饮用水中硝酸盐去除方法比较

刘　玲　花

(水利部水质试验研究中心,北京　100044)

摘要　本文综述了饮用水中硝酸盐的各种去除方法及其优缺点. 通过分析比较,认为离子交换法和生物反硝化法都可用于大规模生产饮用水,但最有发展前途目前研究最多的是生物反硝化法. 该法将硝酸盐转化为氮气,无废液产生,处理费用低. 但异氧反硝化法需进行复杂的后处理除去过量的有机物,自养反硝化法会造成出水硫酸盐含量增高.

关键词　饮用水,硝酸盐,离子交换,生物反硝化.

随着工农生产的迅速发展,目前许多国家的地下水都已受到硝酸盐的污染,并存在日益恶化的趋势. 由于高硝酸盐含量的饮用水会给人类健康造成危害,因此,地下水中硝酸盐的去除问题已成为人们日益关注的焦点.

1　地下水中硝酸盐的污染情况

地下水中硝酸盐的污染已成为人们面临的一个重要环境问题,在欧洲的一些地区,20 年前就已达到比较严重的水平,而且还在继续增长. 我国某些城市的地下水也已受到硝酸盐的污染. 对 41 个城市的监测数据表明,已有 13 个城市的地下水受到硝酸盐污染[1]. 图 1 是某市水厂近年来地下水硝酸盐含量的变化趋势. 从图 1 可以看出,地下水硝酸盐含量增加很快,1990 年出厂水 NO_3^--N 已达 21mg/L,超过我国规定的饮用水标准,并有日益恶化的趋势.

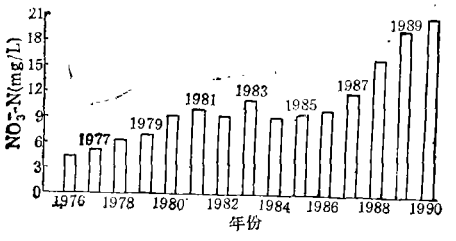

图 1　1976—1990 年间某市水厂地下水硝酸盐含量的变化

2　去除饮用水中硝酸盐的比较可行方法

2.1　膜分离法

膜分离法包括反渗透和电渗析两种.

反渗透膜对无机盐的选择性很强,处理后的水基本上不含无机盐,因此,只需处理一部分水,然后将处理水与未处理水混合. 电渗析则必须将所有的水都进行处理. 如果不考虑废液排放费用,水的损失也忽略不计,那么两种方法的水处理费几乎相同. 与电渗析相比,反渗透的优点是管理简单,尤其适用于小型处理厂,但反渗透的浓缩作用会导致硅石、碳酸钙、硫酸钙结垢,影响处理过程的正常运行[2].

综上所述,反渗透和电渗析法主要适用于总溶解性固体含量高的水以及海水淡化,而若用这两种方法处理总溶解性固体含量低的水,其处理费用大大高于离子交换法. 此外,膜分离法对硝酸盐无选择性,能去除所有的无机离子,产生浓缩无机盐废水,存在着废水排放问题. 而且水经膜法处理后,其整个成分发生了变化,因此从人类健康、成本费等方面考虑,膜法的实用性较差.

2.2　离子交换法

最初,硝酸盐的去除是借助于阴离子交换树脂中的氯离子与硝酸根离子进行阴离子交换而完成的. 阴离子交换树脂对几种阴离子的交换次序是: $SO_4^{2-} > NO_3^- > HCO_3^-$,因而树脂几乎交换了水中所有的硫酸根离子后,才与水中的硝酸盐和重碳酸盐交换,此过程去除了水中所有的硫酸根离子,硝酸根离子以及一半的重碳酸根离子,将它们都替代成了氯离子,造成

1992 年 10 月 8 日收到修改稿

水中氯离子的增加. 树脂工作交换容量交换完后,需用浓盐水再生,再生过程中,产生高浓度硫酸盐和硝酸盐废液. 当水处理量很大时,产生的废液量相当可观,如果将废液随意排放,会造成二次污染. 在临海城市,最好的解决办法是将废液排入海中.

通过以上分析可以得出,当水中硫酸盐含量高时,用常规离子交换法去除硝酸盐很不经济,再生频繁,产生废液量大,尤其当处理厂离海很远时,废液处置就是一个很困难的问题. 此外,经过常规离子交换处理后,出水中氯离子含量增高.

2.2.1 CARIX 离子交换工艺

针对常规离子交换法的缺点,人们进行了大量的改进研究. 一种改进工艺为 CARIX 离子交换工艺[3-6]. 此工艺将弱酸树脂和重碳酸盐形式的弱碱树脂相结合,将两种树脂放在混床中,采用二氧化碳再生树脂,其基本原理用方程表达为:

$$4\overline{R\text{—}H} + Ca^{2+} + Mg^{2+} \rightleftharpoons 4\ \overline{R\text{—}OH} + Cl^- + NO_3^- + SO_4^{2-}$$

$$\overline{R_2\text{—}Ca} + \overline{R_2\text{—}Mg}$$

$$\overline{R\text{—}Cl} + \overline{R\text{—}NO_3} + \overline{R_2\text{—}SO_4}$$

$$+\ 4H^+ + 4HCO_3^- \rightleftharpoons 4CO_2 + 4H_2O$$

从方程式中可以看出,该工艺过程的推动力是体系的二氧化碳分压. 高压下,溶解于水中的二氧化碳浓度较高,反应向左侧进行,因而两种树脂都得到了再生; 当水中二氧化碳浓度较低时,反应向右进行,两种树脂同时用来去除水中的硫酸盐; 硝酸盐及硬度.

用二氧化碳作为再生剂的 CARIX 离子交换工艺,其优点是不产生过量的再生废液,而且二氧化碳可以重复使用,节省了再生剂用量. 此工艺的缺点是,工艺复杂,运行管理困难. 此外,碳酸盐是一种弱酸,产生相当低浓度的质子和重碳酸根离子,树脂再生后只恢复总交换容量的 5—10%.

2.2.2 离子交换/生物脱氮复合工艺

离子交换法去除硝酸盐的另一种改进工艺为离子交换/生物脱氮复合工艺[7-9]. 该工艺将离子交换和生物脱氮处理过程联用,克服了单独使用离子交换法造成的二次污染,再生剂用量大等缺点. 它将硝酸盐的去除过程和离子交换树脂的再生过程统一于一个封闭循环的系统中,其处理流程如图 2. 用离子交换树脂去除水中的硝酸盐,用氯化钠或碳酸氢钠作为再生剂,树脂再生后,含高浓度硝酸盐的再生液进入脱氮反应器,加入甲醇等有机物,进行异养反硝化,除去再生液中的硝酸盐,从而使再生液循环使用.

图 2 是最简单的处理流程,当一个离子交换柱(柱 1)去除硝酸盐时,另一个交换柱(柱 2)进行再生;当交换柱 1 失效时,交换柱 2 也已完成了再生,可以进行饮用水处理了,此时,将脱氮反应器接到交换柱 1 上,对其进行再生,如此往复循环使用.

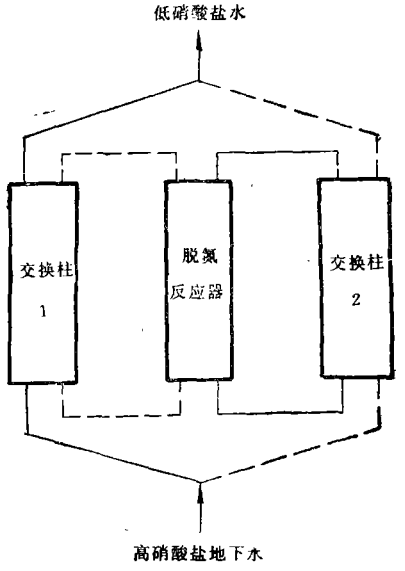

图 2 离子交换/生物脱氮工艺

该工艺的优点是: 再生过程在封闭系统中进行,可避免产生大量含盐废水,降低了再生剂用量. 其缺点: 会产生硫酸盐累积现象,操作复杂,再生时需投加有机物如甲醇、乙醇等作为反硝化碳源,增加了运行费用,其设备费也较

贵，此外，交换树脂可能被来自生物脱氮反应器的悬浮物所污染.

2.2.3 硝酸盐选择性离子交换树脂

离子交换法的另一种改进技术是采用硝酸盐选择性离子交换树脂. 普通的阴离子交换树脂对硝酸盐无选择性，优先交换硫酸盐，造成树脂再生频繁，为了解决这一问题，国外的树脂制造商研制出了硝酸盐选择性树脂，这种经过处理的树脂优先交换硝酸盐，对硝酸盐的交换容量不受水中硫酸盐的影响，但这种树脂的交换容量较低，我们国家目前还没有生产这种硝酸盐选择性树脂.

2.3 生物反硝化法

生物反硝化法利用反硝化细菌，在缺氧条件下，将硝酸盐还原为氮气. 反硝化细菌为兼性厌氧菌，在有氧的条件下，它们利用氧进行好氧呼吸，但当溶解氧浓度较低时，它们就从硝酸盐中取得氧，从而将硝酸盐转化为氮气. 反硝化细菌种类较多，主要有：无色杆菌属，(Achromobacter)、气杆菌属 (Aerobacter)、产碱杆菌属 (Alcaligenes)、杆菌属 (Bacillas)、黄杆菌属 (*Flavobacterium*)、微球菌属 (*Micrococus*)、假单胞菌属 (*Pseudomonas*)、变形杆菌属 (*Proteus*) 及硫杆菌属 (*Thiobacillus*) 等.

生物反硝化法去除硝酸盐的处理费用远远低于离子交换法 (见图 3).

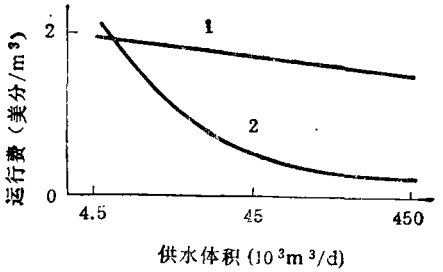

图 3　一年中三个月的总运行费比较
1.离子交换　2.生物反硝化

根据细菌生长的碳源不同，反硝化作用又可分为自养反硝化作用和异养反硝化作用.

2.3.1 异养反硝化法

异养反硝化作用利用有机物作为营养源，常用的有机物包括甲醇、乙醇和醋酸. 其反应方程式分别如下：

$$5CH_3OH + 6NO_3^- \longrightarrow 3N_2 + 5CO_2 + 7H_2O + 6OH^-$$

$$5C_2H_5OH + 12NO_3^- \longrightarrow 6N_2 + 10CO_2 + 9H_2O + 12OH^-$$

$$5CH_3COOH + 8NO_3^- \longrightarrow 4N_2 + 10CO_2 + 6H_2O + 8OH^-$$

从上述方程式中可以看出，异养反硝化菌将硝酸盐还原为氮气的同时，将有机物氧化为二氧化碳. 地下水中有机物含量较少，因而采用异养反硝化作用去除硝酸盐时，必须向水体中投加适量的有机物. 有关异养菌脱氮作用方面的研究较多[11-14]，大都取得了良好的效果. 在欧洲运行的反硝化装置主要是粒状介质的生物滤池和硫化床反应器. 当有机物过量时，硝酸盐基本上得到完全去除. 水经过异养反硝化处理后，再经各种常规处理，如充氧、通过砂或颗粒活性碳(或两种都有)过滤以去除颗粒物和有机物，然后消毒.

综上所述，异养反硝化法去除硝酸盐的优点是：选择性地去除硝酸盐，将其转化为无害的氮气，无废液产生，处理费用低于离子交换法. 但也存在一定的缺陷，地下水中有机物一般较少，投加有机物后，造成一定污染，因此，应严格控制有机物的投加量. 尚需采用好氧生物处理法除去过量的有机物，后处理较复杂，且费用高.

2.3.2 自养反硝化法

自养反硝化作用是用重碳酸离子和溶解于水中的碳酸等无机碳作为细菌合成的碳源而进行的反硝化作用. 自养反硝化菌又有两种无机电子供体：氢气和单质硫或硫的化合物.

用氢作为电子供体的自养反硝化作用用下式表示：

$$5H_2 + 2NO_3^- \longrightarrow N_2 + 4H_2O + 2OH^-$$

许多研究报道表明：用氢作为还原剂从地下水中去除硝酸盐是可行的[15-18]. 其主要优点

为：加入水中的氢气无毒，与异养法相比，后处理阶段无需额外步骤除去多余基质．但这种工艺不能用来处理硝酸盐含量高的水，当气相中氢气含量大于 80% 时，硝酸盐去除率仅为 80%—90%，氢气的利用率只有 30%—40%．该工艺的另外一个缺点是氢气属易燃易爆品，不安全，盛氢气的装置必须是压力罐，而且氢气成本较高，这种方法适用于中、小型处理厂，德国用氢气去除硝酸盐的水厂位于小型村镇．

另一种自养反硝化作用是用硫或硫的化合物作为还原硝酸盐的电子供体[19—22]，这种菌属硫杆菌属，称为脱氮硫杆菌（*Thiobacillus denitrificans*），其反应式如下：

硫代硫酸盐：

$$5S_2O_3^{2-} + 8NO_3^- + H_2O \longrightarrow 4N_2 + 10SO_4^{2-} + 2H^+$$

硫：

$$5S + 6NO_3^- + 2H_2O \longrightarrow 5SO_4^{2-} + 2N_2 + 4H^+$$

硫化物：

$$5S^{2-} + 8NO_3^- + 8H^+ \longrightarrow 5SO_4^{2-} + 4N_2 + 4H_2O$$

硫化物、硫代硫酸盐、亚硫酸盐易溶于水，而单质硫不溶于水，因此，用硫化物等作为基质进行的反硝化速率比单质硫高，但对于饮用水的处理，若采用硫化物、亚硫酸盐、硫代硫酸盐作为基质，需严格控制其投加量，如果投加量过大，反硝化出水中会残留硫化物、亚硫酸盐或硫代硫酸盐，这是很不利的．此外，达到相同的反硝化效果，用硫化物、硫代硫酸盐、亚硫酸盐作为反硝化基质比单质硫贵[22]，因此，对于饮用水的处理，用硫磺颗粒作为反硝化基质比较合理，它有如下优点：

① 选择性地去除硝酸盐，将硝酸盐还原为氮气，释放到大气中，不产生废液．

② 反硝化基质为固体物质，不需特别的投加技术，避免了价格昂贵的有机碳源．单质硫不溶于水，无需额外步骤去除多余基质．

③ 处理工艺简单、经济、操作方便．

硫自养反硝化工艺的最大缺点是硫被氧化成硫酸，导致出水硫酸盐含量增加．

3 结束语

地下水硝酸盐污染是一个日益严重的环境问题，目前除了应实施行之有效的水源保护措施，防止地下水进一步恶化外，还必须进行地下水硝酸盐去除技术方面的研究．

通过以上对比分析，可以认为离子交换法和生物反硝化法都可用于大规模生产饮用水，而这两种方法各有优缺点：离子交换法技术成熟、可靠、但成本高，频繁再生产生大量含高浓度硫酸盐和硝酸盐的废液，如果处置不当，容易造成二次污染．我们国家目前还没有硝酸盐选择性树脂，因此对于硫酸盐含量稍高的水，更增加了运行成本．

反硝化法将硝酸盐转化为氮气，无废液产生，处理费用低．但异养反硝化法需向水中投加甲醇等有机物，需进行复杂的后处理除去过量的有机物．

用硫作为电子供体的自养反硝化法无需向水中投加有机物，硫磺颗粒既作为微生物的载体，又直接参与反硝化反应．硫作为电子供体经济、安全、易于管理和操作．但该法的缺点是造成出水硫酸盐含量增高．

参 考 文 献

1 熊光哲．环境科学．1983,5(4): 71
2 Rautenbach R and Kopp W. *Desalination*. 1987, **65**: 24
3 Holl W and Feuerstein W *Water Supply*. 1985, **3**: 199
4 Wolfgang H Holl and Wolfgang Kretzschmar. *Water Supply*. 1988, **6**: 51
5 Hagen K et al. *Aqua*. 1988, **5**: 275
6 Holl W et al. *Desalination*. 1933, **48**: 257
7 Jan Peter van der Hoek et al. *Water Research*. 1988, 22(6): 679
8 Lauch R P et al. *J. Am. Water Works Assoc.*. 1986, 78: 83
9 Hoek J P van der et al. *Water Supply*. 1988, **6**: 57
10 Nicolson N J. *Chemistry and Industry*. 1979, **6**: 189
11 Roennefahrt K W. *Aqua*. 1988, **5**. 283
12 Bockle R et al. *Aqua*. 1986, **5**: 286
13 Partos J and Richard Y. *Water Supply*. 1985, **3**: 75
14 Philipot J M et al. *Water Supply*. 1985, **3**: 93
15 Kurt M, Dunn I J and Bourne J R, *Biotech. Bioeng*. 1987, 29: 493

（下转第 70 页）

虫却增加了 80%. 随着氧化塘废水滞留期变长,凤眼莲根系微型动物数量也增加,废水滞留期为 4d、8d 和 12d 时, III 站微型动物分别为 3.62×10^5个/m^3, 14.66×10^6个/m^3 和 19.08×10^6个/m^3, 说明废水滞留期长有利于生物的生长和繁殖.

2.1.3 不同废水滞留期各类微型动物生物量见表 3. 在相同的废水滞留期, 氧化塘中从废水进口到出口,微型动物生物量一般呈增加趋势,除个别例外. 废水滞留期越长, 微型动物生物量越大, 这同微型动物数量变化趋势相一致. 由于轮虫个体一般都比原生动物个体大, 因此轮虫生物量占各类微型动物总生物量的绝大部分.

2.2 凤眼莲根系微型动物作为水质指示生物

在对照塘中以裸藻为主, 而以细菌和有机碎屑为食的异氧原生动物基本还不能生存; 在放养凤眼莲的氧化塘中出现了各种微型动物, 因此无论从生物的多样性还是从生物的数量都表明氧化塘废水处理效果比对照塘好. 这同氧化塘出口水体的总磷、总氮、含油率、溶解氧和 COD 都比对照塘出口低相一致, 其去除率分别提高 23.3%、4%、50%、28% 和 21.5%. 当废水滞留期从 4d 延长到 12d 时, 氧化塘 COD 去除率从 15.1% 提高到 29.8%, 凤眼莲根系微型动物数量增加 4.3 倍. 因此, 微型动物可以作为指示生物来监测水质净化的效果.

表 4 水体、凤眼莲根系和底泥中微生物数量

样 品	日期(月,日)		
	10,5	10,17	10,21
I 水体(10^6个/ml)	12.2	10.1	13.8
III 水体(10^6个/ml)	4.23	0.97	13.3
V水体(10^6个/ml)	5.81	1.13	25.1
I 根系(10^6个/g)	13.6	22.5	25.9
III 根系(10^6个/g)	10.0	25.5	19.7
III 底泥(10^6个/g)	0.20	1.81	1.94
V底泥(10^6个/g)	10.0	2.24	9.27

2.3 凤眼莲根系、底泥和水体微生物数量比较

凤眼莲根系、底泥和水体微生物数量测定结果见表 4. 凤眼莲根系好氧和兼性好氧微生物数量比底泥和水体中多, 同时镜检表明凤眼莲根系菌胶团发育很好, 而水体中以游离细菌为主,菌胶团较少. 因此,凤眼莲根系微生物能净化炼油废水,同时成为微型动物的食物之一,有利于微型动物繁殖. 由于微型动物对微生物的摄食,同时氧化塘出水溶解氧只有 0.9mg/L, 不利于好氧微生物生长, 所以氧化塘出口处微生物数量比进口处低.

3 结语

氧化塘中微型动物种类、数量和生物量高于对照塘. 在氧化塘中随着废水滞留期延长, 微型动物种类、数量和生物量呈增加趋势,凤眼莲根系原生动物和轮虫高于水体中的原生动物和轮虫. 理化监测结果表明氧化塘水质净化效果高于对照塘,因此,微型动物可以作为指示生物来监测水质优劣. 凤眼莲根系中微生物不仅可以净化水质, 而且成为微型动物的食物, 有利于微型生物生长繁殖.

致谢 唐述虞先生对本工作作了指导, 特表感谢.

参 考 文 献

1 吴振斌等. 水生生物学报. 1987,**11**(2): 139,(4): 299
2 郑师章等. 生态学杂志. 1987,6(4): 30
3 佐藤治雄等. 淡水生物科技情报. 1985,(4): 87
4 Baruah JN et al. 世界环境. 1985,(3): 9,(4): 15
5 沈韫芬. 废水生物处理微型动物图志. 北京: 建筑工业出版社,1976: 1
6 刘鸣亮. 湖泊富营养化调查规范. 北京: 中国环境科学出版社,1987: 1

(上接第 66 页)

16 Gros H, Schnoor G and Rutten P. *Water Supply* 1986, **4**: 11
17 Gros H and Treutler K. *Aqua*. 1986, **5**: 288
18 Dries D, Liessens T et al. *Water Supply*. 1988, **6**: 181
19 James J et al. *J Environ. Engin. Division*. 1977, **103**: 593
20 Claus G and Kutzner H J. *Appl. Microbiology and Biotech*. 1985, **22**: 289
21 Claus G and Kutzner H J. *Appl. Microbiology and Biotech*. 1985, **22**: 283
22 Batchelor B and Lawrence A W. *J. Water Pollution Control Federation*. 1978, **50**(8): 1986

ge can be reduced from over 300 ml/g to below 100ml/g.

Key words: filamentous, activated sludge, sludge bulking control.

Exchange of Greenhouse Gasses between Agroecosystem and Atomosphere. Wang Jingguo (College of Agricultural Resources and Environmental Science Beijing Agricultural University, Beijing 100094): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(2), 1993, pp. 49—53

Flux of greenhouse gasses in agricultural ecosystem contributes significantly to global greenhouse effect. Major greenhouse gasses, CH_4, CO_2 and N_2O, are directly or indirectly related to farming system and agricultural practice. Destruction of natural vegetation, increase in rice plantation and application of excess nitrogen fertilizer not only increase the emission of CH_4, CO_2 and N_2O from the system, but reduce the soil uptake of CH_4 as well. The processes in soil, involving production of greenhouse gasses, were also discussed.

Key words: greenhouse gasses, carbon dioxide, methane, nitrous oxide, soil plant, agroecosystem.

Progress of Atmospheric Environmental Impact Assessment in China. Ning Da tong, Zhong Liangxi et al. (Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(2), 1993, pp. 54—57

In the past two decades, as the focus of atmospheric environmental protection gradually shifted from controlling smoke and dust pollution resulted from point sources to the regional comprehensive prevention and treatment the atmospheric environmental impact assessment achieved remarkable progress in such aspects as scope of assessment, requirements and contents, research procedure, experimental methods, transportation and diffusion models for air pollutants, and their relation with control of total pollutant amount and regional atmospheric environmental planning. Based on the results of more than 2000 completed projects, a general review and summary of the features and main contents of the research work in each step of the development of atmospheric environmental impact assessment in China during the past 20 years were presented in this paper. 6 key problems needing intensive study were praposed and passible progress in the field in the near future was predicted.

Key words: air pollution, modelling, environmental impact assessment.

Evaluation of Active Indicator of Activated Sludge. Xu Xiaolu, Shun Xiuying (Zhejiang Normal University, Jinhua 321004): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(2), 1993, pp. 58—62

This paper evaluates the validity of parameters such as oxygen uptake rates (OUR), ATP content, dehydrogenase activity, nucleic acids and protein content, amino acids, oxidatice enzyme, hydrolytic enzyme, volatile suspnended solids as indicators of the activitity of activated sludge. Results show that dehydrogenase activity, OUR, ATP are the most suitable controlling parameters of activated sludge.

Key words: activated sludge, activity indicator, dehydrogenase activity, ATP, OUR.

Removal of Nitrate from Drinking Water. Liu Linghua (Water Quality Research Center of Water Conservancy, Beijing 100044): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(2), 1993, pp. 63—66

This paper discusses the methods for the removal of nitrate from drinking water, and their advantages and disadvantages. Analysis and comparison show that both ion exchange and dinitrification can be used in the productiom of drinking water in large scale. However, denitrification is even more promising and is currently under conprehensive study. The process turns nitrate into nitrogen, with no waste water produced. The cost of the method is low. But, heterotrophic denitrification needs further complicated treatment to remove extra amount of organic compounds and autotro-

phic denitirification causes high sulfate content in the treated water.

Key words: drinking water, nitrate, ion exchange, denitrification.

Influence of Wastewater from Oil Refinery on Specics and Biomass of Microzoon in Rootzone of Waterhyacinth. Yang Liuyan, Zhang Xuemei (Nanjing Combined Environmental Engineering Company, Nanjing 210029): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(2), 1993, pp 67—70

There are lots of biological species in rootzone of waterhyacinth, which can purify wastewater from oil refinery. Rootzone of waterhyacinth is an ecological subsystem. There are 20 microzoon species including 13 protozoa, 3 rotifer and 4 others. The main species are *Vorticella convallaria, Rotaria rotatoria* and *Lepadella patella* with precentages of 18.5%, 17.5% and 34.5%, respectively. The longer retention time of the wastewater is in the oxidation pond, the more species and the bigger population of microzoon in rootzone of waterhyacinth. The total biomass increases along with wastewater flow. The maximum value of the population is 1.91×10^7 ind /m^2. There is no microzoon except *Englena* which is an autotrophic organism in control pond. Increase of retention time of wastewater is beneficial to biomass of microzoon and has no effect on the content of aerobic and facultative aerobic microbes in oxidation pond.

Key words: oxidation pond, microzoon, waterhyacinth purification.

Simultaneous Determination of Plutonium and Uranium in Environmental Samples. Jiao Shufen et al. (Liaoning Institute of Labour Hygine, Shenyang 110005): *Chin. J. Environ. sci.*, **14**(2), 1993, pp. 71—74

Plutonium and uranium in a plant sample ash was simultaneously determined studied by using anion exchange resin columns, and concentrated hydrochloric acid and nitric acid. At the final stage of the determination of the nuclides, each of them was electrodeposited together with a little amount of molybdenum carrier onto a stainless steel plate and measured by α-ray spectrometer. The recoveries of uranium and plutonium from the plant samples determed by adding internal standard ^{236}Pu was 100% and 63%, respectively.

Key words: plutonium, uranium, anion exchange resin, α-ray spectrometer.

Determination of Organic Chlorine by Gas Chromatography with Ion Selective Electrode. Chen Xiaoming, Kong Zhenfang et al. (Xiangtan Municipal Environmental Monitoring Station, Xiangtan 411104): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(2), 1993, pp. 75—77

Using chlorine ion selective electrode as the detetor of gas chromatograph, r-BHC, CH_4Cl_8 and CCl_4 were determined withe detection limits of 2.6×10^{-10}, 1.8×10^{-10} and 1.0×10^{-10} mol, respectively. Relative standard error for r-BHC determination was 3.4% and linear range is 2.6×10^{-10}—9.8×10^{-7} mol.

Key words: gas chromatography, ion selective electrode, organic chlorine.

The Determination of Trace Arsenic in Wastewater with a Inductive Kinetic Spectrophotometric Method. He Ronghuan, Wang Jianhua. (Chemistry Department of Yantai Teacher's College 264000): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(2), 1993, pp. 78—81

A kinetic spectrophotometric method for the determination of trace arsenic was proposed based on the inductive effect of As(III) on the Cr(VI)-Fe(phen)$_3^{2+}$ redox reaction in acidic medium. The optimal conditions were established as: [Cr (VI)] =2.2 10^{-4}mol/L; [Fe(II)] =1.2 10^{-4}mol/L; [phen] /[Fe(II)] =5.6; pH 1.2; and wave leng·h 512nm. The calibration curve was linear for a As (III) concentration range of 0—3.0 μg/ml and the detection limit was 0.01μg/ml As(III). The method have been satisfactorily used in the determination of arsenic in industrial wastewater. The recovery was 95.8%, and relative standard deviation was 3.78%.