环境经济等方面。今后应加强这方面的研究,逐步开展河流污染控制规划的探索。

6. 环境水利工程的研究

在防治河流污染的措施中,开挖河渠、引

水冲污、修建水库、调节水源等水利工程建设,已证明是一种有效的方式。象这样既满足水利要求,又达到改善和控制河流污染目标的工程可称为环境水利工程。鸭儿湖治理工程就是一个例子。其次,关于废水排放口的位置和形式的研究,也早已引起人们的注意。是表面排放还是潜设排放;岸边排放还是河心排放,都将直接影响河流净化的速率。由此可见,随着水源保护事业的发展,环境水利工程的研究必将形成一个新的课题。目前我国对于这项研究还刚开始,但它作为控制河流污染的重要手段,必将迅速发展。

三、我国河流污染研究的展望

1. 河流污染监测与自动化

河流监测是河流污染研究的基础。在河流污染研究的各个领域里,目前仍以污染监测所做的工作最多、历史也最长。但是如从水源保护提出的新要求来看,则还显得不能满足要求。例如对污染源和河流水质的监测,大多数只有质的指标(浓度值)而无水量的指标(如排放量等);只有瞬时的监测数据而无连续的数据等等。根据目前的情况,我们认为监测工作应该向标准化、多样化、简易化和自动化发展。

2. 污染机制的模拟研究

(1) 物理模拟

物理模拟是通过相似原理,按一定比例仿照自然界的物理过程。对河流污染作物理模拟,是在最近一、二十年内开始的。由于自然界的物理过程过于复杂,往往无法单纯靠理论计算来解决,于是利用模拟技术以求得近似的解答,它已发展为研究自然规律的一个重要手段。又因为在模拟时可以将自然现象的主要方面和要探索的主要问题突出出来,加之模拟时仿照各种自然过程可比自然发生的过程快得多,因而也加快了对自然物理过程的认识。污染物在河流里最常见的物理过程是扩散作用。河流污染的物理模拟,

其任务之一是通过水力模拟来弄清扩散系数的流体力学性质、浓度场的形成和浓度场的水力性质。这些结果全是环境影响评价、水质控制规划所不可缺少的理论依据。此外,对于环境水利工程也可以做模拟试验,以期取得更佳效果。国外在1970年已开始用水力模型研究水域污染,日本的濑户内海至今已做过三次变态模型研究污染问题,而国内只有一、二个单位做过热扩散研究,这远不能满足河流污染研究的需要。所以我们认为建立有关的物理模拟实验设施,已是一项刻不容缓的任务。

(2) 化学模拟

在河流污染数学、物理模拟研究的基础上,应当进行化学模拟的研究。在河流污染的物理模型中亦可进行水化学仿真研究,但应改变模型底质及悬浮物的模拟材料,使其吸附参数接近自然河流状态。在化学模拟中,如何使水流在河流中的时间序列与污染物水化学反应速度相适应,是河流污染机制化学模拟研究中设计的关键。天然水中有些化学反应过程比较缓慢,在短时间内难于达到平衡状态,不便于研究。如生成重金属多核羟基络合物或发展成氢氧化物沉淀,在天然条件下需要若干星期才能完成。又如某些氧化还原反应,在天然水体中往往需要生物催化才可进行。据此可以看出,要弄清这些典型反应,必须进行水污染的化学模拟研究。

其次,为了揭示污染物在河流中的迁移转化过程,我们还应该广泛应用放射性同位素示踪的方法,对某些污染物质如 Hg、Cd、As、Pb、Cu、Zn 等进行迁移机制的研究。总之,要想弄清河流污染的许多机制问题,必须进行模拟研究工作。

3. 河流污染模型的研究

把河流的污染规律数学模型化,是当前河流污染研究向前发展的重要环节。目前关于 BOD 及 DO 在河流中变化的数学模型已

(下转第 62 页)

指数不仅是反映环境污染物的数量变化,而且还要反映其生物学效应,即应包含有反映环境要素对人群健康影响的内容,才能算是完备的环境质量评价。

5. 改进环境污染物、机体反应的检测方法,提高其灵敏度,借以测定环境中极微量的有害物质和发现人体由于慢性持续接触小剂量的有害物质而引起的迟发的和难以察觉的损伤,同时还要力争实现内外环境监测的统一,把化学—生物学—环境因素与计算机系统沟通成一体。

为了圆满地完成上述任务,并希望取得可喜的成就,我们认为首先要加强环境医学专业人员的培养,壮大队伍,提高业务水平;同时亦需取得生物学、化学和其它专业人员的通力合作;此外还得有关部门为环境医学提供具有灵敏度高,实用范围大的新仪器。这样,环境医学的前途必然是光明的,未来一定是无可限量的。

主要参考文献

- [1] 武汉医学院环境卫生学教研室等, 环境污染与卫生监测, 第1—3辑, 1974—1978。
[2] 鈴木周一等, 膜, 4, 37(1979)。
[3] Ames, B. N. *et al.*, *Mutat. Res.*, 31, 347 (1975)。
[4] Beller, T. A. *et al.*, *J. Am. Water Work Assoc.*, 66, 739 (1974)。
[5] Carnow, B. W. *et al.*, *Arch. Environ. Health*, 27, 207 (1973)。
[6] Colucci, A. V. *et al.*, *Arch. Environ. Health*, 27, 151 (1973)。
[7] Commoner, B. *et al.*, *J. Toxicol. Environ. Health*, 4, 59 (1978)。
[8] Cramer G. M. *et al.*, *Food Cosmet. Toxicol.*,

16, 255 (1978)。

- [9] Epstein, S. S. *et al.*, *Environ. Res.*, 19, 163 (1979)。
[10] Fukuto, T. R., *Bull. World Health Org.*, 44, 31 (1971)。
[11] Iltis, R. *et al.*, *J. Toxicol. Environ. Health*, 3, 683 (1977)。
[12] Kirner, J. C. *et al.*, *J. Am. Water Work Assoc.*, 70, 35 (1978)。
[13] Kraybill, H. F., Mehlman, M. A. (Eds.), *Environmental Cancer Hemisphere Publishing Co.*, Washington, D. C., 1977。
[14] Kuzma, R. J. *et al.*, *Am. J. Pub. Health*, 67, 725 (1977)。
[15] Loper, J. C. *et al.*, *Arch. Environ Health*, 4, 919 (1978)。
[16] Lubran, M. M., *Annals Clin. Lab. Sci.*, 7, 210 (1977)。
[17] McKee, W. D. (Ed.), *Environmental Problems in Medicine*, Charles C. Thomas, Illinois, 1974。
[18] Metz, W., *Clin. Chem.*, 21, 468 (1975)。
[19] Miller, M. W., Shamo, A. E. (Eds.), *Membrane Toxicology*, Plenum Press, New York, 1976。
[20] Rosenman, K. D., *Brit. J. Indust. Med.*, 36, 85 (1979)。
[21] Sack, R. B. *et al.*, *J. Infect. Dis.*, 135, 313 (1977)。
[22] Sanborn, J. R. *et al.*, *Pesticide Biochem. Physiol.*, 7, 142 (1979)。
[23] Sato, A. *et al.*, *Arch. Environ. Health*, 34, 69 (1979)。
[24] Schaffer, M., *Administration of Environmental Health Programmes WHO*, Geneva, 1974。
[25] Wolff, S. *et al.*, *Mutat. Res.*, 64, 53 (1979)。
[26] Østergaard, K., *Lancet*, 1, 677(1977)。
[27] Голубев, И. Р. *и др.*, *ГИГ. САН.*, 6, 50(1977)。
[28] Заугольников, С. Д. *и др.*, *Вест. АМН СССР* 3, 75(1975)。
[29] Корнеев, Ю. Е., *ГИГ. САН.* 4, 78 (1978)。
[30] Медведь, Л. И. *и др.*, *ГИГ. САН.* 12, 22 (1979)。
[31] Румянцев, Г. И. *и др.*, *ГИГ. САН.* 11, 6 (1979)。

(上接第74页)

渐臻完善。但由于某些污染物在河流中迁移转化的化学模型不清楚,还不能定量描述它们的运动规律,因此必须加强这方面的研究。如不解决,它将妨碍河流污染数学模型化的进展。

4. 河流污染遥感遥测的研究

遥感遥测是进行河流污染研究的一种新

手段,它可以同时取得广大范围的污染资料,以便从各方面进行分析研究。它有速度快和范围广的优点,尤其是对油污染的测定、对河流(大河)岸边污染带的确定更有独特的效果。目前有些国家已在应用航天式航空遥感遥测进行水质监测,我国亦应迅速开展水环境遥感遥测的研究,以赶上世界先进水平。