

专论与综述

中国有害废物污染现状与控制对策探讨

陈利秋

(国家环境保护局科技司, 北京 100035)

摘要 我国有害废物对土壤、水体、大气及生物污染相当严重, 在一些地区已构成了对人体健康的影响和威胁, 已成为当前亟待解决的一个重大环境问题。本文介绍我国有害废物的污染现状, 并通过对国内外有害废物污染控制技术和管理水平的综合分析对照, 结合国情提出了我国有害废物污染控制对策和建议。

关键词 有害废物, 污染控制, 对策探讨。

有害废物又称危险废物(hazardous waste), 是一种具有物理、化学或生物特性的废物, 需要特殊的管理与处置过程, 以免引起健康危害或产生其他有害环境的作用^[1]。其存在形式以固体为主, 也有一些以浆状液体或半固体的形式存在。这些废物在环境中任意堆弃或处理不当, 除造成燃烧、爆炸、腐蚀以外, 其有害成分经升华、风化、风扬进入大气, 经地表径流带入水体, 经雨雪淋溶进入土壤和地下水, 从而对整个生态环境造成污染和破坏, 酿成持续长久的严重后果。纵观世界近年来发生的几起大的公害事件, 大多是由于有害废物的处理与管理不善造成的^[2]。对此, 国际社会非常重视, 1983 的联合国环境规划署已将有害废物污染控制问题列为全球重大环境问题, 视其为当今全世界环境保护工作的 3 项主要任务之一。10 多年来, 为推进该领域的全球交流与合作进行了不懈的努力。

1 我国有害废物的污染现状

我国城市布局不断扩大, 大量人口在城市集中, 随之而来的是城市废物产量不断增长, 每年以 10% 的速度上升, 废物构成也因能源结构、产业结构、消费水平的变化而日趋复杂^[3]。目前, 我国有害废物污染的基本特征是:

(1) 产生量大 据报道, 1992 年全国工业固体废物产生量约 6.2 亿 t (不包括乡镇工业, 见表 1), 其中有害废物所占比例为 10% 左右, 估计年产生量约 6000 万 t^[4,5]。

就电镀污泥而言, 我国有大小电镀厂几万家, 遍及全国城乡, 年产电镀污泥量在 100 万 t 以上, 每年从电镀污泥中流失的铬、铜、镍、铅、镉、锌等重金属达 10 万 t, 其中铬、镍、镉等有价金属品位远高于矿石。在含铬废渣污染方面, 全国含铬废渣排出单位近百家, 大小铬渣山 80 余座, 现有铬渣堆存量在 250 万 t 以上^[6]。据估计, 全国有色金属冶炼中, 每年约有 5000t 砷、500t 镉、50t 汞从废物中流失。另外, 石油、化工、轻工、电子等行业还产生出大量的废油漆、涂料、农药、溶剂、电池、石油及焦油制品等有害废物。

(2) 处理率低 我国目前工业固体废物处置率为 20% 左右, 有害废物处理率约 10% (见表 2)^[5]。由于长期以来缺乏有效的治理技术和措施, 再加上管理水平差, 环境意识淡薄等原因, 大部分废物都是在未经处理的情况下任意排弃或堆放, 有的被混入到城市垃圾和一般废物中, 得不到有效的控制。

(3) 危害严重 由于受电镀污泥及铬渣等有害废物的污染, 全国半数地区发现 20% 的地下水受污染, 尤以电镀废物堆放场地附近的地下水重金属污染最为突出。全国有 35 个城市地下水中铬超标率在 3%—80% 之间, 大量水井因重金属含量超标而报废, 污染事故时有发生^[3]。

2 国内有害废物处理处置技术的现状分析

我国在有害废物的处理处置技术方面已积

累了一些技术成果,但成果的产业化水平很低, 后。可以说,在环境污染控制领域中,有害废物的现有的一些有害废物处理设施技术装备都较落后。处理处置技术发展最为缓慢。

表 1 1992 年各工业行业固体废物产生量(万 t)^{〔4〕}

行 业	工业固体 废物总量	冶炼 废渣	粉煤灰	炉渣	煤矸石	化工 废渣	尾矿	放射性 废渣	其它
全国总计	61884	6163	8976	7956	13343	2476	18436	291	4234
矿业	28741	91	74	567	12759	52	14293	80	825
食品、饮料和烟草制造业	2317	2	130	649	1	30	0	1	1502
纺织业	638	0	39	553	0	8	0	0	37
皮革、毛革及其制品业	36	0	0	24	0	0	0	0	11
造纸及纸制品业	558	0	103	368	0	34	0	0	53
印刷业	12	0	0	10	0	0	0	0	2
电力、蒸汽、热水生产和供应业	9373	4	7716	1627	18	0	0	0	8
石油加工业	487	0	34	29	0	391	23	0	10
炼焦、煤气及煤制品业	495	5	11	58	376	5	11	0	28
化学工业	3862	31	328	1452	37	1761	89	0	165
医药工业	237	0	16	158	1	21	0	0	41
化学纤维工业	245	0	112	76	0	38	5	0	14
橡胶制品业	113	0	5	103	0	1	0	0	5
塑料制品业	27	0	4	23	0	0	0	0	1
建筑材料及其它非金属 矿物制品业	1403	38	76	886	35	8	43	1	316
其中:水泥制造业	418	10	9	359	6	1	3	0	30
黑色金属冶炼及压延加工业	9425	5387	145	351	94	21	2640	186	601
有色金属冶炼及压延加工业	1935	383	74	88	0	47	1236	21	85
金属制品业	69	10	0	47	0	1	0	0	10
机械、电气、电子设备制造业	1172	101	45	571	2	10	0	2	440
其它行业	739	111	66	310	18	46	95	0	95

我国对含铬废渣的处理早在 60 年代就已开始,先后就铬渣制砖、硫化铜湿法还原解毒、硫酸亚铁解毒,以铬渣制玻璃着色剂、制彩色水泥、制矿渣棉及铸石制品,代替石灰烧结炼铁等方面进行了试验研究,有的已应用于工业化生产。如 1980 年南京铁合金厂、1981 年湖北黄石无机盐厂先后建起了铬渣湿法解毒车间;1983 年济南裕兴化工总厂、西宁制革化工厂建成了年处理铬渣 3000t 和 4500t 的干法解毒生产线;湖南铁合金厂于 1978 年建成电炉法钙镁磷肥生产车间,年处理铬渣约 2000t;1987 年以来,内蒙古巴彦高勒皮革化工厂在其自备电站的旋风炉上用铬渣作助溶剂进行高温焙烧处理,年处理渣量在 7000t 左右^{〔4〕}。另外,沈阳新城化工厂还建设了年处理 3000t 铬渣的铸石车间,青岛红星化工厂和南京玻璃纤维研究设计院进行过处理铬渣 2000t 规模的矿渣棉中试生产试验。近年来,锦州铁合

金厂一直在进行着铬渣与钒渣“土法”烧结炼铁试生产。上述几种技术,在生产应用过程中都或多或少地暴露出一些问题,如解毒不彻底、工艺复杂、处理成本过高、产品销售困难等。所以,可以说,到目前为此,还没有找到一条切实可行的解决途径。但从经济技术的角度看,铬渣烧结炼铁、烧制炆质铺路砖等工艺吃渣量大,解毒彻底,且有一定的经济效益,其推广应用的前景看好。高温焙烧技术对一些有焚烧炉的地方,在不需增加多少投资的情况下即可实现铬渣的资源化处理,还是值得推广和提倡的。

我国电镀污泥处理和综合利用方面的研究始于 70 年代初期,在理论上和实验室研究方面取得了不少成果,有一些已达到生产性规模,应用于实际治理中。尤其是电镀污泥回收利用方面,到目前为止已探索出了 10 条技术途径:(1) 电解回收重金属;(2) 离子交换法回收重金属;

表 2 1992 年各工业行业工业固体废物贮存、处置及排放量(万 t)^[4]

行 业	贮存量	处置量	处置往年堆存量	排放总量	排入江河湖海量	排入河海的粉煤灰量	历年累计堆放量(万 t)	占地面积(万 m ²)	占耕地面积(万 m ²)
全国总计	26836	13986	4400	2587	1083	275	591608	54223	3711
矿业	15170	8316	2207	1283	647	7	412835	22074	1088
食品、饮料和烟草制造业	71	224	11	95	33	6	496	756	7
纺织业	35	107	19	31	3	1	60	334	7
皮革、毛革及其制品业	1	5	0	3	0	0	7	3	0
造纸及纸制品业	43	183	8	37	23	10	279	107	0
印刷业	1	1	0	2	0	0	1	1	0
电力、蒸汽、热水生产和供应业	5324	2700	1807	318	198	207	48828	16329	2028
石油加工业	1188	238	0	13	0				
炼焦、煤气及煤制品业	139	103	38	62	0	0	1073	73	0
化学工业	699	781	236	182	60	7	14027	4234	42
医药工业	8	48	0	14	2	0	17	30	1
化学纤维工业	38	76	0	17	10	7	904	124	2
橡胶制品业	2	19	0	5	1	0	25	28	1
塑料制品业	1	8	0	2	0	0	1	4	0
建筑材料及其它非金属矿物制品业	64	193	18	96	12	1	2782	545	31
其中:水泥制造业	7	12	3	19	0	0	1842	33	15
黑色金属冶炼及压延加工业	3310	616	20	242	72	19	55982	4113	114
有色金属冶炼及压延加工业	1392	145	9	34	10	0	34007	3334	116
金属制品业	3	15	0	7	0	0	12	14	4
机械、电气、电子设备制造业	135	315	10	92	4	0	2595	471	28
其它行业	237	124	16	51	7	5	3766	461	11

(3)铁氧体法综合利用;(4)制造建筑材料;(5)制作改性塑料;(6)制鞣革剂;(7)湿法冶金新技术回收重金属;(8)制陶瓷产品;(9)钡盐法处理及综合利用;(10)微生物法净化回收重金属。这些技术中都有各自的适应条件,有的只能去除污泥中的单一金属离子,有的在处理过程中工艺要求很严格,有的安全性能较差、处理成本较高,推广应用起来较困难。相比之下,其中的几种方法有较强的竞争力,应用前景乐观。如电镀污泥制改性塑料,适用于各种电镀污泥,污泥消耗量大,经济效益明显,上海闸北区环保综合厂建设了年处理电镀污泥 1200t 的生产线,已进行了多年的工业化生产。湿法冶金(氨浸法)处理电镀污泥,能从多组分污泥中回收铜、镍、锌等重金属,资源回收层次较高,处理效果稳定,适合于较大规模的区域性集中处理,天津市环保局正在积极筹建年处理 2000t 污泥的生产性工程。电镀污泥制作铬鞣革剂的技术具有将废水处理、污泥资源化及

鞣革剂生产等三位一体的产业化优势和具备社会化循环机制的管理条件,尤其适合于在中小型电镀厂推广应用。江苏盐城市已组织了 30 余个电镀厂进行了多年的土法生产,取得了较好的效果。微生物法净化回收重金属可一举净化废水和污泥,重金属回收工艺简便,成本低,效益好,目前已在四川成都建成年处理规模为 100t 的工业化装置。尽管这样,上述几种技术中都还存在一些问题、有待进一步解决与完善。

有害废物安全填埋处置技术是目前国外应用最广、比较经济适用的处置技术,适合我国国情,但我国在此项技术上基本上还是一项空白。已有的几个有害废物填埋场,如吉林市工业废渣填埋场,1987 年 9 月投入运行,容量 20 万 m³,建筑非常简陋,没有采取任何可靠的安全防渗措施,堆放的废物未经预处理全部混合在一起,只能说是一个简单的有害废物堆放场。吉林化学工业公司建筑的填埋场,以填埋本企业的化工废物

为主,容量 3.5 万 m^3 ,1984 年投入使用,目前已接近填满,该填埋场防渗层采用 200mm 沥青砂,不能防止在不均匀沉陷情况下产生渗漏,也未采取任何安全防范措施,仍存后患。近年来,中国环境科学研究院、清华大学环境工程系等单位正在联合开发适合我国国情的有害废物安全填埋成套技术,并将在江苏无锡、广东深圳等地建设有害废物安全填满场,为我国建设区域性集中式安全填埋工程提供示范。

国内对废物焚烧技术的研究及应用开展较晚,医院废物采用焚烧处理较普遍。石油、化工及医药行业的高热值有机废物仅部分采用了焚烧处理。这些焚烧装置都是属于某一生产企业,有的属于某些生产装置的附设废物处理设施,所焚烧的废物多为单一或少数几种,绝大多数已运行的焚烧炉型构造简单,缺乏热能回收及二次污染防治措施和设备,也未配备必要的检测手段和方法。由于受经济发展水平的限制,迄今还没有建立起一座区域性有害废物焚烧场,在技术方面,如有害废物的高效焚烧、二次污染控制及热能回收利用等基本上还是空白。

近十年来,我国在发展低废、无废技术和清洁生产工艺方面,取得了一定的成效。如制革工业中现已普遍推广酶法脱毛,利用酶的生化作用将毛脱落,代替过去污染严重的灰碱法。电镀行业发展了无氰或低氰工艺,低铬电镀工艺。采用低铬钝化可减少铬酐浓度 95% 以上,低铬镀铬可使镀液中的金属浓度和污泥生成量减少 5/6。铬盐生产中的湿法氧化无钙焙烧或少钙焙烧技术开发也取得了一定的进展,可大大减少铬盐生产中的铬渣排放量。

3 国外有害废物控制技术的发展趋势及我国应

采取的对策

有害废物造成严重的环境污染和资源浪费,引起了世界各国的广泛重视。例如,美国从 1986 年至 1990 年,执行每年耗资 200 亿美元的有害废物处理处置与管理计划,这个数字相当于同期废水和废气治理与管理费用的总和^[6]。工业化国家度制订了严格的法规和排放标准,实现了从产

生、收集、输运直至最终处理处置的全过程管理。建立了废物收集、输运与处置的社会化服务体系,并已形成产业化。不少国家都建立了废物交换系统、网络,通过经济刺激和行政强制性政策,优先鼓励与支持无废少废技术和废物资源化技术的开发应用。例如美国的废物交换中心已服务于全美 5000 多个企业,废物交换项目也扩大到 100 多种。欧洲经济共同体成员国,北大西洋公约组织中的 9 个国家都设立了各种废物交换市场,废物交换贸易已成为国际贸易中一个很活跃的项目^[3]。国外解决有害废物污染的技术途径主要有 3 种:一是减量化技术,即通过改革工艺,如采用无废少废技术或清洁工艺,尽量减少废物的产生量;二是资源化技术,即将废弃物回收利用或综合利用,将废物再一次转化为资源;三是无害化处理处置技术,避免对环境造成污染。所采用的无害化处理处置方法主要有:填埋法、固化法、物理化学法、弃海法、生物法、焚烧法、深井注入法等。但目前,应用最多的是安全填埋法,这主要是由于此法比较经济适用,技术也较成熟。如英国的废物填埋量占其总量的 60%,联邦德国 72%,比利时 62%,荷兰和法国 50%,日本 39%^[8]。但由于安全填埋法最大的缺点是它只能处置废物,不能彻底铲除和解毒废物,加之土地资源的限制,近十年来,一些发达国家有逐渐从“填埋”转向焚烧的趋势,不少国家建设起了许多现代化的焚烧处理厂,目前美国已有 1500 台焚烧设备,1984 年美国化学工业处理 170 万 t 有害废物中,焚烧占 29.7%,北欧一些国家(如瑞典、芬兰)等已实现有害废物焚化处理的工厂化、集团化,并正朝着大规模、区域性的方向发展^[9]。除专门建设废物焚烧处理装置外,一些国家还在研究利用不同形式的工业炉窑焚毁可燃性有害废物,把废物看成工业生产所必需的燃料来源,用可燃性有害废物作水泥窑替代燃料。目前,美国使用替代燃料的水泥厂有 30 多家,废物替代燃料量一般 25%—65%,有的厂家可节省燃料费用达 75%。1989 年美国各水泥厂焚烧了 100 多万 t 可燃废物,是当年用焚烧处理有害废物的近 4 倍。监测结果表明,用作替代燃料时,有害废物

的焚毁率达 99.99% 以上,颗粒物、氯化氢、 SO_2 、氮氧化物及不完全燃烧产物的排放量与不用替代燃料时没有多大差别。最近,一些国家还开发出移动式焚烧炉,可流动为社区企业污染源服务。有害废物与城市垃圾共处置技术也在一些国家兴起。

中国作为一个发展中国家,由于受经济能力和技术水平限制,在有害废物处理处置技术与管理方面,与发达国家差距甚远,主要表现在以下几个方面:

(1)家底不清 到目前为止,我国未开展过有害废物的全面普查,对全国有害废物年排放量、累积堆存量、种类、地区分布和行业分布特征说不清楚,少数城市做过一些统计调查,但都很不规范、很不全面,与实际情况差距较大。

(2)管理不严 我国自 1985 年开始就着手起草固体废弃物管理法,至今未能出台,也未能建立起有害废物登记管理制度和监测制度。在有害废物排弃、收集、运输等方面更是无章可循,不少企业的有害废物随意排弃,分散堆放,侵占了大量粮田,造成大面积污染,由此带来的污染事故时有发生。

(3)技术落后 由于长期以来我国在有害废物处理处置方面未能给予足够的重视,技术水平相对较低,象安全填埋、焚烧处理技术方面基本上还是空白,在资源化技术方面,尽管积累了一些成果,但产业化水平很低。

鉴于目前的状况,笔者认为我国今后有害废物控制方面应采取下列对策。

(1)加强有关法制建设与标准制订,严格的法律与规章是有害废物管理的最有效手段,而我国在固体废物污染防治领域至今尚无完善的立法。国家应当尽快开展一次全国性的有害废物污染源调查,在基本摸清我国有害废物产生量、排放量、种类、组成、地区分布和行业分布特征的基础上,借鉴国外的经验,制订出一套适合我国国情的有害废物管理法规与标准。建立起我国有害废物分类名录和优先控制的“黑名单”。只有这样才能使我国有害废物管理走上法制化的轨道。

(2)建立以合理利用资源、能源为核心的环

境战略,努力减少工业生产过程的废物排放量,在工业产业结构调整 and 现代化建设中,优先鼓励发展无废少废技术,积极开发应用清洁生产工艺,提倡工艺过程的闭路循环系统。大力推广应用废物资源化和综合利用技术,进一步完善废物资源化的各项鼓励政策,如免税政策、优先投资政策、资金补偿政策等,建立完善全国性废物交换体系,引导其向社会化、产业化的方向发展。

(3)加快有害废物无害处理处置技术的开发研究,积极推进有害废物处理向区域型集中化的方向发展。重点开发有害废物安全填埋处置的成套技术、筛选研制出适合我国国情的经济适用的防渗衬垫材料。研制开发适合于区域性焚烧处理的有害废物焚烧炉和尾气净化设备。同时还应建立一套严格的从有害废物产生、收集、运输到处理处置的全过程管理体系;筛选研制出适合有害废物收集运输的专用机具设备,为实现我国有害废物的社会化集中处理提供物质准备。

(4)建立有害废物的污染监测、登记管理及风险评价制度,制订统一的有害废物特性鉴定及分析测试方法。

制订科学的符合国情的有害废物风险评价方法与准则,为今后有害废物的有效管理和发展各类处理处置技术提供科学依据。

(5)开展国际合作,加强国际技术交流,引进和消化先进适用的技术和设备,以此缩短技术开发周期,促进技术发展。

参考文献

- 1 WHO. Management of Hazardous Waste. Annual Report. 1991;45—50
- 2 李国鼎,金子奇等编.固体废物处理与资源化.北京:清华大学出版社,1991;66—140
- 3 蔡金炉,陈定茂,高达治.污染防治技术,1991,14(3);3
- 4 国家环境保护局,1992 年环境质量公报(年报).1993 年 6 月公布,第 6 页
- 5 《中国环境年鉴》编辑委员会.中国环境年鉴(1993).北京:环境科学出版社,60,77—78
- 6 董保澍,环境科学技术,1992,15(2);3
- 7 俞珂,化工进展,1991,(6);14
- 8 陈一申译.环境科技动态,1991,13(1);26
- 9 Captain Peter D P. Vint. Military Law Review. 1990,129; 107—139

Key words: beryllium, morin, fluorescence.

environmental quality classification.

Study on the Determination of Arsenic in Wastewater by Using Single Valve FIA combined with Hydride Generation Spectrophotometry. Liu Guoquan and Wang Chunxu (Dept. of Environ. Eng., Hebei Institute of Chemical Technology and Light Industry, Shijiazhuang 050018), He Yuaping (Shijiazhuang Chemical Fertilizer Factory, Shijiazhuang 050018); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15** (5), 1994, pp. 71—72

A Single Valve FIA (Flow Injection Analysis) system with hydride generation spectrophotometric detection was designed for the determination of the trace arsenic in wastewater. This FIA system had no need for any carrying gas. The new hydride generator and the absorbing device made by the authors were used in the FIA system. The KBH_4 solution and the mixed silver nitrate-polyvinyl alcohol-ethanol solution were used for the generation and absorption, respectively, of arsenic hydride. The experimental results show that this method was very good for the determination of trace arsenic in wastewater. The FIA system had main advantages, including simple equipment, easy operation, high sensitivity, rapid determination (30 samples/h), good reproducibility ($R. S. D = 3.04\%$) and low detection limit ($1.82 \times 10^{-9} \text{ g/ml}$).

Key words: flow injection analysis, hydride generation, spectrophotometry, arsenic, wastewater.

Reversed-phase High Performance Liquid Chromatographic Determination of Methomyl in Soils. Chen Yanjun et al. (Jining Medical College, Jining 272113); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15** (5), 1994, pp. 73—74

A reversed-phase HPLC method was described for determination of methomyl in soils. The detection limit of methomyl in soils was 0.1 μg , and the linear range was 1.0—20 $\mu\text{g/ml}$. The average recovery of methomyl as standard added to soils was in the range of 96.1%—100.2%. The relative standard deviations were below 5%. This method was simple with a higher sensitivity and a better accuracy.

Key words: methomyl, reversed-phase, HPLC, soil.

Study on Environmental Quality Classification Based on B-P Neural Network. Li Zuoyong (Chengdu Institute of Meteorology, Chengdu 610041); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15** (5), 1994, pp. 75—77

Based on the back-propagation (B-P) algorithm of neural network, the classification models of water quality with 3 and 4 parameters were developed by taking the data on water quality indexes of 25 lakes as training samples. The verification of models for water quality classification of 6 lakes indicated that B-P neural network possessed not only good practicability, but also superiority over other classification methods of environmental quality because of its self-learning and self-adaptability.

Key words: neural network, B-P algorithm,

Qualitative Analysis on the Urban Vehicular Emission Pollution Model. Zhou Hongchang and Yang Peikun et al. (Dept. of Road & Traffic Eng., Tongji University, Shanghai 200092); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15** (5), 1994, pp. 78—82

Based on the physical process of the vehicular emission dispersion in the urban street canyon, the monitored data of CO concentration near the urban traffic roads were analysed. The microscale near field dispersion model was particularly discussed, including the initial conditions, boundary conditions and the scope of the model as well as the problems that the model might deal with.

Key words: urban transportation, air pollution model, dispersion.

Current Status of Hazardous Waste Pollution and the Strategy for Its Control in China. Chen Liqui (Dept. of Science and Technology, National Environmental Protection Agency, Beijing 100035); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15** (5), 1994, pp. 83—87

Hazardous waste pollutions in soils, waters, air and organisms are very serious in China, have caused negative effects and threats to human health in some parts of China, and have become a major environmental problem which urgently need to be solved at present. This paper deals with the current status of hazardous waste pollution in China, a comprehensive analysis and comparison on the pollution control technologies and management competencies for hazardous wastes in home and abroad, and the response strategies and recommendations on pollution control of hazardous wastes which are proposed according to the local conditions in China.

Key words: hazardous waste, pollution control, response strategy.

Development of Catalytic Oxidation Technology for the Treatment of Highly Concentrated and Refractory Organic Wastewater. Wen Donghui, Zhu Wanpeng (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15** (5), 1994, pp. 88—91

Four branches of the catalytic oxidation process have been formed, i. e., wet catalytic oxidation; photocatalytic oxidation; homogeneous catalytic oxidation and heterogeneous catalytic oxidation. Substantially, they all catalyze the decomposition of oxidant so as to speed up the chemical reactions between organic matters and oxidant in wastewater. Some powerful oxidants can produce much stronger radicals by catalysis to oxidate and decompose some highly concentrated and refractory organic matters. Therefore, catalytic oxidation becomes important as a new technology for the treatment of highly concentrated and refractory organic wastewater.

Key words: catalytic oxidation, organic wastewater, oxidants.