

膨润土(蒙脱石)在城市环境治理中的应用^①

杨献忠^{1 2} 陈敬中¹ 彭 珏¹

(1 中国地质大学(武汉) 湖北武汉 430074)

(2 南京地质矿产研究所 江苏南京 210016)

摘要 现代城市地质环境日益恶化,环境污染日趋严重。粘土矿物因具有特殊的层间域而具有吸附作用、离子交换作用等性质,在治理城市环境污染、净化城市空间等方面发挥着重要的作用。本文对利用膨润土(蒙脱石)在治理城市垃圾产生的渗滤液污染、修复和净化城市污染水体中的研究现状进行了综述。

关键词 膨润土(蒙脱石);城市环境;垃圾渗滤液;污染水体;处理与防治

中图分类号 X14

文献标识码 A

1 前言

环境是人类生存和发展的载体。环境保护和可持续发展成为人类共同关心的话题,防治污染和保护环境已成为世界各国的一项基本国策^[1]。在城市的发展过程中,人类在创造空前的物质财富、推进文明社会发展过程的同时,也在不断制造着城市环境污染:固体废弃物随处乱丢,大气污染日趋加重,生活废水和工业污水随意排放,地表水和地下水污染不断恶化,城市地质灾害频频发生,过量抽吸地下水造成地面沉降加速,等等。如何治理城市日趋严重的环境污染,以改善城市环境质量、净化城市生存空间,是目前研究的重要课题。

矿物是各种地质作用所形成的单质或化合物,是自然演变的产物,在其形成和变化的整个过程中,不同时间、不同空间上的环境变化都会在矿物中留下烙印,使得矿物含有丰富的反映环境演变的信息,成为环境演变的信息载体。“环境矿物学”学科是矿物学发展阶段中的必然产物^[2~3]。用矿物学研究自然环境演变、防止生态破坏、治理环境污染、净化环境空间是目前环境学领域中较为活跃、较为热点的研究内容之一^[2,4]。粘土矿物作为矿物学中的重要组成部分,由于其颗粒细小和特殊的形态特征、特殊的物理化学性质,在治理现代城市环境污染、净化城市空间等方面发挥着重要的作用。本文着重对国内外利用膨润土(蒙脱石)治理城市垃圾产生的渗滤液污染、修复和净化城市污染水体的研究现状进行综述,旨在引起对粘土矿物在环境污染治理方面研究的重视,从而更有效的评价和治理环境。

① 收稿日期 2003-07-14

万方数据

第一作者简介:杨献忠(1962~),男,江苏靖江人,在读博士,高级工程师,从事粘土矿物研究。

2 蒙脱石矿物的吸附作用

膨润土是一种以蒙脱石为主要矿物成分、含少量伊利石、高岭石、伊利石/蒙脱石混层等粘土矿物及其它碎屑矿物组成的复合物。蒙脱石是由两个四面体片夹一个八面体片构成的 2:1 型层状硅酸盐矿物,具有二维网格状延展的硅-氧四面体骨架。如果蒙脱石结构单元层内的电荷达到平衡,那么层与层之间以微弱的分子键或氢键联结。由于四面体层内有 Al^{3+} 代替 Si^{4+} ,八面体层内有 2 价与 3 价阳离子之间的类质同像替代的离子交换作用,会导致结构单元层内负电荷(即层电荷)过剩,为达到正负电荷的平衡,需要一定数量的阳离子来补偿而且位于层间区域。这些阳离子以离子键力联结结构单元层,并且是活动的,它的键强比分子键或氢键大得多^[5]。因此当蒙脱石结构单元层内部电荷未达到平衡时,单元层间的空隙——层间域中将有一定量的阳离子充填,从而发生(阳)离子交换作用。

蒙脱石由于其颗粒细小(一般 $< 2\mu\text{m}$)、比表面积大和特殊的结构域等,使之具有吸附性、离子交换性、膨胀性等特殊性质。对蒙脱石的改性就是基于蒙脱石的这些性质,而蒙脱石在治理环境污染方面所发挥的特殊功效正是利用了蒙脱石的上述性能。

蒙脱石的吸附作用分为选择性吸附和非选择性吸附。非选择性吸附即通常的交换吸附,主要在蒙脱石结构单元层之间的层间域进行,选择性吸附则不同,它属于化学吸附,受可变电荷表面的电量所控制。如蒙脱石对 Cu^{2+} 离子的吸附, Cu^{2+} 离子在蒙脱石中可有 3 种存在状态^[6](1)以水合离子的形式存在于蒙脱石的层间;(2)部分 Cu^{2+} 离子进入硅-氧四面体的六方环孔洞中;(3)少量 Cu^{2+} 离子进入铝-氧八面体的空位。前者属非选择性吸附,后者则为选择性吸附。

吸附作用包括表面吸附和离子交换吸附。蒙脱石由于层间域的存在,不但具有外表面积,而且还具有内表面积,因此比表面积大,表面能也很高,使其具有较高的表面吸附能力。由于蒙脱石存在类质同像置换而产生负电荷,为了平衡电荷必须吸附环境中的阳离子,此乃为离子交换吸附。如钙蒙脱石,在与环境污水、环境废液或其它金属离子相遇时,会发生如下吸附作用或离子交换反应: Ca^{2+} - 蒙脱石 + (Cu、Pb、Zn、Ag、Hg、Cd、REE、U、Th 等) $^{2-4+}$ = (Cu、Pb、Zn、Ag、Hg、Cd、REE、U、Th 等) - 蒙脱石 + Ca^{2+} 。环境中上述元素及 REE、U、Th 等被蒙脱石固定,失去了进一步污染环境的能力,从而达到治理环境的目的^[7]。

3 膨润土(蒙脱石)在城市垃圾渗滤液治理中的应用

现代化城市中,随着人口的增多和人口密度的加大,生活垃圾的排放量明显增大。如今无论是发达国家还是发展中国家,都不可避免地面临着自然资源的垃圾化和生活垃圾危害化的严重威胁,城市垃圾是当今世界面临的共同公害。国内城市垃圾每年约 $1 \times 10^8 \text{t}$,人均年产生生活垃圾 440 kg,城市生活垃圾的总量正以每年 8% ~ 10% 的速度增长,加上工业垃圾,全国有 200 多座城市陷入垃圾的包围之中^[8]。目前,国内外处理垃圾比较经济的办法是建造垃圾填埋场,进行卫生填埋,防止二次污染。除垃圾在堆放过程中产生有害挥发份造成对空气污染外,在垃圾填埋的过程中由于压实、降雨等因素,会从垃圾中渗透出含有苯、苯酚、二甲苯、农药、除草剂等高浓度、高污染、组成复杂的综合有机废水——渗滤液。由于这种渗滤液不能完全被密封在填埋场体内,不但对地表土壤产生重金属污染,而且对附近的地表水和地下水造成不同程度的污染。地下水体一旦遭到污染,要想再进行治理、净化处理

的难度相当大。因此,在建造垃圾填埋场的时候,除进行合理选址和科学规划设计外,如何防止垃圾渗滤液有机物的渗漏,减少对环境的二次污染,已成为一个新的研究课题。

蒙脱石结构单元层之间的层间域是主要的离子交换发生的位置。蒙脱石的离子交换作用在污染物净化方面发挥着越来越重要的作用。在国外,利用天然粘土作为垃圾卫生填埋场防渗衬层建筑材料开始于 20 世纪 60 年代中期。研究表明,由于天然蒙脱石层间域存在着大量可交换的亲水性无机阳离子,使蒙脱石表面形成一层薄的水膜,具有强烈的亲水性,对疏水性有机污染物的吸附能力较差^[9],不能完全起到防止垃圾渗滤液污染的作用,因此需要对蒙脱石进行有机改性或进行柱撑。将天然蒙脱石改性制成有机蒙脱石后,由于改性剂被交换吸附在带负电荷的蒙脱石层间,而有机链相互拥挤在一起,形成有机相,可以提高蒙脱石表面的疏水性,从而达到有效吸附疏水性有机污染物的目的,由于有机阳离子的水合作用明显小于无机阳离子,通常没有水膜存在于改性有机蒙脱石表面,也能提高其吸附有机污染物的能力,改性蒙脱石层间由于存在大量有机阳离子形成憎水相,可成为有机污染物的有机分配相,即有机污染物在水相和有机相之间发生分配作用^[10]。利用蒙脱石层间离子或分子的可交换性,通过离子交换等方法将低聚合、高聚合羟基阳离子或其它聚合羟基复合阳离子引入层间,经过热处理,交替形成分子级别的金属氧化物支柱,将蒙脱石矿物层间撑开而得到分子二维孔道的“层柱状”复合材料的过程称为柱撑。柱撑后的蒙脱石为柱撑蒙脱石(也称交联蒙脱石、蒙脱石多孔材料)^[11]。研究证实,含金属离子如 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cr^{3+} 的蒙脱石对于有机物的吸附能力主要取决于离子化合价的高低,而且层间含有高价态金属阳离子的蒙脱石对特定有机物的吸附能力可大大增强。层间含有 Al^{3+} 离子的蒙脱石吸附“莠去津”农药的能力大于层间含有 Ca^{2+} 离子的蒙脱石^[12];用层间含有 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 离子的蒙脱石吸附“除草剂”,其吸附能力依次为 $\text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$ 离子蒙脱石^[13],含高价金属阳离子的蒙脱石对苯酚和 COD 的吸附能力较高,吸附能力由小到大的顺序为: $\text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Cr}^{3+}$ 蒙脱石,而对二甲苯的吸附能力较低,并且没有一定的规律可循^[14]。浙江仇山膨润土经不同酸度活化后的形态变化及其与脱色性能的关系的研究表明,蒙脱石颗粒大小、厚度在酸度为 17.5% ~ 20.0% 时趋于一致,酸度为 7.5% ~ 12.5% 时膨润土具有最大的比表面积和最佳的脱色能力^[15],随着酸浓度的增大,对膨润土的溶蚀作用和对蒙脱石的破坏作用增强,对蒙脱石二八面体中的离子起到“溶解”、“洗刷”的作用,使得膨润土的有效孔洞增多,从而可以镶嵌并滞留外来粒径相适宜的污染物质或进行离子交换,以达到吸附的目的^[16],酸活化后的改性膨润土对苯胺的吸附能力有显著提高,而且经过对钠化、热活化和酸活化对比,钠化是提高有机膨润土吸附能力的有效方法^[17],在相同的环境条件下,与天然膨润土相比,加入有机膨润土可使苯穿透填埋防渗材料的时间从 4 年延续至 275 年,显著降低了苯穿渗填埋防渗材料的的速度^[18],长、短两类季铵盐改性的膨润土对水中有机物的吸附分配性质明显不同,前者为线性的,而后者是非线性的^[19],在不同级别的砂土中加入膨润土,当含量达到 5% 时,防渗性能约达到 $10^{-9} \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$,而且城市垃圾渗透液中的污染质对混合材料的防渗性能的影响不大,已达到城市垃圾填埋场对防渗衬垫性能的要求^[20]。

4 膨润土(蒙脱石)在城市污染水体修复和净化中的应用

由于人类环境保护意识不强,现代化进程的代价换来的是生态环境日趋恶化。生活污

水随意排放,造成地下水严重污染,各种工业废水不经处理,直通河流湖泊,造成地表水体有的富营养化并进一步造成生态环境恶化;有的受到有害、有毒物质的污染尤其是重金属离子的水环境污染,严重威胁人类乃至万物生灵的生命安全。更有甚者的是水域面积正逐步缩小,不久将可能从我国版图上消失。目前,我国 532 条河流中,已有 436 条受到不同程度的污染,流经全国 40 多个主要城市的 44 条河流、95% 以上的河段遭到污染,在统计的 138 个城市河段中 96.4% 即 133 个河段受到不同程度的污染^[8]。对各种污染水体的有效处置以改善生态环境,提高生活质量,也是矿物学所关注的热点问题之一。

膨润土具有较大的比表面积及离子交换容量,吸附性能好,对废水中重金属离子的吸附有着特殊功效。研究表明,膨润土对重金属离子如 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} 等有一定的吸附能力。膨润土的改性可显著提高其对重金属离子的去除能力^[21~24]。柱撑改性后的蒙脱石具有很强的吸附水中的硫酸根离子的能力,在 pH 值为 4 和 5 时硫酸根离子去除效果最好^[25]。根据改性所用表面活性剂的不同,有机膨润土可分为单阳离子有机膨润土、双阳离子有机膨润土、阴阳离子有机膨润土,研究最多的是单阳离子有机膨润土^[18, 26~28]。有机膨润土的层间和对有机物的去除率随所用表面活性剂的碳链长度和加入量的增加而增加,当达到原土的阳离子交换容量时,去除率和层间距达到最大值。而采用双阳离子、阴阳离子有机膨润土处理水中有机物时,除上述作用外,还具有对有机物的协同增溶作用,产生协同去除效应^[29]。苯酚阴离子可与蒙脱石边缘表面存在的正电荷及层间其它阳离子作用,使吸附量增大^[30]。采用季胺盐类表面活性剂改性的膨润土去除有机污染物的能力高出几十甚至几百倍,能有效遏制有机污染物在环境中的迁移,是一种简单、有效、经济、实用的环境修复工具^[31~32]。总之,柱撑粘土是潜在的新型环保材料,通过对其研究,可以更好地了解有害物质在环境中的迁移、沉淀和解体,为更好地控制环境污染提供理论依据^[33]。

累托石是由蒙脱石与伊利石构成的 1:1 型规则混层。蒙脱石具有的许多性质,累托石同样具有,尤其是吸附性能,对金属污染的自净化过程中也起着重要的作用。以累托石层孔材料为吸附剂处理由电镀产生的含铬废水是可行的,处理后水中残留铬的浓度低于国际一级排放标准^[34]。使用柱层累托石材料处理有机废水,其中的 COD 去除率可达 70%,若用累托石进行二次吸附, COD 去除率达到 92%,达到国际一级排放标准^[35]。对比膨润土、高岭石、伊利石处理水中的重金属离子的能力,发现膨润土的效果最好^[36]。蒙脱石、伊利石和高岭石对 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 和 Cr^{3+} 五种重金属离子的吸附容量大小关系为:蒙脱石 > 伊利石 > 高岭石,其变化趋势与其可交换阳离子容量的变化趋势相一致,而同一矿物对这五种重金属离子的吸附容量的变化趋势略有不同:蒙脱石 $\text{Cr}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Pb}^{2+}$,高岭石 $\text{Cr}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$,伊利石 $\text{Cr}^{3+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+}$ ^[37]。

5 展望

农村城镇化、城镇城市化、城市现代化是发展的必然趋势。城市环境质量的好坏直接影响到我们的生活质量。城市环境除上述讨论的几点外,还应包括城市地质灾害(如地面沉降、滑坡、塌陷等)、城市大气污染等方面。城市地质灾害的诱发、城市大气污染的组成也离不开粘土矿物。因此,在开展垃圾调查、对垃圾堆放和卫生填埋场址进行可行性分析并登记注册^[38]的基础上,加强环境粘土矿物学的新技术和新方法在环境矿物学研究中的应用^[39]尤其是粘土矿物作为环境演变信息载体的研究并探索其演变规律^[40],开发纳米粘土矿物在

污染治理与环境修复方面的研究和应用技术、拓宽其净化环境领域、发展粘土矿物特别是纳米粘土矿物在城市环境治理中的自净化系统^[10],乃是今后研究粘土矿物在现代城市污染防治、净化城市空间的主要方向。

参考文献

- [1] 赵凡. 回归自然之蹊[N]. 中国国土资源报, 2001-05-31, 第三版.
- [2] 曾荣树, 雷加锦. 环境科学新的生长点——环境矿物学[A]. 孙枢主编. 地质环境系统研究[C]. 北京: 海洋出版社, 1998: 39-46.
- [3] 鲁安怀. 环境矿物材料在土壤、水体、大气污染治理中的作用[J]. 岩石矿物学杂志, 1999, 18(4): 292-300.
- [4] 王立本, 黄蕴慧, 鲁安怀. 国际环境矿物学研究新进展——第17届国际矿物学大会环境矿物学研究综述[J]. 岩石矿物学杂志, 1999, 18(4): 377-383.
- [5] 陈武, 季寿元. 矿物学导论[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [6] 何宏平, 郭九皋, 谢先德, 等. 蒙脱石等粘土矿物对重金属离子吸附选择性的实验研究[J]. 矿物学报, 1999, 19(2): 231-235.
- [7] 刘珺, 秦善. 层状硅酸盐矿物对重金属污染的防治[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(4): 461-466.
- [8] 李相然, 曹振斌, 王祖旗. 21世纪中国城市环境地质问题[J]. 中国环境检测, 2000, 16(2): 55-59.
- [9] 王晓蓉, 吴顺年, 李万山, 等. 有机粘土矿物对污染环境修复的研究进展[J]. 环境化学, 1997, 16(1): 1-14.
- [10] 鲁安怀. 环境矿物材料基本性能——无机界矿物天然自净化功能[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(4): 371-381.
- [11] Gil A, Gandia L M. Recent advances in the synthesis and catalytic applications of pillared clays[J]. Catal. Rev. - Sci. Eng. 2000, 42(1&2): 145-212.
- [12] Sawhney B L, Singh S S. Sorption of atrazine by Al- and Ca-saturated smectite[J]. Clays and Clay Minerals, 1997, 45(3): 333-338.
- [13] Pusino A, Liu W, Geesa C. Dimefiperate adsorption and hydrolysis on Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} and Na^{+} -montmorillonite[J]. Clays and Clay Minerals, 1993, 41(3): 335-340.
- [14] 郑红, 鲁安怀, 张俭, 等. 富含 Na^{+} 、 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cr^{3+} 蒙脱石对垃圾渗滤液中有机物的吸附[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(4): 528-532.
- [15] 杨献忠, 陈磊. 仇山膨润土不同酸度活化后蒙脱石的形态及其变化[J]. 南京地质矿产研究所所刊, 1989, 10(3): 86-93.
- [16] 温淑瑶, 杨德涌, 陈捷. 膨润土及其酸化土、碱处理酸化土的X射线衍射特征及扫描电镜下的表面特征分析[J]. 矿物学报, 2001, 21(3): 453-456.
- [17] 韩丽荣, 鲁安怀, 陈从喜, 等. 有机膨润土制备条件对其吸附有机污染物性能的影响[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(4): 455-460.
- [18] Smith J A, Jaffe P R. Benzene transport through landfill liners containing organophilic bentonite[J]. J. Environ. Engr., 1994, 120: 559-577.
- [19] Smith J A, Galon A. Sorption of nonionic organic contaminants to single and dual organic cation bentonites from water[J]. Environ. Sci. Technol., 1995, 29: 685-692.
- [20] 刘长礼, 王秀艳, 张云. 垃圾填埋场砂土衬垫中膨润土添加剂的防渗能力[J]. 地球科学, 2000, 21(1): 101-103.
- [21] 郭坤海, 马毅杰. 膨润土吸附性能及影响吸附的主要因素[J]. 环境科学学报, 2000, 20(5): 654-656.
- [22] 夏畅斌, 何湘柱. 膨润土对 Zn^{2+} 和 Cd^{2+} 离子的吸附作用研究[J]. 矿产综合利用, 2000, 4: 38-40.
- [23] 丁述理, 彭素萍, 刘钦甫, 等. 膨润土吸附重金属离子的影响因素初探——以 Zn^{2+} 为例[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(4): 579-582.
- [24] 王毅, 王艺, 王恩德. 改性蒙脱石吸附 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 的实验研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(4): 565-566.
- [25] 刘桂荣, 廖立兵. 柱撑蒙脱石吸附水中硫酸根离子的实验研究[J]. 矿物学报, 2001, 21(3): 470-472.
- [26] 朱利中, 陈宝梁, 沈韩艳, 等. 双阳离子有机膨润土吸附水中有机物的性能[J]. 中国环境科学, 1999, 19(6): 325-329.

- [27] 朱利中 ,陈宝梁 ,罗瑜. 有机膨润土吸附水中多环芳烃的性能及机理的研究[J]. 环境科学学报 ,2000 ,20(1) :21 - 26.
- [28] 朱利中 ,王晴 ,陈宝梁. 阴 - 阳有机膨润土吸附水中苯胺、苯酚的性能[J]. 环境科学 ,2000 ,21(4) :42 - 46.
- [29] 黄少云 ,马广伟 ,葛学贵. 改性膨润土在环境保护中的应用[J]. 岩石矿物学杂志 ,2001 ,20(4) :490 - 494.
- [30] 朱利中 ,等. 有机膨润土吸附苯酚的性能及其在水处理中的应用初探[J]. 中国环境科学 ,1994 ,14(5) :346 - 349.
- [31] Wagner J ,Chen H ,Brownawell B J ,et al. Use of cationic surfactants to modify soil surfaces to promote sorption and migration of hydrophobic organic compounds[J]. Environ. Sci. Technol. ,1994 ,28 :231 - 237.
- [32] Christopher B. 1999. Characterization and use of polycation - exchanged bentonites[J]. Applied Clay Science ,15(1) :84 - 86.
- [33] 吴平霄 ,叶代启 ,明彩兵. 柱撑粘土矿物层间域的性质及其环境意义[J]. 矿物岩石地球化学通报 ,2002 ,21(4) :228 - 233.
- [34] 孙家寿 ,张泽强 ,刘羽 ,等. 累托石层孔材料处理含铬废水的研究[J]. 岩石矿物学杂志 ,2001 ,20(4) :555 - 558.
- [35] 鲍世聪 ,孙家寿 ,刘羽. 柱层累托石材料对有机废水的处理及效果评价[J]. 岩石矿物学杂志 ,2001 ,20(4) :544 - 548.
- [36] 沈学优 ,陈曙光 ,王烨. 不同粘土处理水中重金属离子的性能研究[J]. 环境污染与防治 ,1998 (3) :15 - 18.
- [37] 何宏平 ,郭九皋 ,朱建喜 ,等. 蒙脱石、高岭石、伊利石对重金属离子吸附容量的实验研究[J]. 岩石矿物学杂志 ,2001 ,20(4) :573 - 578.
- [38] 姜月华 ,沈家林 ,王爱华 ,等. 城市垃圾发展现状及其对生态地质环境的影响[J]. 火山地质与矿产 ,2000 ,21(2) :96 - 106.
- [39] 曾荣树. 国内外环境矿物学发展综述[J]. 矿物岩石地球化学通报 ,2002 ,21(4) :282 - 286.
- [40] 贾建业 ,汤艳杰. 环境演变的矿物标识研究新进展[J]. 岩石矿物学杂志 ,2001 ,20(4) :419 - 427.

The application of bentonite(montmorillonite) in prevention to urban environments

YANG Xian - zhong^{1 2} ,CHEN Jing - zhong¹ ,PENG Jue¹

(1 China University of Geosciences ,Wuhan 430074 ,China)

(2 Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources ,Nanjing 210016 ,China)

Abstract

The geological environment in modern cities has steadily deteriorated ,and the environmental pollutions are growing serious day by day. Because there is a special interlayer region in clay minerals ,there are also particular characteristics ,e. g. adsorption ,cation exchange ,etc. Clay minerals have important applications in preventing and controlling the environmental pollutions and in cleaning the urban environments. In this paper ,the current application of bentonite(montmorillonite) is summarized in preventing and controlling refuse percolate from the modern cities ,in renovating and cleaning the contaminated water in the cities.

Key Words : bentonite(montmorillonite) ;modern urban environment ;refuse percolate ;contaminated water ;preventing and controlling