

目 录

前言

第一讲	侵蚀和产沙研究中的某些趋向	1
	1 侵蚀与产沙研究在沉积学范畴内的地位	1
	2 新的动力和前景	3
	参考文献	13
第二讲	侵蚀和产沙研究中的仪器和实验问题	17
	1 侵蚀研究	17
	2 泥沙输移	20
	3 产沙	23
	4 结论	33
	参考文献	35
第三讲	泥沙研究中的泥沙质量	38
	1 引言	38
	2 泥沙的化学性质	39
	3 水中侵蚀研究的新前景	40
	4 对河系点测的意义	43
	5. 测验问题	43
	6 对皮河上进行的工作	45
	7 泥沙载体中输移	47
	8 选择性的考虑	48
	9 过程的解释	50

10	总结	54
	参考文献	51
第四讲	河流溶质质 说明与展望	57
1	关于溶解质的背景	57
2	溶解质的性质和数量	58
3	泥沙与溶解质输移量的比较	65
4	溶解质关系的特性	69
5	与泥沙输移量的进一步比较	77
6	溶解质的地貌因素	78
7	溶解质输移量的模拟和预测方法	81
	参考文献	91
第五讲	泥沙输移量的预报及其模式	96
1	全河长的关系	96
2	预报年输沙量的经验方程	101
3	土壤流失—泥沙输移比法	103
4	土壤流失—泥沙输移比法的发展	107
5	中子计算模拟模型的发展	111
6	随机模拟技术	117
7	结论	118
	参考文献	118

第 一 讲

侵蚀和产沙研究中的一些趋向

本讲试图讲述国外学者在产沙研究中一些最近的趋向。之所以选择“趋向和需要研究的问题”这一题目完全是主观的，希望所讨论的问题即使涉及的方面并不全面，但仍能对所探讨的领域提供一个有价值的看法。

1. 侵蚀与产沙研究在沉积学范畴内的地位

在大多数地区，总输沙量中的冲污质（即 <0.063 毫米）含可通而表占流域总产沙量的绝大部分。因此，企图研究和掌握产沙过程，就必须直接注意全流域面上的侵蚀、输移和沉积的过程，而不应局限于河道水力学的问题。然而，由于流域范围内产沙过程研究工作的复杂性，同时也由于主要的河流一般产沙问题都是与河床输移有关的，总产沙量的研究工作就常常落后于泥沙输移水力学和河床演变的研究。

这一特点被沉学纹（Shen, 1971）概括为一个简单的图式（图1-1）。如果我们的兴趣集中在比 d 大的颗粒，那么，河道水力学将对泥沙输移能力起主导作用。反之，如果感兴趣的是小于 d 的颗粒，则泥沙输移将由流域补给水力学所控制。一般情况，该图右边所涉及的过程要比左边的更为人们所熟悉。

由于河道泥沙的本身特点，水利工程师往往认为细颗粒的冲污质与他们关系不大。因此，关于增进我们对产沙中冲污质部分的认识的工作，大部分落到关心土壤流失问题的农业上

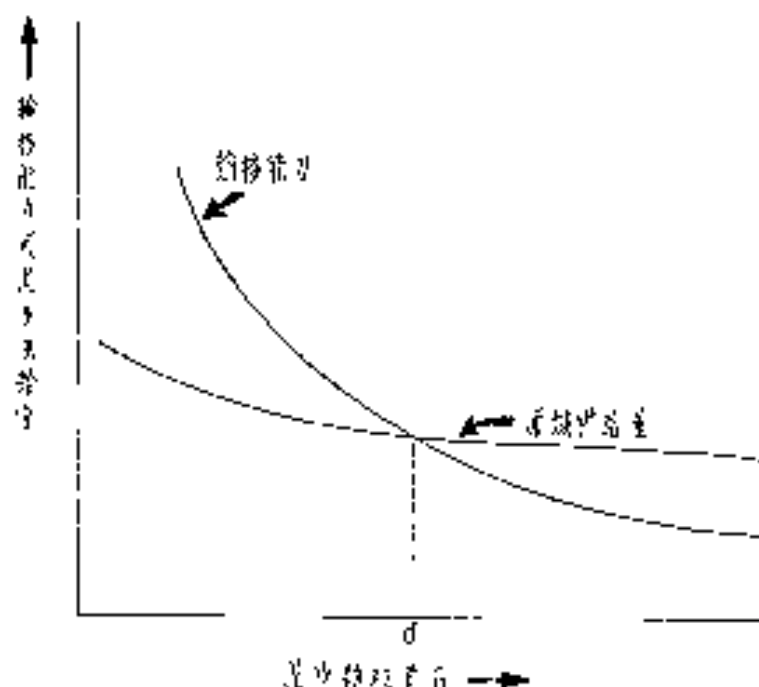


图1 从泥沙平衡原理在河口细颗粒物质(直径 $<4\mu$)输移速率与流域冲积量(冲积速率 $\sim$ 输移能力)及泥沙颗粒直径 $<4\mu$ 之间的关系图解(根据 Shen, 1971)

生物和景观景观过程与侵蚀速率问题的地质学家和地貌学家身」，小部分则有研究因污染增加而引起水生生物产卵变化问题的生态学者来承担。

我们的知识还存在许多空白，人多数为预报力或实质上依然是经验的。只有到了近几年才开始企图进行过程的模拟(如 Mearns 和 Lovthorn, 1976; Li 等, 1978; Smith, 1979; Alonso 等, 1978)。但是, 对于诸如地表径流的空间影响等生态学控制因素还缺乏充分的了解(见 Freeze 1974; Kirkby, 1978), 这就不可避免地限制了可能取得的进展。

2. 新的动力和情景

随着对有毒物质在水陆生态系统中循环情况的兴趣逐步增加, 以及对来自农业区面上污染的关注, 目前人们已把注意力集中在细颗粒泥沙搬运养分和污染物的重要作用上 (如 Shear 和 Watson, 1977), 以及泥沙相互作用的重要性上 (如 Clotterman, 1977)。许多污染物, 包括重金属、有机氯化合物和长效有机氮化合物等, 都能很快被泥沙所吸附。Bondner (1977)估计, 在西德河流携带有 65% 到 80% 的铜和汞的特殊形式化合物, 对于镉和铅还可增加到 70~80%, 同样, 施加在农田上的氮肥和许多农药也很快被土壤所吸附, 它们的移动亦密切地与泥沙搬运有关 (美国农业部, 1970)。在许多地区, 来自农田的养分输移主要将以泥沙吸附的方法进行。表1-1列举的

表1-1 地表径流中参与溶解质和泥沙流失的氮与磷数量

	氮 的 量		磷 的 量	
地 方 名 称	溶解质	泥 沙	溶解质	泥 沙
	(%)		(%)	
H ₂ O 是内流的总流量*				
美国	2.3	97.7	3.1	96.9
一米 流域耕种	5	95.9	7.2	92.8
二米 流域耕种	3.9	96.1	2.7	97.3
三米 流域耕种	11.0	89.0	1.9	98.1
节 流 区	97.8	2.2	97.1	2.9
溶解质+泥沙=总流失量**				
	5.0	72.0	72.1	78.0

* 根据 Horvath 等 (1972)

** 根据 Horvath 等 (1972)

美国明尼苏达州西部和爱俄华州西南部小丘和流域实验的某些成果，其目的在于估计来自坡地地表径流中以溶解质和细粒形式流失的氮和磷的相对值。在这些研究中，近于97%的氮和99%的磷是以细粒形式移动的。

虽然在这样的输移中，有关物理和化学吸附力学研究已超出了泥沙专家所关心的范围，但是他们对于泥沙来源、可动性和运达机制，以及细颗粒泥沙在河道中输移的调蓄的知识都有了解的需要。于是，原来已趋于完备的有关土壤流失、水中泥沙对河道稳定等问题又与环境影响这个新领域找出来的问题联系起来。为了建立非点源污染体的输移的实际模式（如Ficell等，1976；Adams和Kumsu，1976；Donigan和Crawford，1978），同时亦为了建立有效地控制面上污染体的措施的关系式（如美国农业部，1978），增进对各种物理过程的认识是根本的。同时，为了采集大量样品进行化学分析，在2世纪泥沙取样方法中已增加了新的要求（如联合国教科文组织，1978；Allan，1979）。

根据日益增长和扩大的产沙研究的需要，许多课题显然值得作进一步注意的，这些可概述如下。

（1）侵蚀过程

早期研究产沙的侵蚀过程，特别是有关土壤流失的研究，实际上都是采用一种对各种机理和移动物质特征的系统近似解法。例如，被广泛采用的土壤流失通用公式（USLE），（Wischmeier和Smith，1965）就是侵蚀过程的经验的表示式，并将这种方程作为降雨强度和动能的函数来处理，并以此估计土壤流失量。随后，注意力就直接放在山溪和地表径流所造成沟壑和输移的各个过程上（如Meyer和Wischmeier，1969），放在细沟与细沟间地带的侵蚀过程的空间分布上（如Foster

和 Moyer, 1977), 和颗粒大小特性和化学性质方面 (如 Monke 等, 1977)。细粒粒的富集度对由气态带液分离和心体的转移具有特别重要的作用。因为这些物质常常是化学上粘上和细粉砂相结合。在大多数情况下, 化学物的吸附与细粒土壤颗粒的比表面积有关。

根据 Young 和 Orsted (1979) 在美国明尼苏达州做的一系列土壤侵蚀所得的结果, 表 1-2 提供了一个试验从分细沟与细沟间地带侵蚀以及加土泥沙采样对颗粒大小级配影响的有用数据。对于富含有机物的 Barnes 壤土, 土壤总流失量的大部分来自细沟间地带; 而对于含有较低有机物的 Croston 砂质壤土和含低相等的 Secordap 壤质砂土, 绝大部分的土壤流失则来自细沟地带。在颗粒级配上, 细沟侵蚀的土壤一般比原始地土壤含有较久的粘土成份。对于细沟间延长的侵蚀土壤, 则正好和上述相反 (表 1-2B)。

表 1-2 美国明尼苏达州小区试验的侵蚀土壤来源及颗粒大小特性
(根据 Young 和 Orsted 1979)

A. 不同土壤侵蚀的剖面土壤流失量 (%)

土 壤	B		C	
	细沟 (%)		细沟间 (%)	
Barnes 壤土	61		41	
Croston 砂质壤土	42		67	
Secordap 壤质砂土	70		82	

B. 不同侵蚀的土壤流失量 (%)

	A	Barnes 壤土			Croston 砂质壤土			Secordap 壤质砂土		
		细沟 (%)			细沟 (%)			细沟 (%)		
		粘土	粉砂	砂	粘土	粉砂	砂	粘土	粉砂	砂
原始地	—	25	15	1	15	21	5	55	10	5
50 日蚀	50	25	15	24	35	2	92	4	4	4
20 日蚀	30	20	20	11	60	29	90	5	6	6

(2) 泥沙输移与搬运过程

我们现代知识中的一个很大的不足，就是对有关地表侵蚀和流域产沙量的泥沙输移过程缺乏足够的了解。这种了解，对于试图从考虑流域侵蚀过程出发来预报产沙量却是必需的。

泥沙输移比概念已有为估算泥沙搬运过程最终结果的方法方法被提出来（如 Roehl, 1962）。但是，这种实质上是“猜盒子”的途径却很少能使整个问题弄清楚。何况，泥沙输移比的预报还和各种各样的问题交织在一起。例如，用于推导经验预报方程式的泥沙输移比数值，就是根据诸如土壤流失通用公式这类方法所推算的土壤流失量与实测产沙量的对比所求得。因此，在大多数情况里，它只是一种粗糙的近似（如 Williams, 1957）。由于缺乏有关输移过程的直接和依据的标志，经验公式型式外推至其它地区和流域是困难的。此外，合适地采用这些方程式中的各种自然地理参数都存在着不确定性。流域面积是常被引用的参数，因为它不仅代表了许多水文因素，而且它本身又与同地带的其他参数有关（如 Renfro, 1973 和表1）。然

表1： 美国流域面积大小对泥沙输移比影响的估计

(根据 Renfro, 1973)

流域面积 (km ²)	泥沙输移比 (%)
1.1	53
1.5	40
1.6	35
5.6	27
11.0	24
21.9	15
100	7
200	11
500	7.5
25,000 (Donnerstag)	4.0

里, Priest 等 (1973) 认为, 流域地貌变化将产生重要的影响; Mutchen 和 Brown (1976) 更指出, 输移比可以受流域面积、河流特征、土地利用、坡上保持结构以及该河流域平均比降之类型形态特征所控制。此外, Hadley 和 Brown (1976) 根据在美国西部干旱半干旱地区工作的结果指出, 河网的输移特征可以影响输移比具有显著的控制作用。

要发展对泥沙输移机理的认识, 必须进一步注意流域内河网泥沙的滞留和再移动。着眼于长时间的变化, Trimble (1975) 提出了美国东部 Piedmont 地区 10 条大河流域人为加速侵蚀的影响的分析。这个研究指出, 从河网输走的侵蚀物质只占 5%, 其余的物质仍滞留在河网中。相应的水土保持措施减少土壤侵蚀, 但主河道中的泥沙却由于河槽冲刷和起沙而移动而基本上保持不变。在这一时期, 产沙量并不直接与河网的短程侵蚀有关。在泥沙输移中明显地存在着暂时性的不连续 (图 1-2)。Wohlan (1977) 根据短时段的数据提出的美国东部一个小流域的报告, 认为相当于若干年产沙量的泥沙可以全部在河道与滞网, 而且很不察觉。其它几位研究工作者还曾指出, 可能存在一种风暴式的“泥沙脉冲”(Storm Sediment pulse), 河网中的泥沙与其说为输移, 还不如说是以一系列的河道的“跳跃”以及相应的不连续地沉积与再移动的运动过程。

泥沙的滞留与再移动之间短时期的相互作用, 可以从 Priest 等 (1976) 对美国爱俄华州黄二小流域所提出的年输移比和暴雨时输移比的变幅都很大这一点得到证明。在那里, 一个小流域 7 年内的泥沙年输移比在 6% 与 72% 之间变化, 在同样时期内, 一次暴雨的泥沙输移比变化范围为 2% 到 564%。小区和小流域年产沙量特性曲线与 McQuinn 等 (1971) 以及 Dickinson 和 Wall (1979) 所得的大流域年产沙量的特性曲线之间的对比

2、亦可能同样地与泥沙输移中的瞬时性不连续有关。泥沙输移过程中的瞬时作用和瞬时滞留的时间显然对河网中由泥沙搬运的污染物的输移是有重大意义的。如果所考虑的时间因素是以几十年计的,则改善预测精度也将不可能使泥沙输移获得所期望的减小。

尽管逐渐认识到改进泥沙输移过程的必要(如 Robinson 1979),以及最近的测试技术有所发展,但若要解决这个课题仍然是有困难的。应用如第137环境同位素研究计划中的装置、大小和年代是仍在希望中的(如 McHenry 和 Ritchie, 1977; Loughran 等, 1980)。颗粒粒度和粒径分布的预测对于进一步的发展诸如 Williams (1975-1978) 所提出的这类产沙估算方法均具有特殊的必要性。这些颗粒度仅侵蚀物质在河网输移中泥沙的量和级配变化两方面的计算条件完备。但是,它们仅大到主要取决于正确地确定泥沙颗粒的沉速。用化学方法分离矿物质所得出的颗粒级配可能和野外情况有很大的差异。

(3) 悬移质泥沙

由于对来自农业区而非点源污染的关注,促进了流域流域悬移质泥沙的数学模型的发展。上述与侵蚀过程和泥沙输移有关的研究,对于成功地发展模拟方法是重要的,因为明显地需要建立包括时间和空间两方面笼统的探讨方法。尽管与悬移质泥沙模拟可以满足水库淤积研究的需要,而目前与污染有关的这些问题,则仍需要单次暴雨特性和产沙来源区空间位置上的详细资料。在湿润地区,迫切需要将暴雨径流的水学知识方面的现代进展——其中包括局部和变动产流区概念(如 Howlett 和 Fausch, 1975; Moore 等, 1976) 运用到产沙过程模型中去。河流中的泥沙输移只是由流域内的局部面积所提供的,虽然它们的范围可以据到前期降雨状况而变化(图1-4),例如

Morgan 等(1976)在六国东北部小流域的工作指出,暴雨产流区的面积是季节性变化的,变化范围从夏季为流域面积13%的低值到春季为流域面积 61%的高值。

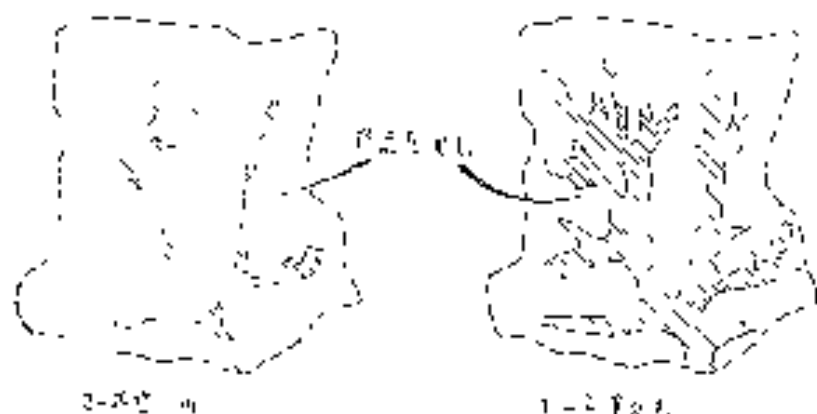


图 3-3 流域面积与下流域面积的关系示意图

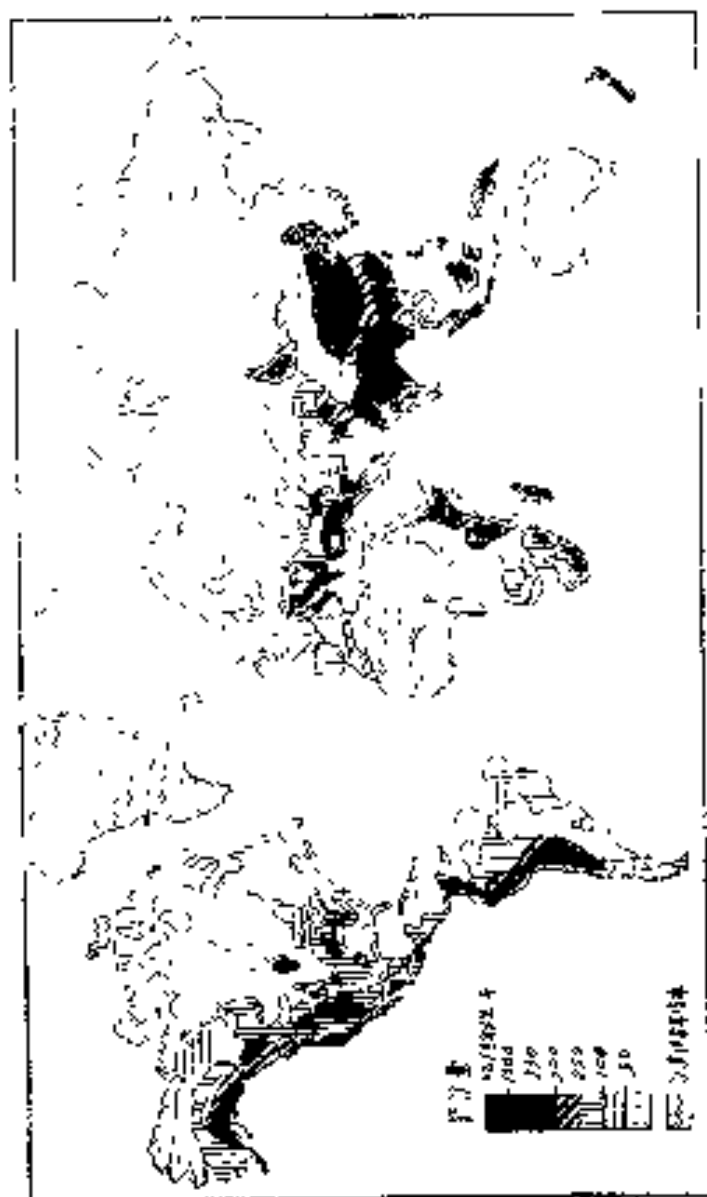
关于河流中输移的是泥沙主要来源的资料, 对许多方面来说都是重要的。但是除流域外, 要收集这些资料却很困难。即使在小流域, 象应用冲刷柱来估计构造泥沙来源那样的办法, 仍包含有许多操作上的困难。然而, 最近的许多研究对这个老问题已找出新的途径, 其中包括把特殊的泥沙性能应用于土质来分区, 似乎显示出极大的可能由此估算甚至是大流域的产沙过程。据此, Klages 和 Haich (1976) 以及 Wall 和 Wilding (1976) 提出应用输移泥沙的粘土矿物来区分泥沙来源。Oldfield 等 (1979) 和 Walling 等 (1976) 的最近著作指出, 泥沙的特性亦可以类似的方式用于区分山间与河道中的泥沙来源, 并研究其在各种场合中的相对重要性。增进了对来自农业区向上非点源污染所必需的关于泥沙性能及其与产流区关系的知识, 能促使现在这个方向上有进一步的发展。

世界上不同地区可用的河流泥沙资料比过去一年间已有很大的增加。这是和不断加快利发展步伐以及国际水文开发组织(IHE)和国际水文计划(IHP)所承认的赞助分不开的。虽然, 有许多问题还和这些资料的可靠性与可比拟性有关如(Walling, 1978; Ogley等, 1977)。但是, 仍有可能根据有限的资料去修正较早期评定的全球产沙类型, 以及输向海洋的泥沙数量(图表1—4)。Walling和Klee(1979)的著作列举了以前许多这种研究的明显局限性, 说明了在全球范围内控制产沙量的复杂性。目前, 估计输向海洋的总沙量近似为 $16 \sim 30 \times 10^9$ 吨/年, 这个数值一般似乎可以被普遍接受(表1—4)。图1—4即是作者提出的经修正后的全球总移质产沙类型综合图的初步尝试。要予以

表1—4 关于输向海洋的总移质产沙量的不同估算结果比较

作者	估计值/亿吨/年
Leutert (1961)	50
Leutert (1962)	22.5
Gilluly (1955)	11
Jones and Parker (1961)	20
Wolman (1963)	18.4
Johnson 和 Lieberman (1971)	15.7
作者的估算	1—4
Yupari (1972)	15.7
McKenzie 和 Gatzels (1973)	7.3

4 全球产沙类型分布图。要的自然地理和气候控制条件, 还需要作出极大的努力, 例如, Grunthal (1980)最近的文章列举了新西—南岛上原先无资料河流的产沙量。这些河流具有极高的产沙量, 例如在 Hokitika 河上曾观测到 $17,070$ 吨/平方公里/年,



所以, 流行于全球最广泛沙量地区位置的见解需要重新验证(如 Florensen, 1968)。而且, 为了区别出较多的气候和自然地理条件对“沙量”的控制, 以及确定前人类活动影响到多大的范围, 说明有关人类对产沙量影响程度的了解是必需的。

从国际小区域和区域到全球规模的产沙定量研究, 产沙量研究方面还面对许多重要的问题。因此, 很有必要和值得在这一领域中继续开展研究。

参 考 文 献

- Allen, R. J. and Kinsal, C. M. 1976. Simulation of Pesticide Movement on small agricultural watersheds. *United States Environmental Protection Agency Report EPA-600/3-76-06b*.
- Allen, R. J. 1979. Sediment-related fluvial transmission of contaminants: some advances to 1979. *Environmental Canada, Scientific Series No. 197*.
- Alonso L. C., De Coursey D. G., Prasad, S. N. and Brown, A. J. 1978. Field test of a distributed sediment yield model. In *Verification of Mathematical and Physical Models in hydraulic engineering*. ASCE Special Publication pp. 171-8.
- Butwell, R. E., et al. 1975. Nutrient transport in surface runoff as influenced by soil cover and season periods. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* pp. 523-8.
- Butwell, R. E., et al. 1977. Nitrogen and phosphorus movement from agricultural watersheds. *J. Soil Water Conservation*, 32, pp. 226-30.
- Dickinson, W. T. and Wall, G. I. 1976. Temporal and spatial patterns in erosion and fluvial processes. In R. Davidson-Amick and W. Nickling (eds.) *Research in Fluvial Systems*. Glubooks, Norwich, UK, pp. 133-48.
- Dongizian, A. S. and Crawford, N. H. 1976. Modeling pesticides and nutrients on agricultural lands. *United States Environmental Protection Agency, Report EPA 600/2-76-143*.
- Jeanning G. and Luchiano, K. M. 1976. The hydrologic and sediment processes in rural watershed areas. In *Proceedings of the Food Federal Inter-Agency Sedimentation Conference*. U. S. Water Resources Council, pp. 1272-246.
- Forrest, L. 1977. Trace metals. In H. Shuur and A. E. H. Warren (eds.) *The Chemical Transport of Sediment Associated Nutrients and Contaminants*, Environment Canada Commission for the Great Lakes, Windsor.

Ontario, pp. 9-11.

Junker, G. R. and Mavor, L. D. 1977. Soil erosion and sedimentation by water an overview. In *Proceedings of the National Symposium on Soil Erosion and Sedimentation by Water*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, pp. 1-11.

Freese, R. A. 1974. Soil erosion - vegetation. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 12, pp. 627-47.

Fries, M. H., Olstad, C. A. and Holten, H. N. 1975. AGLIMO, an agricultural chemical transport model. U. S. Department of Agriculture, Publication AIBS-H-.

Gottschalk, H. L. (ed.) 1977. *Interactions between sediments and fresh water*. Junk, The Hague, Netherlands.

Griffiths, G. V. 1980. High sediment yields from major rivers of Western Southern Alps, New Zealand. *Nature* 282, pp. 61-63.

Hedley, R. F. and Shorro, I. 1976. Relation of erosion to sediment yield. In *Proceedings of the Third Federal Inter-Agency Sedimentation Conference*. U. S. Water Resources Council, pp. 171-1-180.

Hertler, J. D. and Tremble, C. V. 1975. Non-point and diffuse water sources: a variable source area problem. In *Watershed Management*. ASCE Special Pub., pp. 21-26.

Kutob, M. J. (ed.) 1978. *Europe Hydrology*. Wiley, Chichester, 6. K.

Klages, M. G. and Hsieh, Y. P. 1975. Suspended solids carried by the Gullán River of Southwestern Montana. II. Using mineralogy to infer its sources. *J. Environmental Quality*, 4, pp. 68-73.

Li, R. M., Stevens, M. A. and Simons, D. B. 1976. Water and sediment routing from small watersheds. In *Proceedings of the Third Federal Inter-Agency Sedimentation Conference*, U. S. Water Resources Council, pp. 1205-1-216.

Loughran, R. J., Campbell, H. I. and Tibbitt, G. L. 1980. Sediment patterns in Malena Creek Catchment at Pokolbin, N. S. W. Paper presented. Institute of Australian Geographers, Newcastle Conference, January 1980.

McGuinness, J. L., Harrold, E. L. and Edwards, W. M. 1971. Relation of rainfall energy and streamflow to sediment yield from small and large watersheds. *J. Soil and Water Conservation*, 26, pp. 213-25.

McHenry, J. R. and Reibus, J. C. 1977. Estimating field erosion losses from fallow erosion-1977 measurements. In *Erosion and Solid Matter Transport in Island Water*. I. A. H. S. Publication No. 122, pp. 26-33.

Meyer, L. D. and Wischmeier, W. H. 1969. Mathematical simulation of the processes of soil covered by water. *Transactions American Society of Agricultural Engineers*, 12, pp. 751-9.

Mouck, E. J., Angeli, H. J., Meyer, L. D. and DuJong, J. F. 1977. Retch erosion, and Natural Movement from inter-rill areas. *Transac. Am. Soc. Ag. Engrs* 26, pp. 58-61.

Moore, I. R., Dunne T. and Taylor, C. H. 1976. Mapping erosion producing areas in humid regions. *J. Soil and Water Conservation*, 31, pp 160-64.

Muchler, K. and Beane, A. J. 1976. Effect of land use on sediment delivery ratios. In *Proceedings Third Federal Interagency Sedimentation Conference* pp 1-11-1-21.

Odell, T., Kinnally, J. A., Thompson R. and Waling, D. F. 1979. Identification of suspended sediment sources by means of magnetic measurements: some preliminary results. *Water Resources Research* 15, pp 21-28.

Orlows, E. D., Ralston, J. G. and Thomas, R. L. 1977. Sediment and nutrient loadings to Lake Ontario: Methodological arguments. *Can. J. Earth Sci.* 14, pp 1355-58.

Piest, R. F., Krenzelok, L. A. and Herremann, H. G. 1975. Sediment movement from local watersheds. In *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*, U. S. Dept. Agriculture Publication ARS-S-40, pp 130-4.

Remond, G. 1975. Use of erosion equations and sediment delivery ratios for predicting sediment yield. In *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*, U. S. Dept. Agriculture publication ARS-S-40, pp 22-25.

Robinson, A. R. 1979. Sediment yield as a function of upstream erosion. In *Universal Soil Loss Equation: Past, Present and Future* Soil Science Society of America Special Pub. No. 5 pp 7-10.

Reed, J. W. 1962. Sediment source areas, delivery ratios, and contributing morphological factors. *IAHS Publication No. 52*, pp 202-17.

Shear, H. and Worson, A. E. (eds.) *The Final Transport of Sediment-Associated Nutrients and Contaminants*, International Joint Commission on the Great Lakes, Windsor, Ontario.

Shen, H. W. 1979. Review of major problems in sedimentation, 1975-1978. *Review of Geophysics and Space Physics* 17, pp. 2219-20.

Smith, R. F. 1976. Simulating erosion dynamics with a deterministic distributed watershed model. In *Proceedings of the Third Federal Inter-Agency Sedimentation Conference*, U. S. Water Resources Council, pp 1-163-1-171.

Trumble, S. W. 1975. Denudation studies: can we assume steady state? *Science* 188, pp 1201-3.

UNITED NATIONS, 1978. Recommendations of a workshop on the assessment of particulate matter contamination in rivers and lakes. *UNESCO/CEAS WATER AGRI-EX-HB Final Report*, UNESCO, Paris.

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1976. *Control of Water Pollution from Cropland*. USDA, Hagerstown, Md. USA.