

## ১৮.৪.১. বায়ু দূষণ [Air pollution]

□ বায়ু দূষণের সংজ্ঞা : ওয়াল্ড হেল্থ অর্গানাইজেশন<sup>১</sup> (WHO) [১৯৬১] -এর মতে পৃথিবীর আবহমন্ডলের মধ্যে অনিষ্টকর পদার্থের সমাবেশ যখন মানুষ ও তার পরিবেশের ক্ষতিসাধনে সক্ষম হয়, সেই অবস্থাকে বায়ু দূষণ বলে। (Air pollution is "limited to situations in which the outer ambient atmosphere contains materials in concentrations which are harmful to man and his environment.")

বায়ু দূষণ সম্বন্ধে পার্কিন্স<sup>২</sup> (১৯৭৪) বলেছেন যে, আবহমন্ডলে দূষিত ধোঁয়া, গ্যাস, গন্ধ, ধোঁয়াশা, বাষ্প ইত্যাদি যে পরিমাণে ও যতক্ষণ স্থায়ী হলে মানুষ, জীবজন্তু ও উদ্ভিদ জগতের ক্ষতি হয় বা যে সমস্ত দূষিত পদার্থ জীবন ও সম্পদের স্বচ্ছন্দ উপভোগে বাধা সৃষ্টি করে, তাকে বায়ু দূষণ বলে। (Air pollution may be defined as "the presence, in the outdoor atmosphere, of one or more contaminants such as fumes, dust, gases mist, grit, odour, smoke, smog<sup>৩</sup> or vapours in considerable quantities and of duration which is injurious to human, animal or plant life or which unreasonably interferes with the comfortable enjoyment of life and property".)

□ বায়ু দূষণের প্রকৃতি : দূষণের সমস্যাগুলির মধ্যে বায়ু প্রদূষণের পরিধি ও ব্যাপকতা সবচেয়ে বেশি। কারণ বাতাস যত সহজে এবং যত তাড়াতাড়ি দূষিত পদার্থকে ছড়িয়ে দিতে সাহায্য করে, আর কোন মাধ্যম সেই দ্রুততায় দূষণ মাত্রাকে সম্প্রসারিত করতে পারে না। বায়ু দূষণের ফলে পৃথিবীর তাপীয় ফলের তারতম্য ঘটে, জীবজগৎ ও পরিবেশের ক্ষতি হয়।

□ বায়ু দূষণের উৎস ও কারণ :

(ক) প্রাকৃতিক কারণ ও উৎসসমূহ :

- (১) অগ্ন্যুৎপাতের ফলে নিঃসৃত সালফার ডাই-অক্সাইড, কার্বন মনো-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস;
- (২) বিভিন্ন জৈব ও অজৈব পদার্থের পচনের ফলে সৃষ্ট গ্যাস;

<sup>১</sup> World Health Organisation. (1961). Air Pollution.

<sup>২</sup> Parkins, H. (1974). Air Pollution. <sup>৩</sup> Smog = Smoke + Fog [ধোঁয়াশা = ধোঁয়া + কুয়াশা]



- ৮৭২
- (৩) উদ্ভিদের বাষ্পমোচন প্রক্রিয়ার ফলে (transpiration) নিঃসৃত কার্বন ডাই-অক্সাইড;  
 (৪) দাবানল (Forest fire), ধূলি ঝড়;  
 (৫) ভাইরাস, ব্যাকটেরিয়া, ফানজাই (Fungi), অ্যালজি (algae), পরাগরেণু (pollen)

(খ) অপ্রাকৃতিক কারণ বা উৎসসমূহ :

- (১) ধাতব চূর্ণ, খনিজ ধূলি, ধূলিকণা, শিল্পজাত ধূলি (যেমন, ফ্লাই-অ্যাশ), কালিবুন্ডি (soot) প্রভৃতি কঠিন পদার্থ;  
 (২) দাড়ি কামানোর ফোম, স্প্রে-নিঃসৃত ধোঁয়াশা ও বিমানে ব্যবহৃত এরোসল (aerosols); এবং বিভিন্ন তরল পদার্থ;  
 (৩) যানবাহন ও কলকারখানার পরিত্যক্ত গ্যাস, যেমন, কার্বন মনো-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোক্যার্বন, নাইট্রোজেন অক্সাইড ইত্যাদি;  
 (৪) বনভূমির বিলোপ বা অরণ্য ধ্বংসের ফলে অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড ভারসাম্যের হানি;  
 (৫) যুদ্ধ-বিগ্রহের ফলে বা পারমাণবিক চুল্লীতে দুর্ঘটনার ফলে তেজস্ক্রিয় পদার্থের বিকিরণ (যেমন, পূর্বতন সোভিয়েত ইউনিয়নে চেরনোবিল পরমাণু কেন্দ্রের দুর্ঘটনা বা হিরোসিমা-নাগাসাকিতে পরমাণু বোমার ধ্বংসলীলা)

১৮.৪.১.১. বায়ু দূষণের ব্যাপ্তি ও প্রভাব [Extent and impact of air pollution]

▲ গ্রীন হাউস প্রভাব (Green House Effect) :

ইংরাজী গ্রীন হাউস শব্দটির অর্থ হল গাছপালার পরিচর্যার জন্য কাচের ঘর। পৃথিবীকে বিশাল কাচের ঘরের মতো বা গ্রীন হাউসের মতো ঘিরে রয়েছে বায়ুমন্ডল। সৌরশক্তি এই বায়ুমন্ডলের বিভিন্ন স্তরের ভিতর দিয়ে ভূ-পৃষ্ঠে এসে পৌঁছয় এবং পুনরায় অবলোহিত শক্তি রূপে (Infra red energy) মহাশূন্যে বিকীরিত হয়।

কাচের ঘরের মধ্য দিয়ে রোদ যেমন অবাধে প্রবেশ করে এবং ওই ঘরের তাপমান বাড়ায় তেমনই সৌরশক্তি বায়ুমন্ডলে প্রবেশ করে বাতাসকে উত্তপ্ত করে এবং কিছু সৌরশক্তি বায়ুমন্ডলে আবদ্ধ হয়। একে গ্রীন হাউস প্রভাব বলে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড, মিথেন, ক্লোরোফ্লুরো কার্বন, জলীয় বাষ্প, নাইট্রাস অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসগুলির তাপ ধরে রাখার ক্ষমতা আছে। সুতরাং বায়ুমন্ডলে এই গ্যাসগুলির ঘনত্ব বৃদ্ধি পেলে ভূ-পৃষ্ঠের গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। বৈজ্ঞানিকদের হিসাব মতো বাতাসে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব শতকরা ০.০৩৫ ভাগ বা ৩৫০ ppm। প্রতি বছর বাতাসে গড়ে ১.৫ ppm হারে কার্বন ডাই-অক্সাইড বাড়ছে। ফলে বায়ুমন্ডলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেয়েছে এবং ভূ-পৃষ্ঠ ক্রমশঃ আরও উত্তপ্ত হয়ে উঠেছে।

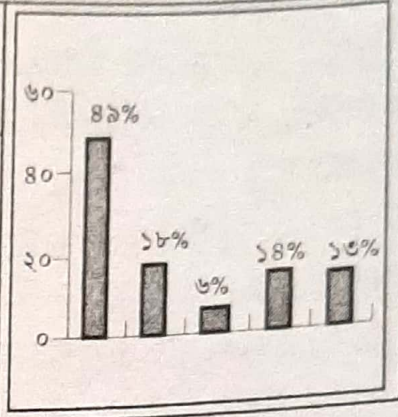
১৮৯৬ সালে সুইডিশ বিজ্ঞানী সভান্তে আরহেনিয়াস সর্বপ্রথম বাতাসে ক্রমবর্ধমান কার্বনডাই-অক্সাইডের ক্ষতিকর পরিণাম সম্পর্কে আশংকা প্রকাশ করেন। পরবর্তীকালে তাঁর এই ধারণা সত্য প্রমাণিত হয়েছে। কারণ ১৮৫০ থেকে ১৯০০ সালের মধ্যে পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বেড়েছে ০.৫° সেলসিয়াস এবং ১৯০০ থেকে ২০০০ সালের



মধ্যে ১° সে। অর্থাৎ ২০৫০ সাল নাগাদ পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধির সম্ভাব্য পরিমাণ দাঁড়াবে ৩.৫° সে।

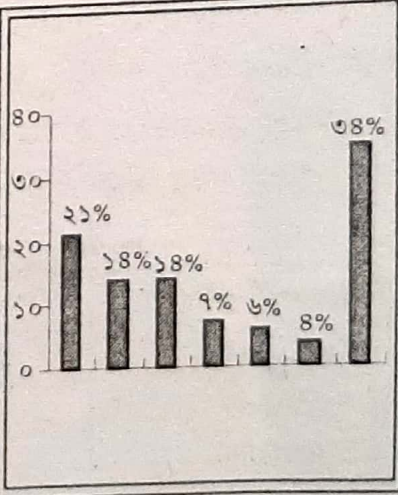
বায়ুমন্ডলে কার্বন ডাই-অক্সাইড, মিথেন, নাইট্রাস অক্সাইড, ক্লোরোফ্লুরো কার্বন প্রভৃতি গ্রীন হাউস গ্যাসগুলির পার্থিব তাপমাত্রা বৃদ্ধির ভূমিকার পরিমাণ নিচের সারণীতে দেওয়া হল—

গ্রীন হাউস গ্যাস	পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ভূমিকা (%)
(১) কার্বন ডাই-অক্সাইড	৪৯%
(২) মিথেন	১৮%
(৩) নাইট্রোজেন অক্সাইড	৬%
(৪) ক্লোরোফ্লুরো কার্বন	১৪%
(৫) জলীয় বাষ্প এবং অন্যান্য গ্যাস	১৩%



উপরে দেওয়া বিভিন্ন গ্রীন হাউস গ্যাসগুলির পরিমাণ বৃদ্ধিতে পৃথিবীর সব দেশই কমবেশি দায়ী। তবে শিল্প-সমৃদ্ধ দেশগুলিতে কয়লা, পেট্রোলিয়াম প্রভৃতি জীবাশ্ম জ্বালানিগুলি বেশি ব্যবহার করা হয় বলে এবং মাটিতে নাইট্রোজেন সার বেশি ব্যবহার করার জন্য বাতাসে কার্বন ডাই-অক্সাইড, মিথেন, নাইট্রাস অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। নিচের সারণীতে পৃথিবীর গড় উষ্ণতা বৃদ্ধিতে কয়েকটি দেশের আনুপাতিক অবদান তুলে ধরা হল—

দেশ	পৃথিবীর গড় উষ্ণতা বৃদ্ধিতে আনুপাতিক অবদান (%)
(১) মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র	২১%
(২) সি. আই. এস.	১৪%
(৩) ফ্রান্স, জার্মানী এবং ইউরোপের অন্যান্য শিল্পসমৃদ্ধ দেশ	১৪%
(৪) চীন	৭%
(৫) জাপান	৬%
(৬) ভারত	৪%
(৭) অন্যান্য দেশ	৩৪%



● গ্রীন হাউস প্রভাব ও পৃথিবীর উষ্ণতা বৃদ্ধির কারণ :

- (১) জীবাশ্ম জ্বালানীর দহন = CO<sub>2</sub> বৃদ্ধি
- (২) জ্বালানী হিসাবে কাঠের ব্যবহার = CO<sub>2</sub> বৃদ্ধি
- (৩) পচা জৈব আবর্জনা, গবাদি পশুর গোবর, ধান ক্ষেত থেকে নিঃসৃত গ্যাস = মিথেন বৃদ্ধি
- (৪) রঙ শিল্প, ইলেকট্রনিক শিল্প, রেফ্রিজারেশন প্রক্রিয়া = ক্লোরোফ্লুরোকার্বন বৃদ্ধি
- (৫) নাইট্রোজেন সারের অতিরিক্ত ব্যবহার, বন হনন = নাইট্রাস অক্সাইড বৃদ্ধি



● গ্রীন হাউস প্রভাবের ফলাফল :

- (১) পৃথিবীর গড় উষ্ণতা বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মেরু অঞ্চলে জমে থাকা বরফ আরও বেশি করে গলবে।
- (২) বরফ-গলা জল সমুদ্রজলে যুক্ত হয়ে সমুদ্র পৃষ্ঠের উচ্চতা বৃদ্ধি করবে।
- (৩) পৃথিবীর গড় উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য সমুদ্রজলের প্রসারণ ঘটবে। ফলে সমুদ্র পৃষ্ঠের উচ্চতা বাড়বে।
- (৪) সমুদ্র পৃষ্ঠের উচ্চতা বাড়ার জন্য উপকূলীয় নিচু জমি জলমগ্ন হবে। ভারত, বাংলাদেশ, মালপ, মায়ানমার, ফিলিপাইন প্রভৃতি দেশের উপকূলভাগের বিরাট এলাকা জলপ্লাবিত হবে।
- (৫) উপকূলীয় নিচু জমি প্লাবিত হওয়ার ফলে ওই এলাকার কৃষি-জমি, জনবসতি, বন্দর প্রভৃতির ক্ষতি হবে।
- (৬) উষ্ণতা বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য দাবানলের মাধ্যমে বনভূমি নষ্ট হওয়ার আশংকা বাড়বে।
- (৭) সমগ্র জীবজগতের অপূরণীয় ক্ষতি হবে।

▲ অ্যাসিড বৃষ্টি (Acid Rain) :

বৃষ্টির জলের সাথে মিশ্রিত হয়ে সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রভৃতি রাসায়নিক পদার্থ পৃথিবীর বুকে ঝরে পড়ার ঘটনা অ্যাসিড বৃষ্টি নামে পরিচিত।

প্রধানতঃ যানবাহন-কলকারখানা-ধাতু নিষ্কাশন চুল্লী থেকে নিঃসৃত গ্যাস ও দহনের ফলে সৃষ্ট ধোঁয়ার মাধ্যমে বায়ুমন্ডলে সালফার ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি জমা হয়। জলচক্রের (Hydrological cycle) অনুকূল অবস্থায় এই পদার্থগুলি বারিকণার সাথে মিশে বৃষ্টি হয়ে পৃথিবীতে নেমে আসে। এ ধরনের বৃষ্টির জলের গড়  $p^H$  ৫.৬৫।

খেমনি (১৯৮৯) ও সরকার (১৯৯২)-এর দেওয়া তথ্য অনুসারে ভারতের বিভিন্ন শহরে প্রাপ্ত বৃষ্টির জলের  $p^H$ -এর মান নিচে সংক্ষেপে তুলে ধরা হল—

ভারতের বিভিন্ন শহরে বৃষ্টির জলে  $p^H$ -এর গড় মান

ক্ষারধর্মী বৃষ্টির জল ( $p^H > ৭.০$ )	অম্লধর্মী বৃষ্টির জল		
	$p^H$ (৭.০—৬.০)	$p^H$ (৬.০—৪.৫)	$p^H$ (<৪.৫)
আমেদাবাদ	আগ্রা	ত্রিবান্দ্রম	চেন্নুর (বোম্বাই)
এলাহাবাদ	ভোপাল		
অমৃতসর	কলকাতা		
বিকানির	চন্ডীগড়		
জয়সলমির	দিল্লী		
যোধপুর	নাগপুর		
লক্ষ্ণৌ	বিশাখাপত্তনম		
শ্রীনগর			

<sup>১</sup> Khemani, L.T. et. al. (1989) a)

উৎস : Khemani [1989] ও Sircar [1992]



আসিড বৃষ্টির প্রভাবে মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণীর ক্ষতি হয়। গাছপালার উচ্চতা হ্রাস পায়। পাতা নষ্ট হয়। কৃষিজ সামগ্রীর উৎপাদন হ্রাস পায়। সুইডেন, জাপান, নেদারল্যান্ড ও কানাডার মত শিল্পোন্নত দেশে এই অশুভ পরিণতির ঘটনা কয়েকটি জায়গায় লক্ষ্য করা গেছে।<sup>১</sup>

### ▲ ওজোন স্তরের বিনাশ বা ওজোন গহ্বর (Ozone Depletion, Ozone Hole) :

ভূ-পৃষ্ঠের উপরে ১০ কিলোমিটার থেকে প্রায় ৮০ কিলোমিটার উচ্চতার মধ্যে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার নামে বায়ুমন্ডলের একটি স্তর আছে। এই স্তরের মধ্যে ওজোন গ্যাসের একটি পাতলা আবরণ আছে।

ওজোন একটি বিষাক্ত গ্যাস। তবে বায়ুমন্ডলে ওজোন গ্যাসের অবস্থিতি জীবজগৎ ও মানবজীবনের কাছে কল্যাণকর। কারণ এই গ্যাসের আবরণ সূর্য থেকে আগত অতি বেগুনী (আল্ট্রা-ভায়োলেট) রশ্মির অনেকটা শোষণ করে। এই অতি বেগুনী রশ্মি জীবজগতের পক্ষে অত্যন্ত ক্ষতিকর।

● ওজোন গ্যাসের অবক্ষয় : ১৯৭৪ সালে মার্কিন বিজ্ঞানী নোলিনা এবং রোল্যান্ড ক্লোরোফ্লুরোকার্বনের প্রভাবে বায়ুমন্ডলে ওজোন স্তরের ক্ষতি হতে পারে বলে সর্বপ্রথম আশংকা করেন। ১৯৮২ সালে আন্টার্কটিকা অঞ্চলে সমীক্ষা চালানোর সময়ে সর্বপ্রথম ওজোন গহ্বরের অস্তিত্ব খুঁজে পাওয়া যায়। ১৯৮৭ সালে দক্ষিণ মেরুর আকাশে আরও বিশদ সমীক্ষা চালিয়ে ওজোন স্তরের ঘাটতি সম্পর্কে বৈজ্ঞানিকরা নিঃসংশয় হন।

ওজোন গ্যাস অক্সিজেন থেকে উদ্ভূত হয়। একটি ওজোন অণুর তিনটি অক্সিজেন পরমাণু আছে। অন্যদিকে একটি অক্সিজেন অণুর দুটি অক্সিজেন পরমাণু রয়েছে। স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে আলট্রা ভায়োলেট রশ্মির প্রভাবে অক্সিজেন অণু ভেঙ্গে গিয়ে দুটি অক্সিজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। সেই পরমাণু যুক্ত হয় অক্সিজেন অণুর সাথে। এবং তৈরি হয় ওজনের একটি অণু।

অন্যদিকে, রং শিল্প, রেফ্রিজারেশন, প্লাস্টিক শিল্প প্রভৃতি থেকে নিঃসৃত ক্লোরোফ্লুরো কার্বন বায়ু মন্ডলে অতি বেগুনী (আলট্রা ভায়োলেট) রশ্মির সাথে বিক্রিয়া করে গ্যাসীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এবং মেরু অঞ্চলে বাতাসে ভাসমান বরফ কুটির সাথে বিক্রিয়ায় এই হাইড্রোক্লোরিক গ্যাসের অণু থেকে ক্লোরিন অণু তৈরি হয়। ক্লোরিন অণু পুনরায় অতি বেগুনী রশ্মির প্রভাবে ক্লোরিন পরমাণুতে ভেঙ্গে যায় এবং ওজোন গ্যাসকে ধ্বংস করে। এই ভাবে ওজোন স্তরে প্রতিনিয়ত অবক্ষয়ের কাজ চলছে। তার ফলে ক্ষতিকর অতি বেগুনী রশ্মি আগের চেয়ে অনেক বেশি পৃথিবীতে পৌঁছে যাচ্ছে।

● ওজোন স্তরে গহ্বর বা ওজোন স্তরের অবক্ষয়ের জন্য পৃথিবীতে আসা অতিরিক্ত অতি-বেগুনী রশ্মির প্রভাব :

- (১) অতিরিক্ত অতি বেগুনী রশ্মির প্রভাবে চামড়ার ক্যান্সার হয়।
- (২) জীব দেহের প্রতিরোধী বন্দোবস্ত (immune system) নষ্ট হয়।
- (৩) উদ্ভিদের খাদ্যগুণ হ্রাস পায়।



- (৪) প্লাস্টিক, লার্ভা, ছোট পোকাকার ক্ষতি হয়। ফলে মাছের খাবার কমে যায়।  
খাদ্যের অভাবে মাছ মারা যায়।
- (৫) অতি বেগুনী রশ্মির সাথে বিক্রিয়া করে বাতাসে অ্যাসিডের পরিমাণ বাড়ে।  
অ্যাসিড বৃষ্টির আশঙ্কাও সে কারণে বৃদ্ধি পায়।
- (৬) চোখে ছানি পড়ে ইত্যাদি।

এখানে উল্লেখ করা যায় যে, বাতাসে ক্লোরোফ্লুরো কার্বন, ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড (যারা ওজোন স্তরকে ধ্বংস করে) চালান করার ব্যাপারে পৃথিবীর শিল্পোন্নত দেশগুলি সবচেয়ে এগিয়ে আছে। ভবিষ্যতে এই ভাবে বায়ুমন্ডল যাতে দূষিত না হয়, বিশেষতঃ যার যেমন ইচ্ছে তেমন ক্লোরোফ্লুরো কার্বন যাতে বাতাসে ছাড়তে না পারে, সেজন্য ১৯৮৭ সালে “মনট্রিল চুক্তি” সম্পাদিত হয়েছে।

#### ▲ মানুষের ওপর বায়ুদূষণের প্রভাব :

বায়ু দূষণের প্রভাবে মানুষের শরীরে যে সমস্ত রোগ-বিকারের সৃষ্টি হয় নীচে তার কয়েকটি উল্লেখ করা হল।

দূষিত পদার্থ	উৎস	মানবদেহে দূষণের প্রভাব
হাইড্রোজেন সালফাইড	পেট্রো-রসায়ন ও রাসায়নিক শিল্প	বমি ভাব; চোখ ও গলা জ্বালা
নাইট্রোজেন অক্সাইড	যানবাহন থেকে নির্গত গ্যাস	শ্বাস কষ্ট; ফুসফুসের প্রদাহ
সালফিউরিক অ্যাসিড	কয়লা ও খনিজ তেলের দহন	মাথা ধরা; বমি ভাব; শ্বাসকষ্ট
কার্বন মনো-অক্সাইড	কয়লার দহন; যানবাহন	রক্তের অক্সিজেন বহন ক্ষমতা হ্রাস
অ্যামোনিয়া	সার, রং, বার্নিশ, বিস্ফোরক উৎপাদন	শ্বাসনালীর প্রদাহ
হাইড্রোজেন সায়ানাইড	ধাতু নিষ্কাশন চুল্লী, রাসায়নিক শিল্প	দৃষ্টিশক্তি হ্রাস; স্নায়ু রোগ
বেঞ্জপাইরিন	কাঠকয়লা, গ্যাসোলিন প্রভৃতির দহন	ক্যানসার

#### ১৮.৪.২. জল দূষণ [Water pollution]

□ জল দূষণের সংজ্ঞা : জলের সঙ্গে অবাঞ্ছিত পদার্থ মিশ্রিত হয়ে যদি জলের প্রাকৃতিক, রাসায়নিক ও জৈব বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন হয় এবং তার ফলে জলজ উদ্ভিদ, জলজ প্রাণী ও মানুষের অপূরণীয় ক্ষতির আশংকা থাকে, সেই রূপান্তরকে জলদূষণ বলে।

মনিবাসকম (১৯৮৪)<sup>১</sup>-এর মতে জলের বৈশিষ্ট্য এবং গুণগতমানের কুফলদায়ী পরিবর্তনকে জল দূষণ বলে। এর ফলে জলের উপযোগিতা নষ্ট হয়। (“Water pollution may be defined as the adverse change in composition or condition of the water such that it becomes less suitable for the purpose for which it would be suitable in its natural state.”)

সাঁউথউইক (১৯৭৬)<sup>২</sup> বলেছেন যে, মূলতঃ মানুষের কর্মকাণ্ড ও প্রাকৃতিক সম্পদের প্রভাবে জলের প্রাকৃতিক, রাসায়নিক এবং জৈব উপাদানগুলির গুণগত অবনমনকে জল



দূষণ হিসাবে চিহ্নিত করা যায়। (Water pollution may be defined "as the deterioration in physical, chemical and biological properties of water brought about mainly by human activities and natural resources.")

□ জল দূষণের প্রকৃতি : জল দূষণের ফলে নদীর জল, হ্রদ ও সমুদ্রের জল, ভূগর্ভস্থ জল এবং ভূ-পৃষ্ঠের ওপর বিভিন্ন জলাশয়ে আবদ্ধ জলরাশির গুণগত মানের অবনতি হতে পারে। ফলে কৃষি কাজে, শ্রমশিল্পে এবং তৃণ মিটানোর উপায় হিসাবে ঐ জল ব্যবহারের অনুপযোগী হয়ে ওঠে। দূষিত জল রোগ-মহামারী সৃষ্টি করে এবং গাছপালা ও জলজ প্রাণীর প্রাণ সংশয় হয়।

□ জল দূষণের উৎস ও কারণ : প্রকৃতি অনুসারে বিভক্ত পাঁচ প্রকার জল দূষণ, যথা, ভৌমজল দূষণ (Ground water pollution), নদী জল দূষণ (River water pollution), হ্রদ জল দূষণ (Lake water pollution), সমুদ্র জল দূষণ (Sea water pollution) এবং ভূ-ভাগের উপরে অবস্থিত জলাশয়গুলির দূষণ (Surface water pollution)। এর প্রধান কারণ ও উৎসগুলি নিচে সংক্ষেপে লিপিবদ্ধ করা হল—

(১) ঘর-গৃহস্থালীর দৈনন্দিন আবর্জনা (Domestic wastes) : মাটির ওপর দীর্ঘদিন ধরে জমা আবর্জনা থেকে বিষাক্ত রাসায়নিক ও রোগসৃষ্টিকারী জীবাণু (pathogenic organisms) জলাশয়, ভৌমজল ও ছোট ছোট জলধারাগুলি দূষিত করে। ফলে ঐ জলে অক্সিজেনের চাহিদা বেড়ে যায়; জলের মধ্যে নানা ধরনের রং দেখা যায়, জল ঘোলাটে হয়; জলে দুর্গন্ধ তৈরি হয়; জলের স্বাদ বদলে যায়। যেমন, অতিশয় দূষিত জলের রং লাল; মোটামুটি দূষিত জল সবুজ ইত্যাদি। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষা করে দেখেছেন যে, জৈব অ্যামাইন (organic amines) যুক্ত জলে আঁশটে গন্ধ (fishy odour), হিউমাস (humus) যুক্ত জলে মাটির সোঁদাগন্ধ (earthy odour) এবং হাইড্রোজেন সালফাইড ও ফসফরাস যুক্ত জলে পচা গন্ধ বা পচা ডিমের গন্ধ (rotten egg or putrid smell) পাওয়া যায়।

(২) শিল্পজাত আবর্জনা এবং বর্জ্য পদার্থ (Industrial wastes) : শিল্পের প্রকৃতি অনুসারে শিল্পজাত আবর্জনাগুলির রাসায়নিক ও প্রাকৃতিক চরিত্র বিভিন্ন ধরনের। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রে তামা, সীসা, ক্রোমিয়াম, ক্যাডমিয়াম, দস্তা প্রভৃতি ধাতু; জৈব এবং অজৈব সালফার যৌগ; ফসফরাস ও ফ্লুরিন (fluorine) জাতীয় রাসায়নিক পদার্থ কলকারখানা থেকে নিঃসৃত হয়ে জলকে দূষিত করে। বিভিন্ন শিল্পজাত আবর্জনা ও তাদের উৎসগুলিকে নিচে চিহ্নিত করা হল।

শিল্প	শিল্পজাত আবর্জনা এবং বর্জ্য পদার্থ	শিল্প	শিল্পজাত আবর্জনা এবং বর্জ্য পদার্থ
অ্যাসিটেট রেয়ন	অ্যাসেটিক অ্যাসিড	পরমাণু শক্তিকেন্দ্র	ফ্লোরাইড
অ্যালুমিনিয়াম অ্যানোডাইজ	ক্রোমিয়াম	ব্যাটারি উৎপাদন	সীসা, অ্যাসিড



মদ, সুরা উৎপাদন	অজৈব অ্যাসিড	রাসায়নিক শিল্প	অজৈব অ্যাসিড, ফেনল, অ্যামোনিয়া, জৈব অ্যাসিড, যেমন, টারটারিক অ্যাসিড
রং উৎপাদন	ফেনল যৌগ, সীসা		
ইঞ্জিনিয়ারিং শিল্প	তেল, চর্বি, গ্রিজ (Grease)		
সার উৎপাদন	ফসফেট, ক্লোরাইড	সূতা ও কাঁপাস বয়ন	ক্ষার
গ্যাস ও কোক উৎপাদন	অ্যামোনিয়া, সায়ানাইড, ফেনল, সালফাইড	পেট্রো-রসায়ন	হাইড্রোকার্বন
কাগজ	মুক্ত ক্লোরিন	তৈল শোধনাগার	হাইড্রোকার্বন, ফেনল, চর্বি, তেল, গ্রিজ (Grease)
রবার	দস্তা	করাত কল	ট্যানিক অ্যাসিড
চর্মশিল্প	ট্যানিক অ্যাসিড, ফেনল, সালফাইডসমূহ, ক্রোমিয়াম	ফটোগ্রাফি	রূপা

(৩) কৃষিজাত আবর্জনা (Agricultural wastes) : অতিরিক্ত সার, কীটনাশক, আগাছানাশক ঔষধপত্র থেকে উৎপন্ন নাইট্রেট, ফসফেট, পটাশ প্রভৃতি রাসায়নিক পদার্থ জল দূষিত করে।

(৪) বৃষ্টির পরে নগর, শহর ও জনবসতি থেকে নির্গত ময়লা জল (Run-off from urban areas) : এক পশলা বৃষ্টির পর নর্দমা, আস্তাকুঁড়, ডাস্টবিন, খাটাল, খাটাপায়খানা, শ্মশান, ভাগাড়-ধোয়া দূষিত জলের একটা বড় অংশ নদী, জলাশয় ও ভৌম জলকে প্রদূষিত করে।

(৫) ডিটারজেন্ট : সাবানের বিকল্প হিসাবে বর্তমানে ডিটারজেন্ট অত্যন্ত জনপ্রিয়। ABS নামে একটি রাসায়নিক পদার্থ (Alkyl Benzene Sulphonates), যা ডিটারজেন্টের অন্যতম প্রধান উপাদান, সেই রাসায়নিক দ্রব্যটি জল দূষণ করে।

(৬) সমুদ্রজলে ভাসমান তেল : খনিজ তেল এবং তেল উপজাত দ্রব্যগুলি সমুদ্র-জলে বিভিন্ন কারণে ছড়িয়ে পড়তে পারে। জাহাজ ডুবি, মুখোমুখি সংঘর্ষ, ট্যাঙ্কার থেকে ছিদ্রপথে তেল চুঁইয়ে পড়া, বা জাহাজে আগুন লাগা জাতীয় দুর্ঘটনা; মাঝ দরিয়ায় খালি ট্যাঙ্কার সাফ করা; মহীসোপান অঞ্চলের (continental shelves) তৈলক্ষেত্র থেকে তেল উত্তোলনের সময় দুর্ঘটনা; সমুদ্রে নিমজ্জিত পাইপ লাইনগুলি থেকে তেল বিকীর্ণিত হওয়া; বা যুদ্ধের সময় সমুদ্রজলে তেল ফেলে শত্রুর সম্পত্তি ধ্বংস করা (যেমন, ইরাক-কুয়েত ও ইরান-ইরাক যুদ্ধের সময় সমুদ্রে তেল নষ্ট করা হয়েছিল) জাতীয় ঘটনার ফলশ্রুতি হিসাবে সমুদ্রজলে ভাসমান তেলের আস্তরণ তৈরি হয়। এতে সমুদ্রজল শুধু যে বিদূষিত হয় তাই নয়, অসংখ্য জলজ প্রাণী ও উদ্ভিদ মারা যায়।

(৭) তাপ দূষণ (Thermal pollution) : তাপবিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র থেকে নির্গত গরম জল হ্রদ, নদী, খাল, বিল, যেখানেই পড়ুক না কেন, সেই জলাশয়ের উষ্ণতা বৃদ্ধি করে এবং জলের প্রাকৃতিক, রাসায়নিক ও জৈব পরিবর্তন ঘটায়।

(৮) অ্যাসিড বৃষ্টির ফলেও জল দূষিত হয়।



## □ জল দূষণের ব্যাপ্তি ও প্রভাব :

(ক) মানবদেহে জল দূষণের প্রভাব :

(১) দূষিত জল থেকে টাইফয়েড (typhoid), জন্ডিস (jaundice), আমাশয় (dysentery), কলেরা (cholera), আন্ত্রিক (gastroenteritis), পেট খারাপ (diarrhoea), টিবি (tuberculosis), হেপাটাইটিস (hepatitis), চর্মরোগ (skin disease), আর্সেনিক দূষণ প্রভৃতি রোগ মহামারীর আকার ধারণ করতে পারে।

(২) অ্যাসবেসটস জাতীয় রাসায়নিক পদার্থে প্রদূষিত জল থেকে অ্যাসবেসটোসিস (asbestosis), ক্যান্সার (lung cancer) প্রভৃতি রোগ হতে পারে।

(৩) তামা, ক্লোরিন, পারদ, নিকেল, লোহা, সায়ানাইড মিশ্রিত জল থেকে চর্মরোগ ও পেটের অসুখ দেখা দেয়।

(৪) জল শোধন করার সময় ফ্লুরিনের অতিরিক্ত ব্যবহার জলকে দূষিত করে ফেলে। এবং এই জল থেকে অ্যালার্জি, কিডনির সমস্যা, প্যারালিসিস (paralysis), হাড়ের বিকৃতি (bone malformation) প্রভৃতি কঠিন রোগ দেখা দিতে পারে।

(খ) মাটির উপর জল দূষণের প্রভাব : কৃষিকাজের জন্য দূষিত জল সেচন করার ফলে—

(১) ব্যাকটেরিয়া ও মাটির মধ্যে বসবাসকারী জীবাণুর (micro-organism) ক্ষতি হয়। এতে মাটির উর্বরতা হ্রাস পায়।

(২) দূষিত ভৌম জল মাটিতে ক্ষারের পরিমাণ বৃদ্ধি করে।

(৩) দূষিত জলে উদ্ভিদের শারীরবৃত্তীয় (physiological) পরিবর্তন ঘটে। ফলে শস্যের গুণগত মান নষ্ট হয়। এবং উৎপাদন ব্যাহত হয়।

(গ) সামুদ্রিক পরিবেশের উপর (marine ecosystem) দূষিত জলের প্রভাব :

(১) সমুদ্রজলে ভাসমান তেলের আস্তরণ সামুদ্রিক মৎস্যক্ষেত্রগুলির ক্ষতি করে এবং মাছের উৎপাদন কমে যায়।

(২) জলজ উদ্ভিদের মধ্যে বিষাক্ত পদার্থের সমাবেশ (lethal toxicity) দেখা যায়। ন্যাপথালিন (naphthalene), ফেনানথ্রিন (phenanthrene), বেঞ্জপাইরিন (benzpyrene) প্রভৃতি এ জাতীয় বিষাক্ত পদার্থের উদাহরণ।

(৩) আঞ্চলিক ভাবে সামুদ্রিক বাস্তু-তন্ত্র বিঘ্নিত হয়।

(ঘ) পাখিদের উপর জল দূষণের প্রভাব : জলাশয়ে আবদ্ধ দূষিত জলে বসবাসকারী মাছ, পোকামাকড় ইত্যাদি খেয়ে পাখিরা অসুস্থ হয়ে পড়ার ঘটনা সচরাচর নজরে আসে না। তবে সমুদ্রজলে ভাসমান তেল থেকে হাজারে হাজারে পাখি যেভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়, আর কোন কারণে পাখিদের মধ্যে এমন ব্যাপক ক্ষয়ক্ষতি দেখা যায় না। জলে ভাসমান তেল পাখির পালকে, ডানায় জড়িয়ে যাওয়ার ফলে পাখিরা ওড়ার ক্ষমতা হারায়; পালকের জলরোধী ক্ষমতা (insulation) বিনষ্ট হয়, ফলে জলের সংস্পর্শে পাখিদের শারীরিক উষ্ণতা হ্রাস পায় এবং পাখিরা মারা যায়। এই অবস্থাকে বৈজ্ঞানিক পরিভাষায় “হাইপোথার্মিয়া” (hypothermia) বলে।