

第二松花江受到工业废水污染后江水中 理化环境和水生生物变化的研究

盧奮英 賀錫勤 張甬元 丘昌強
惠嘉玉 沈国华 徐家鑄* 謝翠嫻

(中国科学院水生生物研究所)

吉林省吉林市各种工业废水自 1954 年向第二松花江排放后,江水污染程度逐年加深,遂使漁产量逐年下降。鉴于第二松花江是我国东北地区重要产魚河流,故于 1960 年 3—7 月对吉林市至扶余間 308 公里的污染江段进行水化学、水生生物調查,并在室内进行相应的生物試驗。现将調查和实验所得的部分資料加以整理,从而提出有关工业废水排放和保护水产資源的意見,以供有关企业单位和管理部門的参考。

在工作进行中,承蒙吉林省、市人民委员会、科学技术委员会、卫生防疫站、城市建设委员会、水产局等有关部門的关切,并得到吉林师范大学生物系、吉林医科大学环境卫生系潘云舟同志、中央水产部长江水产研究所刘世英同志等协助,此外,参加这一工作的,尚有中国科学院中南分院微生物研究所馬桂輝、刘鑫洲和我们研究所翟子玉、徐伯亥、孙兴湘、刘衍霞、席承容、黃建昭、姚繼忠等同志,在此一并致以謝意。

一、第二松花江的水文特点和漁业状况

第二松花江长 900 公里,发源于吉林省长白山的主峯白头山天池,自东南向西北流,貫穿省境的中部和西北部,在扶余县三岔口与嫩江汇合后,折向东流,形成第一松花江(称松花江),是吉林省內最大的国民經济上較有价值的一条大河。1938—1939 年,日本帝国主义侵占期間,在吉林市上游 24 公里的丰满修建了水力发电站和丰满水庫,通称松花湖。自丰满水庫拦河坝至下游的三岔口,全长 385 公里。距拦河坝左岸下游 18、71、195、260 公里和右岸下游 50 公里,分別有温得河、鰲龙河、沐石河、飲馬河和牯牛河汇入松花江。从拦河坝至九站約 50 公里的江段內河道弯曲,河床較陡,水流湍急,成“ε”形貫穿吉林市区。九站以下至三岔口間,沿岸地形平坦开闊,河床寬展,流速大減,江中出現許多浅滩,河床底质逐渐由卵石变为粒沙、細沙以至泥沙,河道水深介于 2.0—6.5 米。

第二松花江主要是由降水(雨季)和地下水(冰封季节)补給,其次为雪水。一年中以 7 月下旬至 9 月上旬为汛期,流量最大,水位最高;9 月下旬开始下降以 1—5 月为枯水季节。自 1943 年丰满水庫蓄水发电后,对江水进行了多年調节,根据吉林市水文站的資料証明庫区和下游江段的水文状况与过去有显著的变化;逕流量在洪水期既不急剧上涨,枯水期又不急剧低落。

1963 年 1 月 29 日收到。

* 1961 年調南京师范学院生物系任教。

第二松花江冬季气候寒冷,河水一般自11月下旬至12月初开始冰封,翌年3月末开始解冻。但丰满拦河坝下游50—70公里的江段内,因受丰满水库库底有较高水温(3—4°C)的水流流出的影响,冬季均不出現冰封现象。

根据我們在丰满拦河坝下采集江水化学测定结果,第二松花江江水是属 $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$ 型。

包括第二松花江和嫩江在内的松花江流域是我国东北地区主要产鱼区之一,尤以第二松花江为重要。

自吉林市至扶余县的江段中,沿江两岸,渔民甚多。据永吉县乌拉街公社反映:1954

表1 第二松花江下游主要鱼类产卵场

名称	所在县分	产卵场范围(公里)	与吉林市哈达湾污染源距离(公里)
鳌龙河口	永吉县	5	下游左岸 36.4
龙王庙	德惠县	15	下游左岸 93.8
十八盘	榆树县	5	下游右岸 138.8
饮马河口	德惠县	5	下游左岸 223.0

年前,在原管辖的江段内,旺季每昼夜可捕鱼万斤;在下八家子至九站约5公里的江段内,年产鱼20万斤。锦州附近渔民反映:1954年开冻后,一网能捕400—500斤。据永吉等12个县1944年的统计,年鱼产量达5,076吨,常能捕获重达10斤的鲤鱼和40—60斤的青鱼和草鱼。

据松花江流域规划委员会1958年调查所得,第二松花江下游共有主要鱼类产卵场4处(表1)。

据易伯鲁等(1959)^[1]调查时,第二松花江(包括松花湖在内)共有鱼类38种。依我们的调查,其中以鲤鱼(*Cyprinus carpio*)、鲫鱼(*Carassius auratus*)、密鲮(*Xenocypris macrolepis*)、白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鳊鱼(*Siniperca chuatsi*)、黄颡鱼(*Pseudobagrus fulvidraco*)、鲢鱼(*Parasilurus asotus*)、蒙古红鲌(*Erythroculter mongolicus*)等最多。

此外,第二松花江围绕吉林市区,是吉林市及其下游居民生活用水,特别是工业用水的主要水源,对发展国民经济占有重要地位。

二、调查方法

(一) 断面设置

从丰满水库拦河坝起至下游扶余县止约计343公里的江段上,主要根据吉林市工业废水和生活污水的排放情况(水量、水质和排泄位置等),我们在第一次调查时设置了6个断面和3个混合采样点;第二次调查时,设置了8个断面和1个混合采样点;第三次调查时的断面和采样点与第二次相同。除第三断面(位于哈达湾)上设置了5个采样点外,其余断面均位于河道左、右两侧污流中部的适当位置或距岸适当地点(根据水色和混浊度等特征来决定)和中泓(即河道主流所在部分)上各设一采样点(各为左、中和右。其中左、右断面及采样点的分布情形,见表2)。

鉴于第二次调查时,各断面和采样点的设置较第一次调查时为详细,又第三次调查的

表2 調查江段中断面及采样点的分布

調查 次数	采样断面名称和所在地方	采样点序号(No.)			与丰满水庫拦河坝的距离(公里)
		左	中	右	
第 一 次	丰满采样点(位于拦河坝下游) [△]		1		1.0
	第一断面(吉林市造纸厂渡船口) [△]	2	3	4	27.5
	第二断面(龙云村) [△]	5	6	7	31.5
	第三断面(哈达湾) [△]	8	9	10	35.0
	第四断面(下八家子) [△]	13	14	15	42.1
	第五断面(上通气)	16	17	18	53.0
	第六断面(錦州)	19	20	21	77.0
	紅旗采样点(紅旗屯)		22		111.0
	松花江村采样点(松花江桥) [△]		23		203.5
第 二 、 三 次	丰满采样点(同第一次)		1		1.0
	第一断面(同第一次) [△]	2	3	4	27.5
	第二断面(同第一次) [△]	5	6	7	31.5
	第三断面(同第一次) [△]	8	9	10	35.0
	第四断面(同第一次) [△]	13	14	15	42.1
	第五断面(同第一次)	16	17	18	53.0 (底栖动物于該断面下游1—2公里 处的腰通气設置断面)
	第六断面(紅旗屯) [△]	19	20	21	111.0
	第七断面(松花江桥) [△]	22	23	24	203.5
	第八断面(扶余县) [△]	25	26	27	343.0

注：有△为浮游生物、水化学和底栖动物采样的断面或采样点。

各断面和采样点与第二次完全相同，故本文仅就第二次調查所得的結果加以叙述。

丰满采集点：在丰满水庫拦河坝下游 1.0 公里处，为丰满水庫庫底流出的水，未受任何污染。

(二) 水样和标本的采集与处理

1. 浮游生物及化学分析用水样的采集与处理：

1960 年 3 月 25 日和 4 月 12 日，我們分別在調查江段中所設置的采样点和断面上，同时間內进行了采集水样工作。后来，为了获得更充分的水化学資料，又于 6 月 11 日进行了水化学方面的第三次采集。除水深小于 1 米的采样点上只采集中层的水作为代表水样外，其余凡水深大于 1 米的采样点，均按水文学上垂綫流速，含沙量分布及暢流期采用的 3 点（水深的 20%、60% 和 80% 深度的水层）混合法（1:1:1）采集代表水样。但硫化物和溶解氧測定用的水样，仍采自中层。

采样时，采用改良的北原式采水器与用 2,500 毫升試剂瓶紧縛于竹竿上的采水器两种，并以前者为主。

水样采得后，立即于現場进行如下处理：(i) 測定温度；(ii) 用醋酸鋅溶液和按 Winkler 氏法分別进行硫化物和溶解氧分析用水样的固定；(iii) 取 1,000 毫升混合水样，加入 15 毫升 Lugol 氏液固定以供浮游生物定量用；(iv) 将 5 公升水样通过 25 号浮游生物网过滤浓缩为 30 毫升，加入福尔馬林固定，以供浮游动物中甲壳类（枝角类、橈足类）定量用。

此外，在現場用 25 号浮游生物网采集浮游生物定性标本，分別用 Lugol 氏液和 Bouin

氏液固定,与此同时,用15号浮游生物网采集甲壳类定标本,并用福尔馬林固定。

所得水样,除第六和第八断面采样后2—3天内送至实验室外,其余皆于当日送到。

水样送至实验室后,分别进行如下工作:

(1) 化学分析用水样进行下列项目分析: pH——电位法;电导率;悬浮物——105℃烘干法;溶解氧——沿用 Winkler 法;五日生化需氧量(BOD_5)——20℃培养5天的稀释法;化学耗氧量(COD)——重铬酸钾法;酸度和碱度;总硬度和钙——用 EDTA 络合滴定法;硫化物——碘量法;氰化物——吡啶-联苯胺比色法;酚——Gibbs (氯亚胺二溴醌)法;苯胺-酚钠-氯胺 T 比色法;硝基苯——酸性介质中还原后按苯胺测定;木质素——酪氨酸比色法^[2]。化学分析项目,除个别需时较久的外,大部分在2—8小时内测定完毕。含量均用毫克/升表示。

(2) 浮游生物定量工作:(i) 将浮游植物和浮游动物(轮虫、原生动物)定量水样倾入1,000毫升浮游生物浓缩器内沉淀24小时以上,浓缩成30毫升定量标本。计数时,从中吸取0.1毫升于计数框内,在显微镜下统计300个视野中的个数,最后换算为每升水中的生物个数;(ii) 甲壳类定量标本于5毫升计数框内进行总量计数,最后换算为每升水中的生物个数。

2. 底栖动物标本的采集与处理:

定量标本于3月24—26日和4月10—20日在所设断面的采样点上,用面积为1/16平方公尺的改良式彼得生采样器连续挖取两次所得底样混合为代表样品。标本经筛洗和糖液分离后,将寡毛类放入10%福尔馬林液内固定与保存;昆虫与软体动物放入80%酒精内固定与保存。然后用滤纸将标本分别吸干,用分析天平称重,最后换算成为每平方米底面内的生物量。

定性标本是用昆虫水网于沿江不同区域内采得,并按上述定量标本的处理方法进行样品的固定与保存。

此外,还专门组织3—6人,在沿江各(市)县水产部门,渔业生产队中通过调查访问以了解历来渔业产量情况,并进行鱼类标本的收集工作。

三、污染调查结果

丰满坝下采样点水质的透明度高;pH值为6.5—6.9;溶解氧达12.0毫克 O_2 /升; BOD_5 为0.9—1.9毫克 O_2 /升; NO_3^- -N介于0.07—1.32毫克N/升;总硬度为3.8—31.9毫克CaO/升;浮游植物和浮游动物的数量分别为215,000和902个/升;底栖动物量为0.0048—0.0822克/平方米(以上数据均为3月份调查所得);其中水化学状况浮游生物数量与松花湖水水质状况相似¹⁾。

第一断面左岸(见表3中No. 2)江水中的 BOD_5 、碱度、电导率等均较右岸(No. 4)江水为高,而后者酚的含量和pH值略高于前者;浮游植物数量自左至右岸依次分别为528,900、309,000、619,000个/升(3月)和675,100、382,700、619,000个/升(4月),较丰

1) 1960.6.17在距拦河坝400公尺的湖水进行测定结果:中至底层湖水pH为6.9—7.1;溶解氧为7.6—8.8毫克 O_2 /升; NO_3^- -N为0.36—0.54毫克/升;总硬度为12.1—22.9毫克CaO/升;浮游植物为183,800个/升;自表层至底层湖水中浮游动物平均数量为1286个/升。

表3 第二松花江水質分析数据 (1960.4.12)

断面	采样点 No.	pH 值	电导率 微姆/厘米	溶解氧 毫克/升	酸度 毫克当 量/升	碱度 毫克当 量/升	BOD ₅ 毫克/升	酚 毫克/升	苯胺 毫克/升	硝基苯 毫克/升	木质素 毫克/升
丰满坝下	1	6.50	94.30	12.0	0.14	1.28	0.9	0	0	0	0
一	2	6.20	94.78	11.1	0.08	1.50	3.3	0.023	0	0	0
	3	6.30	87.56	11.2	0.14	0.97	2.5	0.039	0	0	0
	4	6.40	86.58	12.3	0.09	1.25	1.2	0.026	0	0	0
	5	6.70	90.49	12.1	0.07	1.22	1.8	0.032	0	0	0
二	6	6.70	89.68	12.0	0.07	1.22	1.8	0.021	0	0	0
	7	6.69	91.74	12.5	0.09	1.55	3.1	0.144	0	0	0
	8	9.10	250.62	4.5	0.15	3.88	80.3	0.448	0	0	36.60
三	9	6.60	84.03	12.1	0.10	1.30	1.2	0.025	0	0	0
	10	6.65	84.03	12.7	0.14	1.28	1.5	0.026	0.078	0.652	0
	11	6.45	129.53	11.1	0.14	1.32	6.2	0.011	0.266	0.065	0
	12	6.51	600.00	4.3	0.17	1.50	21.8	因干扰未 检出	1.499	2.568	0
四	13	7.18	130.00	9.2	0.14	1.85	19.6	0.061	0	0	11.30
	14	6.40	93.45	12.6	0.09	1.25	1.6	0.025	0	0.215	0
	15	6.90	214.13	9.6	0.14	2.97	10.0	0.036	3.200	0	0
五	16	6.61	116.00	7.3	0.14	1.50	9.4	0.024	0	0.442	3.66
	17	6.60	99.00	11.2	0.07	1.28	2.4	0.032	0	0	0
	18	6.70	119.04	11.5	0.06	1.26	4.1	0.024	0.186	0	0
六	19	6.59	116.14	11.2	0.17	1.52	5.1	0.037	0	0.319	痕量
	20	6.76	124.22	10.7	0.14	1.68	3.8	0.038	0.085	0	痕量
	21	6.80	115.60	10.6	0.11	1.38	4.1	0.032	0	0.138	痕量
七	22	6.40	117.09	11.2	0.14	1.48	2.2	0.028	0.074	0	0
	23	6.50	120.48	10.7	0.07	1.48	1.7	0.015	0	0	0
	24	6.82	117.37	10.7	0.07	1.42	2.0	0	0	0	0
八	25	6.65	119.04	11.2	0.06	1.48	1.2	0.016	0	0	0
	26	6.95	114.28	11.8	0.07	1.45	1.2	0.016	0	0	0
	27	6.75	116.67	11.6	0.06	1.52	1.9	0.027	0	0	0

满采样点的数量有所增长；浮游动物数量依次分别为 2,463、759、693 个/升(3月)和 5,102、2,409、2,468 个/升(4月)，较丰满采样点亦有了增加；底栖动物量和密度平均分别为 21.5730 克/平方米和 5,408 个/平方米，其中左岸采样点最高(51.7698 克/平方米)，右岸采样点最低(4.7856 克/平方米)(3月)，4月份调查情况亦相似，惟数量较3月份所得略低些。

第二断面左岸(No. 5)水面漂浮着白色的泡沫；右岸(No. 7)水面常漂浮着少量的类焦油物质，并可闻到气味，酚含量达 0.144 毫克 C_6H_5OH /升；自左至右 3 个采样点的浮游植物数量分别为 774,000、477,300、1,272,800 个/升(3月)和 735,300、537,500、713,800 个/升(4月)，平均数量在整个调查江段中为最高；浮游动物数量也依次为 3,121、2,131、2,166 个/升(3月)和 4,802、3,918、2,791 个/升(4月)，数量亦达整个调查江段的高值；底栖动物量左右两岸分别为 19.0055、0.5544 克/平方米(3月)和 17.3800、0.9928

克/平方米(4月)、中泓的生物量两次均为零。

第三断面江面较宽,左岸有约10米宽、具稠性和深棕色的污流,并可闻到造纸黑液废水所特有的恶臭;No. 8采样点的 BOD_5 含量达59.8—80.3毫克/升;木质素达24—36.6毫克/升;酚达0.448毫克/升;溶解氧显著下降。右岸有约40—50米宽、呈黄绿色的污流,并可闻到硝基和胺基化合物所特有的刺激性恶臭,其中(No. 12)苯胺含量达0.33—1.499毫克 $C_6H_5NH_2$ /升,硝基苯达2.568—4.171毫克 $C_6H_5NO_2$ /升, BOD_5 为21.8—52.4毫克/升;电导率高;溶解氧显著下降;河道为炉灰所复盖。与左右两岸采样点相邻的No. 9、11和中泓(No. 10),由于与污流距离远近和受到江水稀释程度大小不同,有关物质的含量也较No. 8、12为低,其中No. 10与上游No. 6略相似。

左右两岸采样点浮游植物数量分别为516,000、387,000(3月)和262,000、438,000个/升(4月),与第二断面左右两岸采样点的数量相比,左岸下降了32%(3月)至72%(4月),右岸下降了38%(4月)至69%(3月);位于中泓的No. 10采样点和第二断面中泓采样点的数量相比,3月份增加了49%,4月份下降了39%。

浮游动物数量,左右两岸(No. 8和12)采样点分别为1,831和904个/升(3月)及1,505和602个/升(4月),与第二断面左右两岸(No. 5和7)及中泓的数量相比,左岸下降了41%(3月)至68%(4月),右岸下降了58%(3月)至78%(4月),中泓(No. 10)下降了50%以上(3—4月)。

底栖动物量3月份在右岸(No. 12)采样点仅有0.0200克/平方米,4月份在中泓(No. 10)仅有4.2933克/平方米,其余采样点均为零,较第二断面的生物量有显著下降。

第四断面左右两岸的污流较宽,No. 13采样点:木质素为11.3—11.6毫克/升,酚达0.061毫克/升, BOD_5 为10.0—19.6毫克/升;No. 15采样点: BOD_5 达10.0毫克/升,苯胺为1.080—3.200毫克 $C_6H_5NH_2$ /升,pH值为6.90—10.07。

浮游植物数量在左、中、右3个采样点的分布,依次为464,000、507,400、245,100个/升(3月)和387,000、743,900、421,400个/升(4月),与第三断面的数量相比,左岸采样点3月份下降了10%,4月份增加了47%;右岸采样点3月份下降了34%,4月份维持原来水平。

浮游动物数量左、中、右3个采样点分别为6,001、2,765、335(3月)和3,366、2,493、2,701个/升(4月),与第三断面的数量相比,左岸采样点3和4月份分别增加了55%—67%,右岸采样点3月份下降了62%,4月份增加了348%。

底栖动物量3月份各采样点均为零,4月份在左岸No. 13采样点有0.9680克/平方米,较第三断面的数量还低。

第五断面左岸(No. 16)采样点硝基苯含量达0.442毫克/升;苯胺达0.186毫克/升。其他如电导率、 BOD_5 、木质素等含量在左、中、右3个采样点的分布均较第四断面的含量为低。

浮游植物数量在左、中、右3个采样点的分布,分别为361,200、279,000、399,900个/升(3月)和649,300、546,100、163,400个/升(4月),较第四断面的平均值还低。

浮游动物数量在左、中、右3个采样点的分布,分别为2,730、1,200、3,900个/升(3

月)和 3,670、1,830、1,892 个/升(4 月), 較第四断面的平均值为低。

底栖动物的分布, 4 月份調查时, 左岸采样点的密度达 7,864 个/平方米, 重量达 250.7920 克/平方米, 是整个調查江段的最高值; 右岸采样点密度为 16 个/平方米, 重量达 10.3680 克/平方米, 也均較第三—四断面右岸采样点的生物量为高。这是由于特殊的底质所致。

第六断面左、中、右 3 个采样点的 pH、电导率和溶解氧、碱度、酸度、BOD₅、酚、木质素等含量比較一致, 表明来自上游的污流在这一断面已与江水相互混合; 浮游植物数量分别为 477,300、292,400、279,500 个/升(4 月), 左岸采样点的数量較右岸采样点的数量为高; 浮游动物数量分别为 4,503、5,117、4,290 个/升(4 月), 彼此相差很少, 其平均值达整个調查江段的最高值。底栖动物量在右岸采样点有 0.4972 克/平方米。

第七断面左、中、右 3 个采样点的木质素和硝基苯含量已經消失(4 月); 苯胺含量左岸采样点为 0.074 毫克/升, 其余采样点均为零; 其他如: 酚、BOD₅ 等含量亦較第六断面的含量为低; 浮游植物数量左、中、右采样点分别为 361,200、374,100、382,700 个/升(4 月), 数量相差很微; 浮游动物左、中、右采样点分别为 3,660、2,730、5,100 个/升(4 月); 底栖动物量左岸采样点为 25.7888 克/平方米, 右岸为 0.4972 克/平方米, 中泓(No. 23)为零(4 月)。总看以上多数断面生物数量已逐漸上升。

第八断面左、中、右采样点木质素、苯胺和硝基苯已經消失, 酚含量亦明显下降、BOD₅ 为 1.2—1.9 毫克/升, 溶解氧介于 11.2—11.8 毫克/升, 电导率为 114.28—119.04 微姆/厘米, pH 值介于 6.65—6.95 之間; 表明来自上游的污染輕微。浮游植物在这一断面仅有一采样点, 数量为 778,300 个/升(4 月), 浮游动物数量为 5,130 个/升(4 月), 表明浮游生物数量已显著上升; 底栖动物底样由于底质过硬而未能取得, 故未作定量。

松花湖及其下游整个調查江段的浮游植物組成, 其中以硅藻門的紡錘硅藻(*Navicula*) 和新月硅藻(*Cymbella*) 为主, 占总数的 50—90%, 唯在含酚废水污染的邻近江水中(No. 7) 以綠藻門的四鞭藻(*Carteria*) 繁殖較好, 占总数的 42—66% (而硅藻占 25—32%)。

浮游动物組成, 自松花湖至下游各个断面, 均以原生动物的数量最多, 占总数 60% 以上, 虽在污染的江段, 主要組成的种类仍占优势, 这些种类是尾毛虫(*Urotricha*)、膜口虫(*Frontonia*)、草履虫(*Paramecium*) 等 9 种。

整个調查江段中的底栖动物組成, 均以搖蚊幼虫为主, 寡毛类次之; 惟在第五断面左岸采样点的样品中, 却以寡毛类为主, 扁卷螺(*Planorbidae*) 次之, 搖蚊幼虫最少。

第二松花江受到工业废水污染后, 漁产量下降。如下八家子至九站約 5 公里江段內, 1959 年产量为 2 万斤, 相当于污染(1954) 前的 1/10。烏拉街公社所轄的江段, 1959 年仅产一万斤, 相当于污染前一昼夜的捕获量; 1960 年开江后, 一昼夜仅能捕获 1—2 斤小魚。据德惠、榆树两县沿江漁民反映, 漁产量也逐年下降; 如德惠县在 1957—1959 年, 漁产量分别为 600、500、300 吨。松花江村水产收购站 1956 年漁产量为 235 吨, 1957 年为 165 吨, 1958 年为 75 吨, 1959 年却为 50 吨。吉林市至紅旗屯 76 公里江段內, 大魚显著减少。

每年开江后, 均有大量死魚和病魚出現, 其中死魚以密鲇占多数, 白鲢、青魚、草魚和

鯉魚次之。据沿江有关水产单位和漁民反映,1959年在烏拉街一带所捕获的魚中,約有80%是死魚和病魚;松花江村附近所捕获的魚中,約有60%是死魚和病魚。松花江村至扶余县一带江段,甚至有40—60斤重的青魚死亡。又据舒兰县亮甲山人民公社一位73岁的老漁民反映,自从1958年开江就出現大量死魚以来,1960年連死魚的数量也减少了。

随着江水污染的结果,九站至烏拉街一带的生产队反映,下网捕魚时,每隔4—6小时需要清网一次,否則一些悬浮胶粘物质堵塞网具,很难除去。

死魚均是有鳞魚,其症状是鳞片翘起,腹部涨大,眼球突出,体腔充满黄水,肝脏发紫,腸管中食物充塞度为零。

江水污染后,对魚类生殖机能影响也很大,如十八盘产卵場自1957年以来,从未发现白鲢产卵。所捕获的亲魚,在生殖季节性腺发育一般不到四期。1959年长春市水产部門曾設法采捕魚卵、魚苗,也一无所获。

据丰满水产收购站反映,丰满至吉林市34公里的江段内,自江水被污染后,漁产量下降了80%。

四、主要工业废水对生物的致毒試驗

在調查第二松花江污染的同时,在实验室内还进行了主要工业废水对浮游植物、动物、底栖动物和魚类的致毒試驗,以了解它們对生物的毒害作用。

先后在1960年4—6月进行苯胺酸、碱性废水、造纸黑液废水和含酚废水等四种。这些原废水均用未被污染的而又过滤后的第二松花江水分别依照废水与江水的比例,配制成1% (即1份废水加99份江水)、5%、15%、25%、35%、50%、75%的稀释液和原废水。浮游植物則以栅藻 (*Scenedesmus* sp.) 为試驗材料,取上述不同稀释度的废水各200毫升,盛于250毫升的錐形瓶中,并分別加入栅藻培养液20毫升和栅藻种液10毫升,保持在22℃及适宜的光照下,每隔3日检查一次,取水样經Lugol氏液固定后,用显微鏡計数。浮游动物則以剑水蚤为試驗材料。取上述不同稀释度的废水各20毫升,分別置于小培养皿内,并各放5个剑水蚤进行試驗,每天清晨检查一次。底栖动物則以搖蚊幼虫为試驗材料。取上述不同稀释度的废水各50—100毫升,盛于試驗皿内,分別加入搖蚊幼虫5个,每天检查一次,每3日换废水一次。

魚則以体长1.5—2.0厘米的鯉魚苗为試驗魚。取上述不同稀释度的废水各200毫升,盛于小磁碗内,每碗放入試驗魚5尾。始初,每小时检查一次,第二日后,每日检查一次。整个試驗期間,每日測定試驗液中的pH值和水温;換废水前后,也分別測定試驗液中的pH值。

进行上述各种工业废水試驗时,分別以純江水作为对照。

1. 浮游植物試驗結果:

在4种主要工业废水中,以含酚废水和苯胺酸性废水对栅藻的影响最烈,在5%稀释液中栅藻数量均显著下降;在1%稀释液培养半月后,含酚废水中栅藻的数量为原基数的4倍,苯胺酸性废水中栅藻的数量为原基数的3.9倍,同时,对照培养液中栅藻数量为原基数的7.9倍。25%稀释液的苯胺碱性废水,对栅藻的叶绿素有破坏作用,15%稀释液

培养半月后, 柵藻数量为原基数的 5 倍; 造纸黑液原废水培养半月后, 柵藻数量为原基数的 5.8 倍; 同时, 对照培养液中柵藻数量为原基数的 7.9 倍。

2. 浮游动物试验结果 (水温 9—11℃):

1% 的造纸黑液废水, 在 48 小时内, 有 2 个剑水蚤死亡, 其余 3 个存活正常; 但 5% 的, 48 小时内剑水蚤全部死亡; 1% 的苯胺酸性废水中, 第 5 日仅有一个剑水蚤死亡, 其余 4 个存活正常; 而在 5% 的, 24 小时后, 剑水蚤全部死亡; 5% 的苯胺碱性废水, 5 日内死去剑水蚤 2 个, 所余 3 个存活正常; 而 1% 的, 剑水蚤全部存活; 对照试验液中的剑水蚤

表 4 苯胺酸性废水对鲤鱼苗的致毒试验 (9°—11℃)

观察时间(小时) 废水稀释度 鲤鱼苗存活数(尾)	0.25	4	8	12	24	48	pH 值
5%	6 分钟后死亡	0					2.85
3%	6 分钟后死亡	0					3.05
2%	12 分钟后死亡	0					3.35
1%	5	4	3 (已不正常)	2	0		5.00
0.5%	5	5	5	5	5	4	6.05
0.3%	5	5	5	5	5	5	6.10
对 照	5	5	5	5	5	5	6.9—7.5

表 5 造纸废水对鲤鱼苗的致毒试验 (9°—11℃)

观察时间(小时) 废水稀释度 鲤鱼苗存活数(尾)	4	8	12	24	48	pH 值
100%	10 分钟全部死亡					10.35
50%	22 分钟全部死亡					10.00
25%	3 小时后全部死亡					9.45
10%	3 小时后全部死亡					8.95
5%	0	•				8.45
3%	0					8.22
2%	全部失去平衡	0				7.55
1%	5	5	5	5	5	7.65
对 照	5	5	5	5	5	6.9—7.5

全部存活正常。

3. 底栖动物試驗結果 (水温 9—11℃):

1% 的苯胺碱性废水, 半个月后有 2 个搖蚊幼虫死去, 所余 3 个幼虫中有 2 个尚能蛹化; 5% 的苯胺酸性废水, 半个月后, 搖蚊幼虫尚能全部存活; 对照試驗液中的搖蚊幼虫存活正常。

4. 鯉魚苗試驗結果:

表 6 含酚废水对鯉魚苗的致毒試驗 (9°—11℃)

废水稀 释度	观察時間(小时) 鯉魚苗 存活数 (尾)	0.25	4	8	12	24	48	pH 值
10%	7 分钟全 部死亡		0					7.55
5%		5	2	0				7.40
3%		5	5	3	2	2	0	7.25
1%		5	5	5	5	4	3	7.00
0.5%		5	5	5	5	5	5	6.80
对 照		5	5	5	5	5	5	6.9—7.5

表 7 苯胺鉄泥碱性废水对鯉魚苗的致毒試驗 (9°—11℃)

废水稀 释度	观察時間(小时) 鯉魚苗 存活数 (尾)	4	8	12	24	48	pH 值	备 注
50%	2 分钟全 部死亡						11.75	未調整 pH 值
25%	5 分钟全 部死亡						11.45	”
10%	10 分钟全 部死亡						11.00	”
5%		1	1	1	1	1	10.45	”
3%		1	1	1	1	1	10.20	”
1%		5	5	5	5	5	8.60	”
50%		5	5	5	0	0	7.65	調整 pH 值
25%		5	5	5	1	1	7.78	”
10%		5	5	5	3	3	7.65	”
5%		5	5	5	4	4	7.50	”
3%		5	5	5	5	5	7.22	”
1%		5	5	5	5	5	7.05	”
对 照		5	5	5	5	5	6.9—7.5	”

苯胺酸性废水对鲤鱼苗的毒性最烈, 0.3% 的稀释液, 鱼苗尚能存活; 当为 1% 时, 鱼苗则在 24 小时内全部死去 (表 4)。

稀释 2% 的造纸黑液废水, 在 24 小时内鱼苗完全失去平衡, 8 小时内全部死亡, 稀释 1% 的, 48 小时鱼苗全部存活 (表 5)。

稀释 3% 的含酚废水, 48 小时内鱼苗全部死亡, 稀释 1% 的, 48 小时后, 鱼苗存活 60%, 稀释 0.5% 的, 鱼苗能全部存活 (表 6)。

苯胺铁泥碱性废水对鱼苗的毒性很烈, 稀释 1% 的, 鱼苗才能存活; 调整了 pH 值后, 稀释为 3% 时, 鱼苗能全部存活 (表 7)。

五、讨 论

1. 丰满采样点的水质, 与松花湖的底层水具有相似的化学特征, 但光照和水温等条件较差, 因而浮游生物数量较低; 更由于水流湍急, 砾石、粗砂的底质被冲刷过烈, 底栖动物量也不高。

第一、二断面右岸上游都有不同水量的含酚废水排入, 故江水 (No. 4 和 7) 中含酚量较高; 左岸 (No. 2 和 5) 受到部分生活污水和少量造纸废水的轻微污染, 故 BOD₅ 含量较高, 溶解氧含量略低; 底栖动物量左岸较右岸高, 就是这个缘故。浮游生物数量自第一断面起也开始增加, 至第二断面的数量达整个调查江段的高值或最高数值。是属于轻微污染区。

第三断面左岸 (No. 8) 有大量木材造纸工业废水 (黑液) 及零星的生活污水排入, 致使沿岸有具深棕色和恶臭的污流, BOD₅、木质素、酚、电导率等和 pH 值都明显地上升, 溶解氧显著下降; 右岸有大量具有毒性的苯胺酸性废水和炉灰废水排入, 而致水中 (No. 12) 固体颗粒含量高; 苯胺、硝基苯、BOD₅、电导率等也很高, 造成黄绿色具刺激性的污流。因此, 两岸采样点浮游生物数量显著下降, 尤以右岸为甚, 而中泓 (No. 10) 数量却较高。

第四断面右岸上游 200—400 米处有苯胺碱性废水排入, 故 No. 15 采样点苯胺的含量达最高值。由于左右两岸的污流已逐渐向中泓扩散, 其他物质的含量有了不同程度下降。浮游植物数量在断面上的分布是两岸低, 中泓 (No. 14) 高; 浮游动物数量是左岸高, 右岸最低。

自第三至第四断面约 8 公里江段中是最严重污染区, 它的特征是: 沿江两岸有明显的污流, 水色深而浑浊, 具有刺激性恶臭, 江水中有毒物质含量高达能使鱼类在 6—24 小时内死亡; 浮游生物数量少, 出现了两岸低中泓高, 或左岸高右岸最低的反常态分布; 底栖生物数量均接近于零。

第五断面受到来自上游最严重污染区的影响, 浮游生物数量继续下降, 左岸约高于右岸; 底栖生物量左岸达整个调查江段之冠, 这是由于附近江段地势低洼, 一部分胶粘状物沉淀下来或附着在底质或卵石上, 以致在底质构造特殊的地方, 底栖生物量和密度突增, 其中以寡毛类最多, 占总数 86%。

第六断面各采样点中的化学组成比较一致 (表 3); 浮游生物数量虽继续下降, 但各采样点间相差较少。表明污流与江水基本混合的象征。根据工业废水排放量和第二松花江

流速、流量等計算結果,汚流与江水是在距主要污染源(哈达湾)下游 90 公里的地方相互混合,由于自九站以下,河床寬展,坡度較小,水較深而緩慢,且河道弯曲,对汚流与江水混合頗为有利,故混合处与主要污染处的距离相对地縮小,在約 76 公里的第六断面即已混合頗为有利,故混合处与主要污染处的距离相对地縮小,在約 76 公里的第六断面即已混合。自下八家子(第四断面)至混合处的江段是严重污染区,它的特征类似最严重污染区,唯有毒物质含量略低,但对魚类产卵場有着严重的不良影响,浮游生物数量低,大量悬浮顆粒相繼沉淀,析出,漁产量銳減。

第七断面距离主要污染較远,由于江水不断稀释,有毒物质含量不高,浮游生物数量和底栖动物量开始上升。自混合处至本断面約 92 公里的江段是污染区,它的特征是:有毒物质含量除个别外,大部分已普遍下降;生物数量維持在一定水平上,起伏均不显著;漁产量及魚类产卵場还受到影响。

第八断面各采样点有毒物质含量已显著降低;浮游生物数量明显地上升,表明污染已属輕微;其中酚含量較上游稍高,是由于上游左岸有被含酚废水所污染的飲馬河流入所致。

自第七断面至本断面約 140 公里的江段是輕微污染区,它的特征是:来自上游污染的影响虽还没完全消失,但生物数量已較明显地上升。

2. 底栖动物的分布,虽除受到底質构造及水流速度等外界因素影响外,工业废水排入后,对河流的底栖动物也有着严重的不良后果。

哈达湾左岸有大量木材造纸工业废水中的黑液排入,故以木质素、纖維素等有机組成为主(占总数 88%)的悬浮物沿左岸江水漂流,至流速較慢的上通气附近,由于木质素比重較大(1.3—1.5),在左岸低洼或坑沟中的底泥或沉淀物較高,可能有利于某些底栖动物(如寡毛类)的栖息和繁殖。故密度和生物量突然上升,达整个調查江段之冠^[3]。

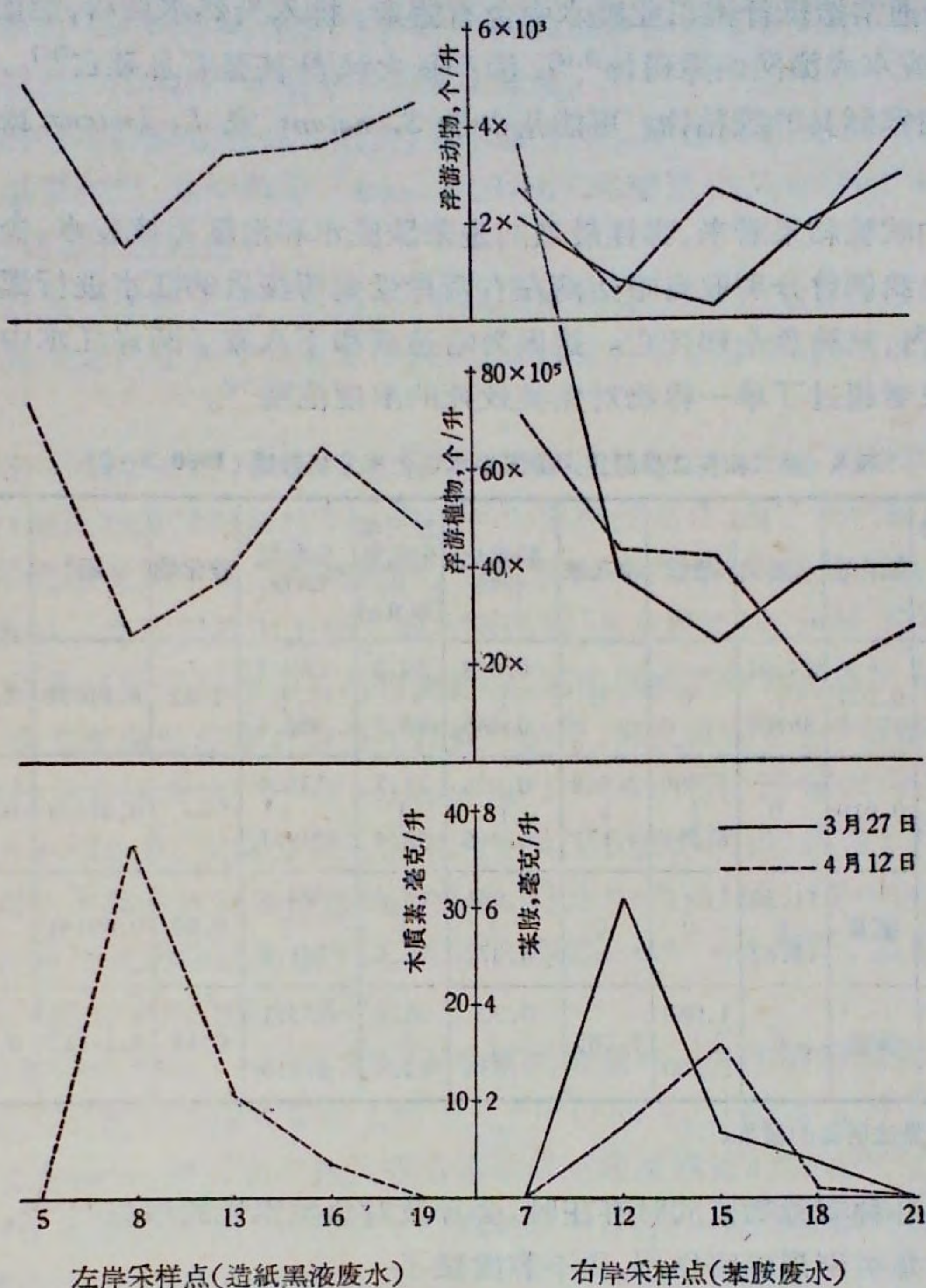
同样,哈达湾右岸,有大量炉灰废水和苯胺酸性废水相繼排入,故江水中以无机組成为主(占总数 77%)的悬浮物达 1264.5 毫克/升,这些吸附力强的炉灰,大量地吸附了苯胺酸性废水中的有毒物质²⁾沿岸漂流。由于这些悬浮顆粒的比重較大,沿江右岸底質均受到不同程度的复盖,严重地影响到底栖动物的飼料^[4]和繁殖的环境,密度和生物量因而降低^[5,6]。

由于哈达湾两岸排入的废水不同,悬浮物的化学組成亦相差很大,故被无机組成为主而且吸附着有毒物质的炉灰所复盖的右岸,較以有机組成为主的悬浮物所复盖的左岸的底栖动物量为低,就更可以理解了。

3. 从哈达湾起,左右两岸江水中悬浮物多,水色渾浊,无疑会影响到綠色植物(藻类)的光合作用^[5,7]、光合作用时碳的利用率及浮游动物呼吸^[8],使魚类食料生物产量下降或死亡^[4]。其中尤以苯胺酸、碱性废水和造纸黑液废水对浮游生物的影响为甚(见图)。

从图中可以看出,3 月份調查时,右岸江水中苯胺最高含量达 6.211 毫克 $C_6H_5NH_2$ /升(出现在 No. 12 采样点),至 No. 15 采样点后,尽管苯胺含量已显著地下降至 1.368 毫克/升,而浮游生物数还繼續下降至极低值,此后,由于苯胺含量繼續下降而浮游生物数量才逐渐回升。

2) 经过我們試驗結果:苯胺酸性废水、煤渣和炉灰依次以 2:1:1.5 进行拌勻混合,8 小时内,苯胺含量下降了 94%,硝基苯下降了 99.5%,酚下降了 90%,pH 值由 1.6 升至 5.3,其他如化学耗氧量等均显著下降。



左岸采样点(造纸黑液废水) 右岸采样点(苯胺废水)
造纸工业和染料工业废水对左右两岸江水中浮游生物的影响

同样, 4月份调查时, 右岸江水中苯胺最高含量达 3,200 毫克/升(出现在 No. 15 采样点), 至 No. 18 采样点时, 尽管苯胺含量已经下降至 0.186 毫克/升, 而浮游生物数量还要下降至低值或最低值。此后, 又随着江水中苯胺含量下降而浮游生物数量才开始回升。

因此, 我们有理由认为苯胺酸碱性废水污染后, 是使上述右岸江水中浮游生物数量下降的主要原因之一。

从图中还可以看出, 左岸造纸废水排入江中后, No. 8 采样点水中木质素含量达最高值时, 也是浮游生物数量最低的时候, 随着木质素含量下降, 而浮游生物数量又逐渐回升。因此, 也有理由认为, 造纸废水中的黑液, 是浮游生物数量下降的主要原因之一。

4. 第二松花江被污染后, 九站至乌拉街一带江段, 常有一些胶粘状物堵塞网具, 而且很难除去。类似现象, 在 Kama 河^[8]和 Altanaba 河^[9]已见报告, 是由于某种真菌 (Fungus) 在有碳水化合物存在时, 能在渔具或其他坚硬的物体上繁殖, 而成为难以液化的胶粘物。这些真菌在夏季为 *Sphaerotilus natans* (游泳分枝丝菌), 在冬季则为 *Leptomitites lacteus* (属

水节霉科)^[3]。通常造纸纤维工业废水中含有糖素,排入天然水域后,能使 *S. natans* 繁殖^[3,9-16] 而成为流水或渔网的障碍物^[9,14],渔产量大减^[3] 甚至窒息死亡^[17]。因此,在第二松花江,这种堵塞网具的胶粘物,可能是由于 *S. natans* 或 *L. lacteus* 或其他类似的真菌繁殖所致。

5. 从生物的试验结果看来,毒性最烈的是苯胺废水和造纸黑液废水,含酚废水稍为缓和。调查期间,我们曾分别取自哈达湾左右两岸受到污染后的江水进行鲤鱼苗的致毒试验,6—24 小时内,试验鱼全部死亡。这因为哈达湾和下八家子两岸江水中有毒物质含量(表 8)已达到或者超过了单一毒物对鱼类致死的浓度范围^[18]。

表 8 第二松花江最严重污染区中水质化学分析数据 (1960,3—6)

地点	化学名称 含量 (mg/l)	氰化物	木质素	苯胺	硝基苯	酚类化合物	五天生化需氧量 (BOD ₅)	化学耗氧量	硫化物	铜*	铅*	锌*
(哈达湾)	左岸	0.021	24.91 36.60	0	0	0.053 0.448	59.8 80.3	269.3 458.3	1.82	0.01080	0.0216	0
	右岸	0.019	0	1.499 6.211	2.568 4.171	0.036 0.065	21.7 52.4	138.4 219.1	—	0.01321	0.0088	0.0220
(下八家子)	左岸	痕量	11.30 11.62	0	0	0.061 0.072	18.6 19.6	64.6 161.6	0.07	0.00141	0	0
	右岸	痕量	0	1.080 3.200	1.285	0.00 0.036	6.9 13.8	33.1 174.0	0.18	0.19712	0.0049	0.0492

* 是用光谱半定量法所得的结果。

如果考虑到各种有毒物质同时存在时,会导致对鱼类毒性的增强^[5,19,20],那末,最严重污染区的水质对鱼类剧烈毒害作用,更不容置疑了。

前人病理学探索的结果,已知重金属离子(如 Cu^{++} 、 Pb^{++} 、 Zn^{++} 等)在江水中能使鱼鳃被胶粘状沉淀物所堵塞,引起鱼类呼吸困难而死亡^[3,5];氰化物和硫化物主要是使鱼体内一些酶的氧化过程受到抑制的结果,而使所有组织或多或少不能利用已有的氧气;酚类化合物对鱼类神经系统有直接毒害作用。水中酚含量为 0.02—0.03 毫克/升时,1 小时内鱼体即有酚的气味;酚达 0.2—0.28 毫克/升时,河流中的鱼类已大部分回避而致绝迹^[20]或麻痹死亡^[9,20];此外,工业废水中的苯胺、糠醛、硝基苯和硫化碱等能使鱼体中的蛋白质受到破坏而死亡^[8]。

第二松花江污染后的死鱼症状已如上述:翘鳞、腹部胀大、眼球突出、肝脏发紫等。在受到造纸、硫酸和铝、钾等工业废水所污染的 Kama 河^[8,21]中,亦有类似的情况出现。故有理由认为苯胺和造纸废水排入第二松花江后,对鱼类的危害是大而深远的,可以说明如下:

- (1) 水中有毒物种类多而含量高,尤以冰封期间,流速低、流量小,复氧困难,水中生物、化学耗氧过程剧烈,有毒物质毒性相对地增加,引起鱼类中毒而大量死亡;
- (2) 尚生活在江中的鱼类,由于长期栖息在污染的环境中,神经系统、呼吸系统及合

成蛋白质的正常功能受到不同程度的影响^[22]，从而危及亲鱼性腺发育。加之，鱼类产卵场所亦受到不同程度的污染，严重地影响到鱼类繁殖。

(3) 对某些有毒物质较敏感的鱼类，则相继回避，经过我们捕获所得，与易伯鲁等(1959)^[1]调查结果相比，其中狗鱼 (*Esox reicherti*) 和鳊鱼 (*Elopichthys bambusa*) 一直未能捕到，可能已经回避或绝迹；

(4) 鱼类的食料生物受到严重毒害，形成低生物量，对渔产量有直接的影响；

(5) 部分鱼类食料生物受到有毒物质的污染，被某些鱼吞吃后，增加鱼类中毒的可能性。

6. 从化学分析结果表明，水中有毒物质主要是苯胺、硝基苯、木质素和酚，它们分别是有机染料、木材造纸和煤炭热处理等废水中的主要组成成分，由于它们都是在酸碱介质中经过高温、高压的蒸煮工序或热处理过的，所以具有不易氧化分解的特性^[3]，排入天然水域后，稳定性很强。故可以认为上述几种有毒物质，是有机染料、木材、煤炭热处理等工业废水排入第二松花江而受到污染后的可靠标志，其中以酚的污染尤难消失。

7. 从表7中苯胺碱性废水对鲤鱼苗试验的结果，再次证实了pH值偏高或低，均能使有毒物质的毒性相对地增强^[19,23] (Liebmann S.727—728)^[18]。而第二松花江最严重污染区的pH值为5.7—10.07，尤其是排入江中的主要工业废水的pH值为1.3—2.3至11.48—12.25。考虑到枯水季节冰封后污染的严重性，江水中的pH值(5.7—10.07)显然是不适宜的。因此，在最严重污染区的pH值，最好能维持在6.5—8.5间^[24]，高或低于这个界限，都会增加污染江段中有毒物质的毒性^[5]。

8. 鱼类栖息的环境除了注意各种有毒物质的含量外，水中溶解氧是个不可忽视的因素。在最严重污染区的溶解氧低至2.89毫克/升(No. 9, 1960年6月11日)，在冰封时期，其含量会更加减少，而可能引起某些有毒物质对鱼类毒性的增强^[5,24]。因此，江水中溶解氧必须保持在足以满足鱼类正常活动所需的水平，其含量最好能维持在6毫克/升^[24]，但至少也要保持在3—5毫克/升^[26]的水平。

六、防护措施及建议

由于考虑到主要工业废水排入第二松花江后，水质恶化，即使鱼类食料生物数量下降，而又使鱼类急性中毒，幼鱼的生长和亲鱼生殖都受到影响。因此，不论何种工业废水在排入水域时，必须经过48小时观察，以对鱼类不会引起急性中毒现象为标准。这样，才能保证借江水对污流的稀释作用之后，对鱼类的影响降低到最轻程度。因此，向工厂企业单位建议5点：

1. 排放废水时，必须进行鱼类48小时的试验，肯定了排放的废水稀释到对鱼类没有急性中毒后，才可排入附近天然水域；

2. 目前吉林市的含酚废水(从南大沟排出)、造纸(黑液)废水、苯胺酸性废水和苯胺碱性废水等，需经过处理而达到相当1% (即1份废水与99份清水) 稀释度后，才可直接排入第二松花江。

3. 在主要鱼类产卵场所及其附近，禁止工业废水尤其是毒性强烈的工业废水排入，以保护鱼类产卵场所的安全；

4. 开江后, 禁止在鱼类产卵场及其周围捕捞, 在其他江段也适当地禁捕亲鱼, 使鱼类能正常滋生繁殖;

5. 有关排放废水企业单位和主管部门, 加强与水产和卫生部门联系, 使排污工作能经常得到严格监督和管理, 以防止不合标准的工业废水直接排入江中。

参 考 文 献

- [1] 易伯鲁、章宗涉、张觉民, 1959. 黑龙江流域水产资源的现状和黑龙江中上游涇流调节后的渔业利用. 水生生物学集刊, 1959(2): 97—118.
- [2] 卢奋英、丘昌强、张甬元、惠嘉玉编. 污染水体水质化验规程. 1960 (内部资料).
- [3] Mossewitsch, N. A. und Gussew, A. G., 1958. Der Einfluss der Abwässer von Holzverarbeitungswerken auf Gewässer und Wasserorganismen. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 13:525—532.
- [4] Thienemann, A., 1954. *Chironomus. Die Binnengewässer*, 20:106u. 111.
- [5] Hynes, H. B. N., 1960. The biology of polluted waters, 202 pp.
- [6] Aquatic life Advisory Committee of the Ohio river Valley water Sanitation Commission. 1956. Aquatic life water quality criteria (second progress report). *Sew. Industr. Wastes*, 28(5):678—690.
- [7] Hood, D. W., Duke, T. W. and Stevenson, B., 1960. Measurement of the toxicity of organic wastes to marine organisms. *Jour. Water Pollution Control Federation*, 32(9):982—993.
- [8] Щупаков, И. Г., 1956. О заболевании рыб на Средней Каме. *Рыб. Х-Во*, № 11: 35—36.
- [9] Cawley, W. A., 1958. An effect of biological imbalance in streams. *Sew. Industr. Wastes*, 30(9): 1174—1182.
- [10] Amberg, H. R. and Elder, R. 1957. Intermittent discharge of spent sulfite liquor. *Water pollution abstracts*, 30(4):730.
- [11] Höhn, H., 1957. The biology of waste water fungi with special reference to pulp and paper mill effluents. *Water pollution abstracts*, 30(11):2201.
- [12] Waltz, S. and Lackey, J. B., 1961. Morphological and biological studies on the organism *Sphaerotilus natans*. *Water pollution abstracts*, 34(5):930.
- [13] Harrison, M. E. and Heukelekian, H., 1958. Slime Infestation—Literature Review. *Sew. Industr. Wastes*, 30(10):1278—1302.
- [14] Bulicek, J., 1958. Verunreinigung der Flussläufe durch die zellulosenindustrie in der CSR. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 13:S. 474—480.
- [15] Demoll, R. und Liebmann, H., 1952. Über die Verteilung von *Sphaerotilus natans* im Fluss. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 14(1):289—297.
- [16] Liebmann, H., 1953. Die Lebensgemeinschaft der *Sphaerotilusflocke* und die physikalisch-chemischen Voraussetzungen ihrer Bildung. *Vom Wasser*, 20:24—33.
- [17] Rasmussen, C. J., 1955. On the effect of silage juice in Danish streams. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 12: 819—822.
- [18] Liebmann, H., 1958—60. *Handbuch der Frischwasser und Biologie*, 2(1—7):1149.
- [19] Henderson, G. and Tarzwell, C. M., 1957. Bio-Assays for control of industrial effluents. *Sew. Industr. Wastes*, 29(9):1002—1017.
- [20] Aquatic life Advisory Committee of the Ohio river Valley Water Sanitation Commission, 1960. Aquatic life water quality criteria (third progress report). *Sew. Industr. Wastes*, 32(1):65—82.
- [21] Громов, В. В., 1956. О загрязнении р. Камы. *Рыб. Х-Во*, № 11: 36—37.
- [22] Fujiya, M., 1961. Effects of kraft pulp mill wastes on fish. *Jour. pollution control federation*, 33(9): 968—977.
- [23] Stammer, H. A., 1953. Der Einfluss von Schwefelwasserstoff und Ammoniak auf Tierische Leitformen des Saprobien-systems. *Vom Wasser*, 20:34—71.
- [24] Гусев, А. Г. и Мосевич, Н. А., 1952. Современное состояние вопроса о нормировании сброса сточных вод в рыбохозяйственные водоемы. *Известия Всесоюзного Научно-Исследовательского Института Озерного и Речного Рыбного Хозяйства*. 31: 5—12.
- [25] Aquatic life Advisory Committee of the Ohio River Valley Water Sanitation Commission, 1955. Aquatic life water quality criteria (first progress report). *Sew. Industr. Wastes*, 27(3):321—331.
- [26] Patrick, R., 1962. Effects of river physical and chemical characteristics on aquatic life. *Jour. Amer. Water Work Assn.* 54(5):544—550.

ON THE POLLUTION AND THE RELATED HYDROBIOLOGICAL CONDITIONS OF THE II SUGARI RIVER

LU FEN-YING, HO HSI-CHIN, CHANG YUNG-YÜAN, CHIU CHANG-CHIANG,

HUI CHIA-YÜ, SHEN KUO-HUA, HSÜ CHIA-CHU

AND HSIEH TSUI-HSIEN

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

Owing to the industrial effluents discharged from the city of Kirin into the II Sungari River, the water downstream from this city possesses more or less dark colour and unpleasant odour, and is polluted to various extent with toxic and suspended matters, such as aniline, nitrobenzene, phenols, lignin, etc.

An investigation was made on the chemical and hydrobiological conditions of the polluted water in a course of 342 km. between the dam of Fengman Reservoir and the district of Fuyü, during the months of March to June, 1960. Various samples were taken from 8 cross-sections (27 collecting points altogether). Biological assays of the toxic substances of the polluted water and industrial wastes have been made.

The results thus obtained indicate that the water of the region between the Reservoir and the vicinity of the city of Kirin (Cross-sections 1—2, with a distance of 30 km.) is only slightly polluted with sewage and industrial wastes. The region between Cross-sections 3—4 (with a distance of 8 km.) is extremely polluted, containing such high concentration of toxic substances (table 3) that the experimental fish died in 6—24 hrs. The region between Cross-sections 4—6 (with a distance of 69 km.) is also highly polluted; both the fish yield and the quantity of plankton are very low. "Slime infestation" and the retardation in the gonadal development of fishes are commonly observed. The region between Cross-sections 6 & 7, with a distance of 92 km., is also polluted; while the quantity of plankton in this section shows a considerable increase, the phenomenon of retardation in the development of fish gonad remains unchanged. The region between Cross-sections 7—8, with a distance of 140 km., is the least polluted; most of the toxic substances are hardly detectable and the plankton increases to a normal level.

The nature of the industrial wastes found in the polluted water and the toxic effects of their compounds on fishes are briefly discussed in this paper.