

方法是可行的,不失为农业自然环境质量定量评价的有效方法之一,当然其中仍有许多值得进一步探讨之处。

参 考 文 献

- [1] 张剑光,资源开发与保护,5(2),8(1989).
[2] 张剑光,邱扬,资源开发与保护,5(4),12(1989).

- [3] 陈国阶等,长江三峡工程对生态环境影响及其对策研究论文集,第1022—1030页,科学出版社,北京,1987年.
[4] 唐永鑫等,环境科学导论,第301—307页,高等教育出版社,北京,1987年.
[5] 龙应根等,地理科学,4(1),38(1984).

(收稿日期:1990年7月2日)

含银废水中浮游动物的调查研究*

陈 源 高

(中国科学院南京地理与湖泊研究所)

摘要 本文调查了无锡电影胶片厂含银废水中浮游甲壳类的季节变化情况。结果表明,种类和生物量大小与水体中银浓度有一定关系,银浓度高时,种类数和生物量小;银浓度低时,则相反。主要优势种有多刺裸腹溞、长肢秀体溞、台湾温剑水蚤、广布中剑水蚤。利用凤眼莲净化含银废水之后,水体中微型动物的种类、数量和生物量有明显变化。种类和生物量大小依次为:凤眼莲根系>凤眼莲下水柱>对照水体(未种凤眼莲)。

关键词 含银废水;浮游动物;凤眼莲。

据国外资料报道,5.1ppb 的银对水蚤有致死作用,10ppb 的银对细菌有致死作用,150ppb 的银对蠕虫有致死作用^[1]。然而在自然条件下含银废水中银对水生生物(尤其是浮游动物)的种类组成以及生物量等究竟有何影响?在这方面却研究得很少。笔者于1988—1989年对无锡电影胶片厂几种含银水体中浮游动物进行了季度调查和采样分析。目的是探索浮游动物在含银废水中的生态学特征及其在净化中的作用,并为银的环境质量标准(如渔业用水标准)的制定提供科学依据。

一、材料与方法

(一) 含银废水中枝角类和桡足类季度调查

1988年7月、10月和1989年2月、4月分别对无锡电影胶片厂几种含不同银浓度的水体进行了季度调查和采样。采样点的布设如下: I号(氧化沟);II号(氧化塘);III号(废水入湖口)。各采样点位置见图1,相应的理化特征见表1。

定量水样是5L水经25号浮游生物网过滤,定性水样是用13号浮游生物网捞取。水样用4%的福尔马林溶液固定后进行枝角类、桡足类镜检。生物量计算根据平均体长,按长、重关系式计算出动物

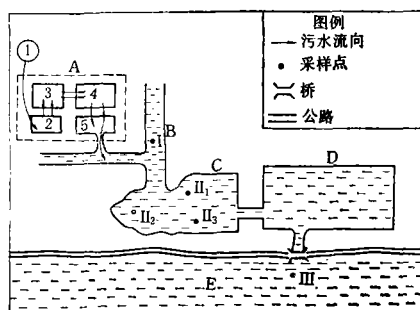


图1 浮游动物采样点布设图

- A.含银废水生化处理系统 B.氧化沟 C.氧化塘
D.蓄水池 E.太湖
1.未处理的含银废水 2.一级沉淀池 3.调节池
4.曝气池 5.二级沉淀池

的平均重量^[2,3]。

(二) 含银废水中人工放养凤眼莲后其根系上及水柱中微型动物调查

于1989年8月27日,在调节池中采得人工放

* 本文承戴全裕先生的指导,种类鉴定时得到张立先生的帮助,工作中还得到尹宇、皮宇等同志的支持,谨此致谢。本文系国家自然科学基金项目成果之一。

表 1 各采样点水质主要理化特征

项目 样点	Ag (ppm)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	TP (mg/L)	SS (mg/L)	pH	平均水深 (m)
调节池	0.039—0.360	1.48—5.65	0.072—0.268	13.92—32.42	6.4—7.5	2.5
氧化沟	0.011—0.110	0.33—3.78	0.013—0.124	3.40—10.71	7.1—7.8	0.8
氧化塘	0.001—0.034	0.16—1.51	0.009—0.122	3.75—9.90	7.2—7.8	1.0
入湖口	<0.003	0.07—1.01	0.013—0.065	15.95—53.67	7.2—8.0	2.5

表 2 各样点不同季节出现的枝角类、桡足类种类

季 节 样 点 种 类	春			夏			秋			冬		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtbergianum</i>	+	+		+	○							
短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>					+	+						
多刺秀体溞 <i>Diaphanosoma sarsi</i>									+			
长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>		+	+						+			+
颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i>		+										
微型裸腹溞 <i>Moina micrura</i>					+	+	○	○	+			
多刺裸腹溞 <i>Moina macrocopa</i>	+	○		+	+		+	+				
老年低额溞 <i>Simocephalus vetulus</i>									+			
透明溞 <i>Daphnia hyalina</i>			○									○
汤匙华哲水蚤 <i>Sinocalanus dorrii</i>			+			+	○		○			+
球状许水蚤 <i>Schmackeria forbesi</i>									+			
指状许水蚤 <i>Schmackeria inopinus</i>			+									
锯缘真剑水蚤 <i>Fucyclops serrulatus</i>	○	○										
白色大剑水蚤 <i>Macrocyclops albidus</i>						+						
广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckri</i>		+	○			+	+	○				
台湾温剑水蚤 <i>Thermocyclops taihokuensis</i>		○		○	○	○						
透明温剑水蚤 <i>Thermocyclops hyalinus</i>		+			+			+				
合 计	3	8	5	3	6	6	4	4	6	○	○	3

注：+为出现种，○为优势种。

养凤眼莲根系，凤眼莲植从下水柱水样及对照组（未放凤眼莲的一级沉淀池）水柱水样，立即在显微镜下鉴定根系上及水柱水样中的微型动物（采样点位置

见图1）。并称取根系200g（鲜重）用4%的福尔马林溶液固定，次日用去离子水洗涤根系，直到镜检无微型动物为止，洗脱液沉淀浓缩至1000ml，摇匀后，

0.1ml 计数,重复 5 次,取其平均值。

1. 计算微型动物数量条件

凤眼莲现存量为 10 kg/m^2 (鲜重),其根重占 48.5% (实测值),调节池和一级沉淀池水柱平均深度为 2.5m。

2. 计算生物量条件

原生动物平均湿重为 0.00005 mg/ind. , 轮虫平均湿重为 0.0004 mg/ind. [1]。

3. 优势种多刺裸腹蚤对废水中银的富集、释放试验

在圆柱形玻璃缸 ($D = 30 \text{ cm}$, $H = 30 \text{ cm}$) 中盛放去离子水 10L, 充分曝气。从调节池中捞取多刺裸腹蚤用去离子水洗两次后 (取部分样品测定银含量), 在天平上称取湿重 3g 的蚤投入每组试验缸中, 同时做四个平行试验, 取其平均值。试验开始后分别于 6, 12, 24, 36h 取水样, 分析试验液中银含量。

二、结果与分析

(一) 不同银浓度的水体中枝角类、桡足类种类组成和生物量

1. 种类组成

经初步鉴定枝角类、桡足类共 17 种, 各样点出现种类及生物量见表 2 和图 2。

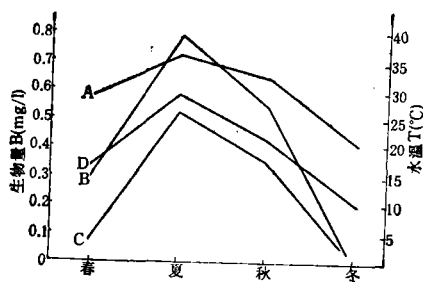


图2 各采样点枝角类、桡足类生物量的季节变化

A. 入湖口 B. 氧化塘 C. 氧化沟 D. 水温

由于各样点水体的理化条件不同, 尤其是含银浓度不同, 种类数有差别。调查结果, 调节池废水中只见到多刺裸腹蚤, 广布中剑水蚤, 台湾温剑水蚤 3 种; 氧化沟中见到 7 种; 氧化塘中见到 10 种; 入湖口处见到 11 种 (见表 2), 而各样点水体银浓度依次为: 调节池 ($39-360 \text{ ppb}$) > 氧化沟 ($11-110 \text{ ppb}$) > 氧化塘 ($1-34 \text{ ppb}$) > 入湖口 ($< 3 \text{ ppb}$)。可见水体中

枝角类和桡足类的种类随着银浓度的增加而减少。

在各样点中, 存在时间较长的种类也不尽相同。如调节池中存在时间较长的种类为多刺裸腹蚤; 氧化沟中为多刺裸腹蚤, 长肢秀体蚤; 氧化塘中为多刺裸腹蚤, 长肢秀体蚤, 台湾温剑水蚤, 透明温剑水蚤; 入湖口处为长额象鼻蚤, 汤匙华哲水蚤, 广布中剑水蚤。值得一提的是在上述三样点废水中, 存在时间较长的种类都有多刺裸腹蚤, 而且, 当调节池水中含银量高达 $100-300 \text{ ppb}$ 时, 它仍然能大量繁殖, 并形成优势种群。因此, 可以认为此蚤可能是对较高银浓度的长期适应而幸存下来的主要种类, 说明其对银的抗性能力较强。

2. 生物量

(1) 浮游甲壳类的消长与温度呈正相关。夏季生物量较高, 氧化沟为 0.509 mg/L , 桡足类占优势; 氧化塘为 0.781 mg/L , 枝角类和桡足类各占 50%; 入湖口为 0.72 mg/L , 桡足类占优势。冬季生物量最低, 氧化沟、氧化塘均为零, 入湖口为 0.422 mg/L , 枝角类占优势。

(2) 生物量大小与水体含银浓度有关。各样点年平均含银浓度为: 氧化沟 51 ppb , 氧化塘 10 ppb , 入湖口 3 ppb 左右, 而生物量大小基本上是氧化沟 < 氧化塘 < 入湖口, 即银浓度愈高, 生物量愈小。在氧化塘和氧化沟中, 冬季生物量为零, 这除了由于冬季温度较低的缘故外, 也不能否认银的影响, 因为在冬季一方面由于该厂生化曝气处理系统的处理效果因温度降低而受到影响, 以至排出水中银浓度偏高, 另一方面由于降雨量在冬季较少, 氧化沟、氧化塘等处水位较低, 水体含银量也会因底层悬浮物 (其干物质含银量较高, 可达 2000 ppm 以上) 扩散的影响而有所增高。

(3) 根据鲍建平 (1981) 的调查 [4], 太湖的三山湖区 (靠近无锡电影胶片厂) 年平均生物量枝角类为 2.35 mg/L , 桡足类为 1.44 mg/L 。本调查, 枝角类, 桡足类的生物量均比三山湖区年平均生物量低, 这也说明该厂含银废水中银对废水中浮游甲壳类有致害作用。

(二) 调节池水中及其凤眼莲根系上的微型动物

1. 种类组成

镜检结果有微型动物 28 个属种, 其中凤眼莲根系上微型动物 21 属种, 还有较多的大型附着软体动物, 如萝卜螺 (*Radix*), 扁旋螺 (*Gyraulus compressus*)

表3 调节池中及凤眼莲根系
上微型动物主要种类

样 品	1	2	3
种 类			
多核草履虫 <i>Paramecium multimicronucleatum</i>	○		
大变形虫 <i>Amoeba proteus</i>	+		
普通表壳虫 <i>Arcelle vulgaris</i>	+		
匣壳虫 <i>Ceratomyxys</i> sp.	+		
放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i>	+	+	
简单裸口虫 <i>Holophrya simplex</i>		+	+
绿柄纤虫 <i>Stribidium virida</i>	+	○	○
多变斜口虫 <i>Enchelys variabilis</i>		+	
片状漫游虫 <i>Litonotus fasciola</i>	+		
斜管虫 <i>Chilodonella</i> sp.	+		
豆形虫 <i>Colpidium</i> sp.	+		
钟形虫 <i>Vorticella</i> sp.	+		
中华似铃壳虫 <i>Tintinnopsis sinensis</i>	+	+	
喇叭虫 <i>Stentor</i> sp.	+		
大弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i>	+	+	+
尖毛虫 <i>Oxytricha</i> sp.	+		
游仆虫 <i>Euploes</i> sp.	+		
旋轮虫 <i>Philodina</i> sp.	○	+	
狭甲轮虫 <i>Colurella</i> sp.	○		
壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i>			+
龟纹轮虫 <i>Anuraopsis</i> sp.		○	
前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>		+	
多枝轮虫 <i>Polyathra</i> sp.		○	+
长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i>			+
巨腕轮虫 <i>Pedalia</i> sp.	+		+
瓢体虫 <i>Aeolosoma</i> sp.	+		
广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>	+		
摇蚊幼虫 <i>Tendipedidae</i>	+		
合 计	21	11	7

注：1 凤眼莲根系上，2 凤眼莲下水柱中，3 对照水中
+ 出现种，○ 优势种。

二种，优势种为旋轮虫，狭甲轮虫，多核草履虫；其植丛下水柱中(含银量为 35ppb)有 11 个属种，优势种为绿柄纤虫，龟纹轮虫，多枝轮虫；未种凤眼莲的对照组水柱中(含银量 84ppb)有 7 个属种，优势种为绿柄纤虫，凤眼莲根系上与对照组水柱中相比较，共增加 14 个属种(见表 3)。

2. 生物量

定量水样计数，每 m^2 水柱中总个体数最多的是凤眼莲根系上，为 $17.939 \times 10^7 \text{ ind./m}^2$ ；其次是对

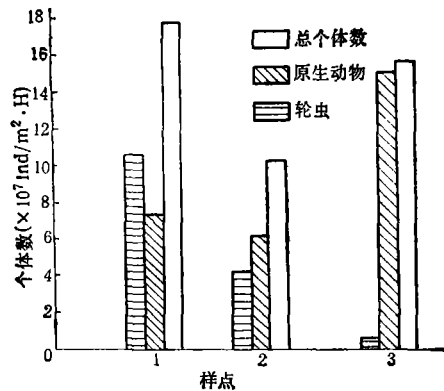


图3 各样点生物数量比较

1. 凤眼莲根系上 2. 凤眼莲下水柱中 3. 对照

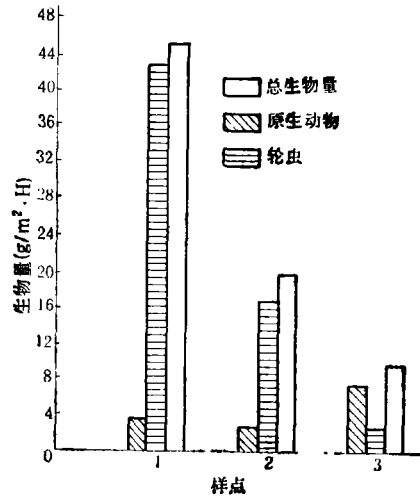


图4 各样点生物量比较

1. 凤眼莲根系上 2. 凤眼莲下水柱中 3. 对照

照组水柱 $15.664 \times 10^7 \text{ ind./m}^2 \cdot \text{水柱(H)}$ ；的是凤眼莲植丛下水柱中 $10.35 \times 10^7 \text{ ind./m}^2 \cdot \text{H}$ 。生物量是：凤眼莲根系上 (46.366 g/m^2) > 凤眼莲下水柱中 ($19.875 \text{ g/m}^2 \cdot \text{H}$) > 对照组水柱中 ($9.771 \text{ g/m}^2 \cdot \text{H}$) (见图 3、4)

3. 结果分析

含银废水中人工放养凤眼莲后，水中微型动物的分布状况，种类、数量及生物量都发生了明显变化。其原因在于：①凤眼莲根系非常发达，是微生物、藻类、微型动物及大型动物良好的固着基；②凤眼莲根系对废水中银及其它营养物质有吸收和吸附

作用,因而使含银废水中银含量明显下降,从而改善了浮游生物的生存环境,因此凤眼莲根系上及其下层水柱中微型动物种类和生物量都比对照组水柱中增多;⑨凤眼莲根系表面积很大,可吸附大量有机碎屑,有机碎屑被微生物及微型动物分解,为凤眼莲及其根系固着藻类生长提供了很好的营养条件(据测定,凤眼莲根系所吸附的悬浮物质中有机质占其总重量的 61.48%),然而固着藻类光合作用又为根系固着动物的生存提供了必要的溶解氧和食料。可见,凤眼莲根系及其固着生物,周围的理化环境等已构成了一个亚生态系统,不断地进行着物质循环和能量流动。

(三) 多刺裸腹蚤对废水中银的富集和释放

据观察和采样分析,多刺裸腹蚤不仅为较高浓度含银废水中的优势种(在调节池中如同“赤潮”一样),而且对废水中银的富集量也很高,经测定,其体内的含银量高达 101.5ppm (DM)。

另外,将上述蚤打捞后在去离子水中做释放试验,其结果表明,在前 12h 试验液中银浓度增加很快,以后速度变慢。对试验液中银浓度与相应的时间作最小二次线性回归,发现两者呈幂函数关系,其相关系数 $r = 0.96$ (图 5)。这种现象,笔者初步认为,多刺裸腹蚤在含银废水中由于吞食了水体中许多含银的有机物、细菌和藻类等,一部分银由蚤体吸收,但大部分未被吸收的银通过粪便排出,致使试验液中银的浓度很快增加,而随着粪便排空,蚤体释放银的速度也相应减慢。

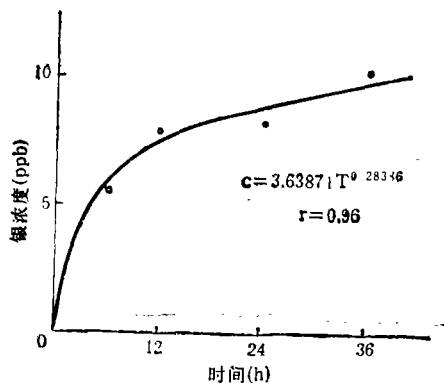


图 5 含银蚤体释放的银与释放时间回归曲线

三、结 语

1. 该厂含银废水中枝角类优势种有多刺裸腹

蚤、长肢秀体蚤、微型裸腹蚤;桡足类优势种有台湾温剑水蚤、广布中剑水蚤、锯缘真剑水蚤、汤匙华哲水蚤。

2. 含银废水中人工放养的凤眼莲根系上微型动物种类、数量及生物量明显增多。固着在根系上的微型动物与凤眼莲根系共同构成了一个亚生态系统,此亚生态系统对含银废水中银及营养盐的迁移、转化有一定的直接或间接作用。

3. 由于废水银浓度不同,浮游甲壳类的种类和生物量也不同,银浓度高时,种类和生物量少;银浓度低时,则反之。但本调查的各样点含银废水的生物量均小于鲍建平(1981)调查的三山湖区年平均生物量,这说明该厂含银废水对水体中浮游动物已产生了致害影响。

4. 根据 1987 年对该厂废水中其它化学成分的测定结果,Na 为 57.8ppm, K 7.1ppm, Hg 0.111 ppm, Cu 0.0025ppm, Pb 0.0018ppm, Zn 0.0622 ppm, Cr (总) 0.0110 ppm, Mn 0.1505ppm, Cd 0.0121ppm, Ge 0.073 ppm, Ni 0.022 ppm, Ba 0.0551 ppm, Sn 0.0296ppm, Co 0.0081ppm, Li 0.0069 ppm, Sr 0.2056ppm, Zr 0.0047 ppm, Be 0.0007 ppm, Ti 0.004ppm, Bi 0.0107ppm, Mo 0.0019ppm, Sb 0.0158ppm, V 0.0017ppm, As < 0.001ppm*. 这些元素含量低于对水生生物的致害浓度,说明银是电影胶片厂废水中的主要污染物,而且对水生生物的毒性也大^[1]。

参 考 文 献

- [1] Я, М, 格鲁什科, 黄炯秋等译, 工业废水中有害无机化合物, 第 145 页, 化学工业出版社, 北京, 1979.
- [2] 陈雪梅, 水生生物学集刊, 7(3), 397(1981).
- [3] 黄祥飞等, 浮游甲壳类论文集, 第 147—156 页, 科学出版社, 北京, 1986.
- [4] 鲍建平等, 淡水渔业, (6), 33(1983).
- [5] Jorgensen S. F. (ed.), *Handbook of environmental data and ecological parameters*, International soc. for ecological modelling, Copenhagen, 1979.

(收稿日期: 1990 年 4 月 13 日)

* 倪焯君, 凤眼莲对银的吸收和浓缩及其净化含银废水能力的研究(研究生毕业论文), 1987 年。

ru, Liu Chang-wu, Cai Luo-bao, Li Zhi-xiang: *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(2), 1991, pp. 68—73.

Photochemical transformation of pesticides is an important non-biological process, in which the pesticide efficacy, catabolite, toxicity and environmental impact are significantly affected. In recent years, this subject has become an active research project. This article reviews the basic concepts of environmental photochemistry of pesticides, main photoreaction and the implication of light-induced transformation.

Key Words: pesticide, photolysis, photoreaction.

Greenhouse Effects on Climate and Agriculture. Gao Su-hua, Pan Ya-ru (Academy of Meteorological Science, State Meteorological Administration, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(2), 1991, pp. 73—76.

This article introduces some knowledge of global greenhouse effect caused by increasing emissions of the gases CO, CFCs etc. Depletion of ozone in the stratosphere and increase of ultraviolet radiation will bring about the impact on climate and agriculture, meanwhile increasing ozone in low atmospheric layer would cause yield decreasing.

Key Words: greenhouse effect, climate, agriculture.

Comprehensiv Evaluation of Agro-Natural Environmental Quality: A Case Study in Chongqing City. Zhang Jian-guang (Department of Geography, Southwest China Normal University, Chongqing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(2), 1991, pp. 77—81.

A comprehensive and quantitative method for evaluating agro-natural environmental quality has been presented in this article, in which an attempt has been made in discussing the evaluation principles, models, quantification of parameters, allocation of weights etc. As the method applied to a case study in Chongqing, the result showed its high feasibility.

Key Words: agricultural environmental quality, natural environment, evaluation, quantification.

A Study on Zooplankton in the Wastewater Containing Silver. Chen Yuan-gao (Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(2), 1991, pp. 81 - 85

Zooplanktonic crustacea in some water bodies containing silver in Wuxi Cinefilm Factory was investigated. According to the seasonal sample analysis, there are 3 species in the balance pool, 7 species in the oxidizing ditch, 10 species in the oxidizing pond, 11 species in the inlet to

the Taihu Lake. The changes of silver concentrations in the waters have caused the differences of species composition, dominant species and biomass. Correlation between species amount, biomass and silver concentration appears negative. *Moina macrocopa*, *Diaphanosoma leuchtenbeganum*, *Thermocyclops taihokuensis*, *Mesocyclops leuckeri* are considered to be the dominant species. According to the analysis of samples collected up *Moina macrocopa* in the wastewater, its silver content is 101.5 ppm(DM). When the wastewater was purified with water hyacinth, zooplankton species, amounts and biomass would have an apparent change. Their order is as follows: on water hyacinth root > in wastewater below the hyacinth > in wastewater without the hyacinth.

Key Words: wastewater containing silver, zooplankton, water hyacinth.

Application of the Grey Classification in Water Quality Evaluation. Mu Jin-bo, Hou Ke-fu (Department of Environmental Science and Engineering, East China Institute of Technology): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(2), 1991, pp.86—90

A new method for evaluating water quality, the grey classification, is put forward in this paper. A case study has also been presented to demonstrate how the method to be applied. In comparison with fuzzy mathematics, the grey classification not only retains the advantages of fuzzy mathematics method, but also supplements its imperfections.

Key Words: grey classification, water quality evaluation, fuzzy mathematics.

Environmental Impact of A Reservoir Construction Project on the Bainbluc Swan Reserve in Xinjing Uygur Autonomous Region: A Predictive Study. Yuan Guo-ying, Zhang Li (Xinjiang Environmental Protection Institute Urumqi): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(2), 1991, pp. 90—93.

The Bainbluc Swan Reserve lies in the middle part of the Tianshan Mountains (The Heavenly Mountains), between 42°28'—43°25'N and 83°02'—86°00' E. According to the local government's construction plan, a reservoir, namely "Hudashely" of $10.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ in extent would be constructed in the center of the Reserve. Meanwhile an environmental impact assessment work was done in 1988 prior to the project starting. The result of prediction showed that if the reservoir had been built, the ecological environment of the Reserve would have been destroyed though economic benefit of the reservoir was high. Finally the local government accepted the environmental assessment statement, and the Reserve was preserved.

Key Words: environmental impact assessment, reservoir construction.