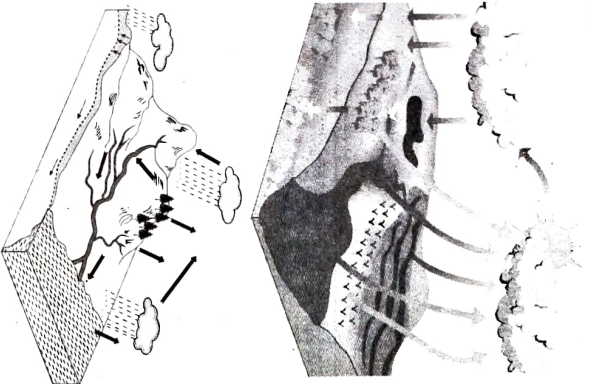


জলচক্র (Hydrological Cycle)

□ সূচনা (Introduction) :

মানুষ এবং জৈবমণ্ডলের অন্যান্য সব উপাদান অস্তিত্ব রক্ষার জন্য একান্ত প্রয়োজনীয় একটি পদার্থ হল জল। এছাড়া ভূ-পৃষ্ঠকে পরিবর্তিত করার ক্ষেত্রেও জল এক দ্বিগু গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বর্তমানে বিশ্বের জনসংখ্যা এবং কৃষি ও শিল্পে জলের চাহিদা দ্রুত হারে বৃদ্ধি পাওয়া দরুন পৃথিবীর বহু অঞ্চলে জলের গুরুত্ব পূর্বাপেক্ষা বেড়েছে। পৃথিবীর সমস্ত জলসম্পদ বিশ্বব্যাপী এক বিশাল প্রকৃতি চক্রের মাধ্যমে অবিরামভাবে আবর্তিত হয়ে চলেছে। এভাবে জলের মহাসাগরসমূহ থেকে বায়ুমণ্ডলে গমন এবং বায়ুমণ্ডল থেকে পৃথিবীর স্থলভাগে ও জলভাগে প্রত্যাবর্তনকে জলচক্র বলা হয়ে থাকে। সুতরাং, বায়ুমণ্ডল, মহাসাগর, মহাদেশ ও ভৌমজল ভাঙার—এই চার বিশাল জলধারার মধ্যে জলের ক্রমাধারে বা পর্যায়ক্রমে চলাচল সাধারণভাবে 'জলচক্র' নামে পরিচিত।



অধ্যায় সূচি

- সূচনা □ সংজ্ঞা □ জলচক্র-বিজ্ঞানী জে আর মুর-এর ব্যাখ্যা □ জলবিজ্ঞানে চক্রের রূপ □ জলচক্রের গুরুত্ব □ জলচক্রের প্রক্রিয়াসমূহ/পৃথিবী ব্যাপী জলচক্র সম্পর্কিত বিভিন্ন বিষয় □ জলচক্রের নানান পথ পরিক্রমা □ জলচক্রের একক হিসেবে নদী অববাহিকা/অববাহিকায় জলচক্র □ জলচক্রের পর্যায়/বিশ্বব্যাপি জলচক্রের পর্যায় □ জলচক্রের বিভিন্ন উপাদান/প্রভাবকারী উপকরণ সমূহ □ জলচক্রকে ভূ-প্রাকৃতিক বা ভৌত বা জৈবিক উপাদানের ভূমিকা বা গুরুত্ব।

পৃথিবীর মোট জলসম্পদের 1% সর্বদা গতিশীল ও পরিবর্তন প্রক্রিয়ার সংজ্ঞা যুক্ত থাকে এবং এই গতিশীল ও পরিবর্তনশীল অবস্থা প্রাণীজগতের অস্তিত্বের ক্ষেত্রে একান্ত অপরিহার্য। জল সর্বত্র বিরাজমান হলেও এর প্রকৃতি ও পরিমাণ সর্বত্র সমান নয়। এই জল সমুদ্র, হ্রদ, নদী প্রভৃতি থেকে বাষ্পীভবনের মাধ্যমে এবং গাছপালা থেকে প্রসঙ্গা পরবর্তী সময়ে বায়ুমণ্ডলের মধ্যে ঘনীভূত হয়ে মেঘে পরিণত হয়ে ভূমিভাগ, সমুদ্র ইত্যাদিতে অধঃক্ষেপণ রূপে পতিত হয়। এভাবে পর্যায়ক্রমে ও চক্রাকারে জল একপূর্ণ থেকে অন্যরূপ ধারণ করছে।

□ সংজ্ঞা (Definition) :

জলচক্র সম্পর্কিত নানাভাবে সংজ্ঞা উপস্থাপন করা যেতে পারে। এগুলি হল—

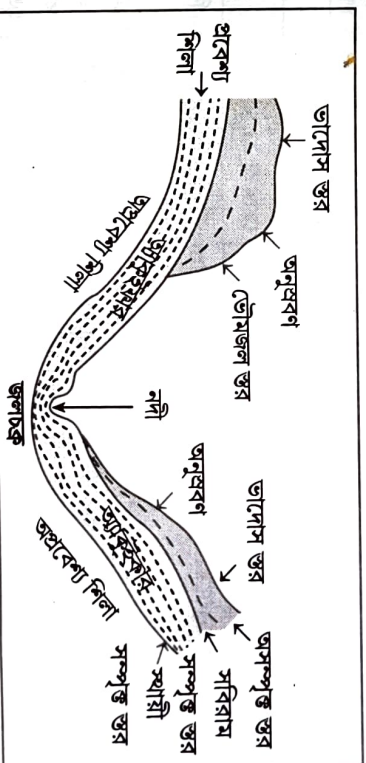
26

□ প্রথমত, সাগর, মহাসাগর ও অন্যান্য জলদেহ থেকে জলীয়বাষ্প উঠে তৈরি হয় মেঘ। তারপর তা বায়ুভাজিত হয়ে ভূ-খণ্ডে প্রবেশ করে। স্থলভাগে বায়ুমণ্ডলের আর্দ্রতার অনুপাত বাড়তে বাড়তে বায়ুমণ্ডল পরিপূর্ণ হলে ভূ-ভাগে বৃষ্টিপাত ঘটে। বৃষ্টির জলের কিছুটা ভূমির ওপরে স্থানীয় প্রবাহরূপে নদীখাতিতে এসে পড়ে শেষ পর্যন্ত সাগরে ফিরে আসে, কিছুটা অনুভবের ফলে ভূ-গর্ভে সঞ্চারিত হয় এবং শেষ পর্যন্ত প্রবাহরূপে বা নদীগর্ভে আবার ভূমির ওপরে ফিরে আসে, আর কিছুটা বাষ্পীভূত হয়ে বায়ুমণ্ডলে আর্দ্রতার সঞ্চার করে। অর্থাৎ, সব জলই সাগর থেকে উঠে আবার সাগরই বিলীন হয়। জলের এই চক্রই আবর্তনকে জলচক্র বলে। জলচক্র সম্পূর্ণ আবর্তিত হতে সাধারণত 2.5 বছর সময় লাগে।

□ দ্বিতীয়ত, সমুদ্র থেকে জলবাষি বাষ্পীভূত হয়ে আবহমণ্ডলে যায়। সেখান থেকে অধঃক্ষেপণরূপে স্থলভাগে পতিত হয়। স্থলভাগে থেকে নানান প্রকারে ভূ-পৃষ্ঠে ও ভূ-গর্ভস্থ পথে জলের সমুদ্রে প্রত্যাবর্তন ঘটে। এভাবে প্রক্রিয়াটি বিরামহীনভাবে চলে। একেই জলচক্র বলে।

□ তৃতীয়ত, পৃথিবীর শিলামণ্ডল, বায়ুমণ্ডল ও উপরিস্থিত বায়ুমণ্ডলে জলের পরিমাণের ভারসাম্য বজায় রাখার জন্য জলবাষি চক্রই আবর্তনকে উদ্বুদ্ধ বা জলচক্র বলে। প্রধানত বৃষ্টিপাত ও তুষারগলা জল ভূ-পৃষ্ঠে জলের অভাব গড়ে তোলে। বৃষ্টির জল ও তুষারগলা জলের কিছু অংশ প্রাকৃতিক জলধারারূপে সাগর বা মহাসাগরে গিয়ে পড়ে। আবার কিছুটা অংশ শিলাখিঁড় ফাটল বা রসের মাধ্যমে ভূ-গর্ভে ভৌমজলরূপে সঞ্চিত হয়। সুধারাবির প্রভু তাপে প্রাকৃতিক জলধারা, সাগর ও মহাসাগরের জল বাষ্পীভূত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে ঘনীভূত হয়। এছাড়াও প্রধান (Transpiration) প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদকূল থেকে নিগত জল ঘনীভূত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মেঘের সৃষ্টি করে এবং পরবর্তীকালে বৃষ্টিরূপে বরেন পড়ে। প্রাকৃতিক নিয়মে জলবাষির অবিরাম চক্রই স্থানান্তরকে জলচক্র বলে।

□ চতুর্থত, ভৌগোলিক ও ভৌত অবস্থায় জলের বিভিন্ন পরিবর্তনের মধ্য দিয়ে সমুদ্র, বায়ুমণ্ডল ও স্থলভাগে জলের পরিমাণমত যে সমতা থাকে, তাই জলচক্র বলে।



□ জলচক্র-বিজ্ঞানী জে আর মুর-এর ব্যাখ্যা (Explanation of Scientist J R More —Hydrological Cycle) :

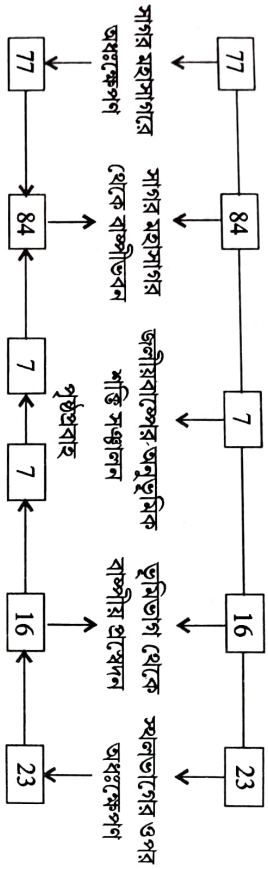
জলবিজ্ঞানী জে আর মুর শতকরা হিসেবে বার্ষিক মোট বৃষ্টিপাতের 85.7 সেন্টি-কে 100 একক ধরে এক বিশেষ সংখ্যাভিত্তিক জলচক্রের জলের আপান-প্রদানকে একটি তালিকা দ্বারা প্রকাশ করেছেন। তাঁর মতে সমস্ত প্রক্রিয়ার প্রধান উপাদানগুলি, যেমন—input, output, প্রবাহ নিয়ন্ত্রক, সমুদ্র প্রভৃতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে থাকে।

এই প্রক্রিয়ায় সমুদ্র উপাদানের প্রভাব, input-output ও প্রবাহ উপাদান অপেক্ষা বেশি। তাই সমুদ্রে সঞ্চিত বিশাল পরিমাণ জলবাষি জলচক্র প্রভাব বিস্তার করে থাকে।

বিজ্ঞানী মুর প্রদত্ত জলচক্রকে জলের আদান-প্রদানের তালিকাটি নিম্নরূপ—

জলচক্রকে জলের আদান-প্রদান
(J R More তালিকা অনুসারে)

বায়ুমন্ডলে মোট শিষ্টি জলের 0.035%



মোট সাগর-মহাসাগরের জলের 97%	নদী অববাহিকা 0.03%		বরফ ও হিমবাহ মোট শিষ্টি জলের 79%
	মাটির আর্দ্রতা 0.06%	হ্রদ 0.3%	
	ভৌমজল (< 750m) 11%	ভৌমজল (750-400m) 14%	
মহাসাগর	মহাদেশ (% মোট শিষ্টি জলের পরিমাণ)		

জলচক্র 100 একক = পৃথিবীব্যাপী অধঃক্ষেপণ 85.7 সেমি বা 23.8"

○ মুর-এর তালিকা অনুসারে : জলবিজ্ঞানী মূল-এর তালিকা অনুসারে পৃথিবীব্যাপী জলচক্রের মূল বিষয়গুলি নিয়ে নীচে বর্ণনা করা হল—

(1) সাগর-মহাসাগর (Ocean) : মহাসাগর হল জলচক্রের অন্যতম প্রধান উৎস। হু-পুর্চের মোট আয়তনের প্রায় 71% স্থান জুড়ে রয়েছে সাগর-মহাসাগরগুলি। হু-পুর্কের দ্বারা পৃথিবীর মোট জলের 97.5% জল ধরে রাখে এবং এই জলের প্রকৃতি লবণাক্ত। পৃথিবীর মোট জলের 68.7% নিষ্টিজল, যা হিমবাহ ও তুষার আবরণ দ্বারা জমা থাকে ও বাকী অংশে অর্থাৎ 29.9% হল ভৌমজল ও 0.26% হল নদী-নালা, হ্রদ, পুকুর, ঝাঁওত ইত্যাদি।

(2) জলীয়বাষ্প (Water vapour) : জলীয়বাষ্প হল জলচক্রের আধার। পৃথিবীর আধিকাংশ জলীয়বাষ্প মহাসাগর থেকে উৎপন্ন হয়। এছাড়া স্থলভাগের নদী, হ্রদ, জলাশয় এবং বনভূমি থেকেও জলসম্পদ উল্লেখযোগ্য পরিমাণে উৎপন্ন হয়। এই জলীয়বাষ্প যা বাষ্পীভবন, প্রবেশন, বাষ্পীয় প্রবেশন প্রভৃতি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বায়ুমন্ডলে ফিরে আসে। পৃথিবীর মোট জলীয়বাষ্পের পরিমাণ নির্ণয় করার সময় মেঘের অন্তর্গত জলের পরিমাণকে তেমন একটা গুরুত্ব না দেওয়ার কারণ যেহেতু মেঘের অন্তর্গত মোট জলের পরিমাণ বায়ুমন্ডলের মোট জলীয় বাষ্পের মাত্র 4%।

(3) অধঃক্ষেপণ (Precipitation) : বৃষ্টিপাত, তুষারপাত, নিলাপাত ইত্যাদি অধঃক্ষেপণের অন্তর্গত। ভূমি বৃষ্টিপাত অপেক্ষাকৃত অধিক জলধারা ও হালকা বৃষ্টিপাত অপেক্ষাকৃত অধিক হারে ভৌমজল প্রবেশ ঘটায়। দীর্ঘসময় ভরী বৃষ্টিপাত হু-পৃষ্ঠস্ব এবং হু-গর্ভস্ব জল প্রবাহের সৃষ্টি ঘটায়। পৃথিবীর নানান অঞ্চলে অধঃক্ষেপণের বন্টন

○ **জলচক্রের ধারণা :** জলচক্রের দুটি ধারণা, যথা—

(i) **চক্রীয় পদ্ধতি,** (ii) **তত্ত্বীয় পদ্ধতি।**

(i) **চক্রীয় পদ্ধতি :** পৃথিবীর উপরিভাগের জলকে বাষ্পমুক্ত করে। যা পৃথিবীর উপরিভাগে বায়ুমন্ডলে মধ্যে 15 কিমি এবং নিচে পৃথিবীর ভূ-ত্বক শিলামন্ডলের মধ্যে 1 কিমি পর্যন্ত বিস্তৃত। জলমন্ডলে জলের চক্রাকার আবর্তনকে জলচক্র বলে।

(ii) **তত্ত্বীয় পদ্ধতি :** জলবিদ্যাগত চক্রের অধ্যয়নগুলির মাধ্যমে জলের সঞ্চারিত হতে প্রতিনিয়ত ঘটা তাই জলবিদ্যাগত চক্রের গবেষণায় তত্ত্বীয় পদ্ধতি প্রয়োগের সম্ভাবনা রয়েছে। বস্তুসমূহ কিংবা জলসমূহের এক ধরনের ইঞ্জিয়প্রায় সম্পর্কে বোঝায়। এই চক্রটি একটি প্রাকৃতিক তত্ত্ব বা স্রোত সৃপনতত্ত্ব বা উপতত্ত্বগুলির শৃঙ্খলার দ্বারা পরস্পরের সাথে গতিগতভাবে যুক্ত। ফলে একটি উপতত্ত্বের output আর একটি উপতত্ত্বের স্রোতের দ্বারা পরস্পরের সাথে গতিগতভাবে যুক্ত। ফলে একটি উপতত্ত্বের output আর একটি উপতত্ত্বের input হয়ে যায়। প্রক্রিয়াটি স্বতন্ত্র হতে পারে এর কার্যকলাপের প্রক্রিয়াটি output-এর feedback দ্বারা প্রভাবিত।

□ **জলচক্রের গুরুত্ব (Importance of Hydrological Cycle) :**

প্রথমত, জল হল একটি অপরিবর্তনশীল এবং গতিশীল প্রাকৃতিক উপাদান। এই সম্পদটি শূন্যমাত্র মানবের প্রত্যক্ষ ভোগের জন্যই ব্যবহৃত হয় না, এটা সর্বশ্রেণী অর্থনৈতিক উন্নয়নের জন্য এক বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এছাড়া জৈব ও অজৈব পরিবেশের অন্যতম প্রধান গঠনকারী উপাদান এবং মানুষের নানান আনন্দলাভের এক প্রধানতম উৎসস্বরূপও জলের বিশেষ গুরুত্ব রয়েছে।

দ্বিতীয়ত, জলচক্র প্রধানত একটি বিশাল বিশ্বব্যাপী প্রাকৃতিক ব্যবস্থা হলেও বর্তমানে এক প্রযুক্তিগত ও সামাজিক ব্যবস্থারূপে এর গুরুত্ব ক্রমাগত বাড়াচ্ছে। U.S.A.-এর সমীক্ষা থেকে দেখা যায় যে, এই দেশের সমগ্র জাতীয় সম্পদের প্রায় 10% জলচক্রকে পরিবর্তিত করার জন্য ব্যবহৃত হচ্ছে। সেজন্য যেসব ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়েছে সেগুলি হল—এই দেশের ভূ-তল প্রায় মোট জলের প্রায় 20%-এর গতিপথ পরিবর্তন ও সঞ্চয়করণ জলাভাসের অঞ্চল সমূহে মোট জলের সরবরাহ দ্রুত জলকে পরিশোধন ও নিকাশ করে তাকে পুনরায় জননির্গর প্রণালীতে প্রেরণ ইত্যাদি।

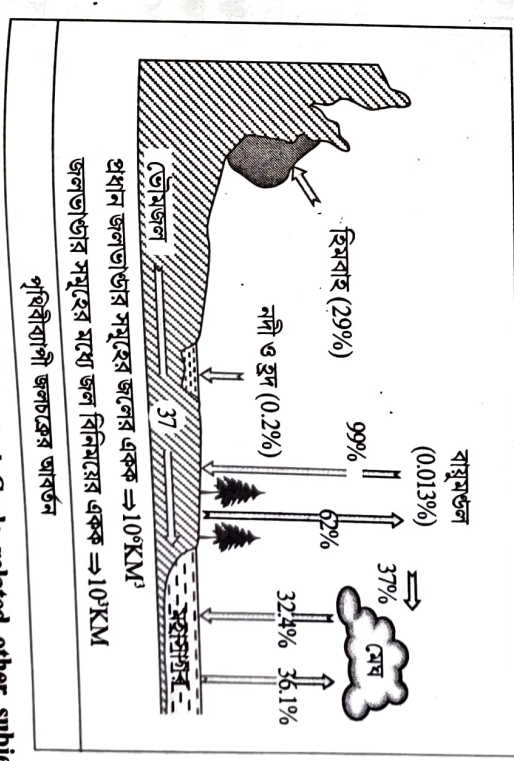
তৃতীয়ত, জলচক্রের প্রযুক্তি সম্পর্কিত বিষয়সমূহ হল—বীধ, জলাধার, খাল, নাল, জলাশয় প্রভৃতি নির্মাণ ও তাদের রক্ষণাবেক্ষণ বর্তমানে জলের শীতলীকরণ, আণবিক প্রক্রিয়ায় জল লবণমুক্তকরণ, জলবিদ্যুৎ উৎপাদন জলসেচ, জলপথ ইত্যাদির ব্যবস্থা প্রসার ও উন্নতির সাথে জলচক্রের প্রযুক্তিগত দিকটি জটিল ও উন্নতমানের হয়েছে। মানুষের সামাজিক ও রাজনৈতিক ব্যবস্থাসমূহের ওপরেও জলচক্রের এক বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ প্রভাব লগ্ন করা যায়। এইসব কারণে বিশ্বব্যাপী উৎকর্ষ ব্যবস্থায় ভারসাম্য রক্ষা এবং মানব সমাজের টিক উন্নতি জলচক্র সঠিক আনন্দন ও জলচক্র বিষয়ক জ্ঞানের ওপর বিশেষভাবে নির্ভরশীল হয়ে উঠেছে।

□ **জলচক্রের প্রক্রিয়াসমূহ/পৃথিবীব্যাপী জলচক্র (Process of Hydrological Cycle)**

Global Hydrological Cycle :

পৃথিবীব্যাপী জলচক্রের মাধ্যম পৃথিবীর স্বল্পভাগ ও জলভাগ থেকে বায়ুমন্ডলে এবং বায়ুমন্ডল থেকে ভূ-পৃষ্ঠে জল অবিরামভাবে চলাচল করেছে। প্রধানত সৌরশক্তির প্রভাবেই জলের এরূপ স্থানান্তর হয়ে থাকে প্রতিক্রমের এক বিশাল পরিমাণ জল পৃথিবী থেকে বায়ুমন্ডলে সঞ্চারিত এবং বায়ুমন্ডলের অধঃক্ষেপণের মাধ্যমে পুনরায় ভূ-পৃষ্ঠে প্রত্যোগমান করলেও পৃথিবীর সমগ্র জলসম্পদের এক অতিক্রম অংশই জলচক্র অংশগ্রহণ করে থাকে। জলচক্র চলাচলের প্রক্রিয়াসমূহ প্রধানত সেইসব অবস্থার মাধ্যমে নিম্নলিখিত হয়ে তারা হল বায়ুর উত্তপ্ত আর্দ্রতা ও বায়ুপ্রবাহ। অপর্ণপক্ষে, মেঘ বায়ুমন্ডলে জলের সাময়িক আধাররূপে এবং ভূ-পৃষ্ঠে সঞ্চারিত হলে

পৃথিবীব্যাপী জলচক্রের আবর্তনের দুটি প্রক্রিয়া হল বাষ্পীভবন (Evaporation) ও বাষ্পমোচন (Transpiration)। সূর্য থেকে তাপশক্তি পৃথিবীর জলভাগে ও স্বল্পভাগে বাষ্পীভবনের এবং উদ্ভিদসমূহের বাষ্পমোচনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি সরবরাহ করে। এই শক্তির প্রভাবেই জল জলীয়বাষ্প রূপান্তরিত হয়ে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে বায়ুমন্ডলে সঞ্চারিত হয় এবং পরে তা অধঃক্ষেপণের মাধ্যমে বৃষ্টিপাত অথবা তুষারপাতরূপে পৃথিবীতে পুনরায় ফিরে আসে। ফিরে আসা এই জলের প্রথম অংশটি মুক্তিকা দ্বারা শোষিত হয়। তবে এই শোষণের পরিমাণ মুক্তিকার প্রবেশ্যতা ও অপ্রবেশ্যতা এবং মুক্তিকার শূন্যস্থানে আগে থেকে সঞ্চিত জলের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে। মুক্তিকার শোষিত হওয়ার পর অবশিষ্ট জল ভূ-তলে প্রবাহিত হয়ে সরাসরি জলনির্গর প্রণালীতে প্রবেশ করে। মুক্তিকার অনুপ্রবিষ্ট জলের কিছু অংশ মুক্তিকার উপরিভাগে সঞ্চিত হয়। এরপরে মুক্তিকা থেকে বাষ্পীভবন ও উদ্ভিদসমূহের বাষ্পমোচনের মাধ্যমে এই জল নিগত হয়ে পুনরায় বায়ুমন্ডলে মুক্ত হয়ে থাকে। অনুপ্রবিষ্ট জলের একটি অংশ ভূ-গর্ভের বেশি গভীরতায় অবস্থিত অপ্রবেশ্য সম্পৃক্ত ত্বরে প্রবেশ করে এবং দীর্ঘস্থায়ী জলরূপে সঞ্চিত হয়ে থাকে। এছাড়া সমুদ্রের কাছাকাছি স্থানের ভূনিচে অনুপ্রবিষ্ট জল নীচে নিমজ্জিত না হয়ে ভূ-ত্বকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে সরাসরি সমুদ্রে এসে মিলিত হয়।



□ **জলচক্র সম্পর্কিত বিভিন্ন বিষয় (Hydrological Cycle related other subjects) :**

○ **জলচক্রের মাধ্যম (Medium of Hydrological Cycle) :** পৃথিবীব্যাপী জলচক্র সংঘটন প্রক্রিয়াটি নিরবচ্ছিন্নভাবে ও নিয়মিতভাবে সংঘটিত হয়ে চলে। শূন্যমাত্র তুষাররূপের আবির্ভাবেই এতে স্বল্পকালীনভাবে বিঘ্ন ঘটে। সমুদ্রে বিশাল পরিমাণ জলের সরবরাহ থেকে শুরু করে মরুভূমিতে এক কেঁটা জলের জোগান এককক্ষায় সত্যতা প্রমাণ করে থাকে। ভূ-পৃষ্ঠে জলের পরিমাণ সমুদ্র, হ্রদ, নদী-নালাসহ মধ্য দিয়ে নিয়ন্ত্রিত হয়।

সমুদ্রজলতল থেকে বাষ্পীভবন নিরবচ্ছিন্ন যদিও অধিকংশ জলীয়বাষ্প ঘনীভূত হয়ে অধঃক্ষেপণরূপে পানির-মধ্যসাগরে পতিত হয়। এর এক বিশেষ অংশ বায়ু দ্বারা প্রবাহিত হয়ে স্বল্পভাগের ওপরে আসে যেখানে বায়ুমধ্যস্থিত জলকণা যথাক্রমে বৃষ্টিপাত, তুষারপাত, শিলাবৃষ্টি প্রভৃতি রূপে পতিত হয়। এরা শিশির, কুয়াশা বা বৃষ্টিরূপে উদ্ভিদ ও স্বল্পভাগের বিভিন্ন পাদার্থের ওপর ঘনীভূত হয়ে অবস্থান করে। শিশির, কুয়াশা, বৃষ্টিরূপে আসে থাকা অধিকংশ জলকণা সরাসরি বাষ্পীভূত হয়ে যায়। অন্য আর অংশ ভূ-পৃষ্ঠে পরে জলধারার মাধ্যমে প্রবাহিত হয়ে নদীতে পড়ে যা নদী দ্বারা বাহিত হয়ে সাগরে পতিত হয়। এছাড়া অন্য এক বিশেষ অংশ

যায় যে, শুল্ক (0-50) অক্ষাংশ (30-60) E, পশ্চিম অক্ষাংশ (0-30) I > E, পশ্চিম অক্ষাংশ (0-30) I > E।
ক্লীয় অঞ্চলের জলপ্রবাহের ঋণাত্মক মানসহ জলের আধিক্য দেখা যায়। উপক্রান্তীয় অঞ্চলে জলপ্রবাহের ধনাত্মক
নর অর্থ হলে বাষ্পীভবনের জন্য প্রয়োজনীয় জলের চাহিদা সমুদ্রস্রোতের জলের মাধ্যমে মেটানো। 40° অক্ষাংশের
ধরে মেঝুর দিকে জলের আধিক্য পরিলক্ষিত হয়। কিন্তু উষ্ণ অক্ষাংশে (60°-90°) বৃষ্টিপাত, বাষ্পীভবন ও জলপ্রবাহ
ন পরিমাণ দ্রুত কমেতে থাকে এবং মেঝুতে প্রায় শূন্য (0)-এ পৌঁছায়।

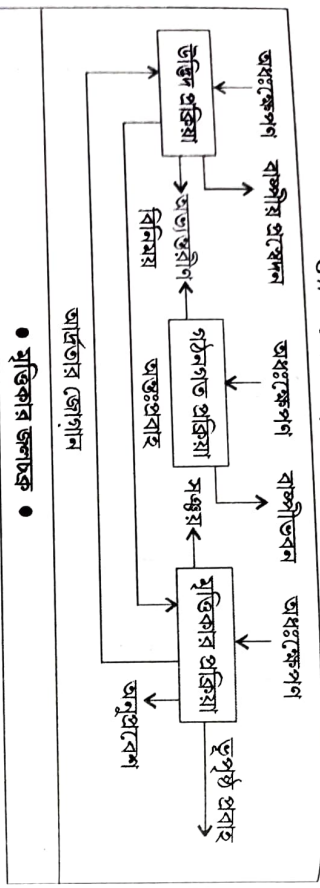
◆ **রিচার্জ ও ডিসচার্জ (Recharge and Discharge) :** ভূ-পৃষ্ঠস্থ নদী-নালা দিয়ে কিংবা ভৌমজল

জলপথ দিয়ে স্থলভাগের জল সমুদ্রে নির্গত হয়। একেই ডিসচার্জ বা জলনিষ্করণ বলে। এছাড়া
বাষ্পীভবনের ফলে নদী-নালা, অন্যান্য জলাশয়, পুকুর, বাওড় ও ভৌমজলের হ্রাস ঘটে। জলের নিষ্করণ
ও বাষ্পজনিত এই হ্রাস পূরণ হয় পুনরায় বৃষ্টিপাত, তুষারপাত, বরফগলা জল প্রভৃতির দ্বারা ও অন্যান্য
ও বাষ্পজনিত এই হ্রাস পূরণ হয় পুনরায় বৃষ্টিপাত, তুষারপাত, বরফগলা জল প্রভৃতির দ্বারা ও অন্যান্য
ও বাষ্পজনিত এই হ্রাস পূরণ হয় পুনরায় বৃষ্টিপাত, তুষারপাত, বরফগলা জল প্রভৃতির দ্বারা ও অন্যান্য

নির্ভরশীল সূত্রের সাহায্যে বিষয়টি উপস্থাপন করা যায়—

$$SW = P - (ET + SF + GW)$$

SF = ভূ-পৃষ্ঠস্থ জল প্রবাহ (Surface water flow),
 P = অধঃক্ষেপণ (Precipitation),
 ET = বাষ্পীয় প্রস্রবন (Evapo-transpiration),
 SW = মৃত্তিকাস্থ জল (Soil water),
 GW = ভৌমজল (Ground water)।



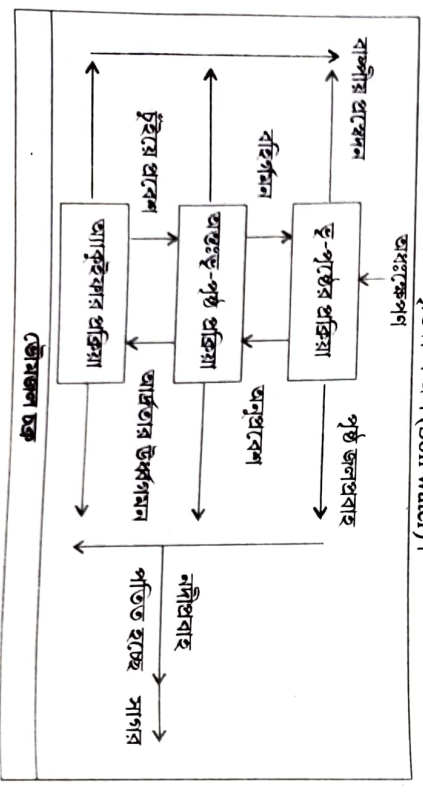
● মৃত্তিকার জলচক্র ●

(4) ভৌম জলচক্র (Ground water cycle) : অধঃক্ষেপণের কিছু অংশ মৃত্তিকার মাধ্যমে পৌঁছায় ভৌম হিসেবে সঞ্চিত হয়। এই জল ধীরে ধীরে ভূ-পৃষ্ঠের তলদেশে দিয়ে প্রবাহিত হয়ে নদীর জলের সংস্থান করে। কিছু অংশ ভূ-পৃষ্ঠের তলদেশ দিয়ে সরাসরি সাগরে প্রবাহিত হয়। এভাবে ভৌমজল সরাসরি কিংবা নদী প্রবাহে মধ্য দিয়ে সাগরে পৌঁছায়। সুতরাং, বাষ্পীভবন, অধঃক্ষেপণ, পরিষ্কার, ভৌমজল সঞ্চার ও ধীর প্রবাহের মাধ্যমে পুনরায় সাগরে প্রত্যাবর্তন একটি চক্রের সৃষ্টি করে।

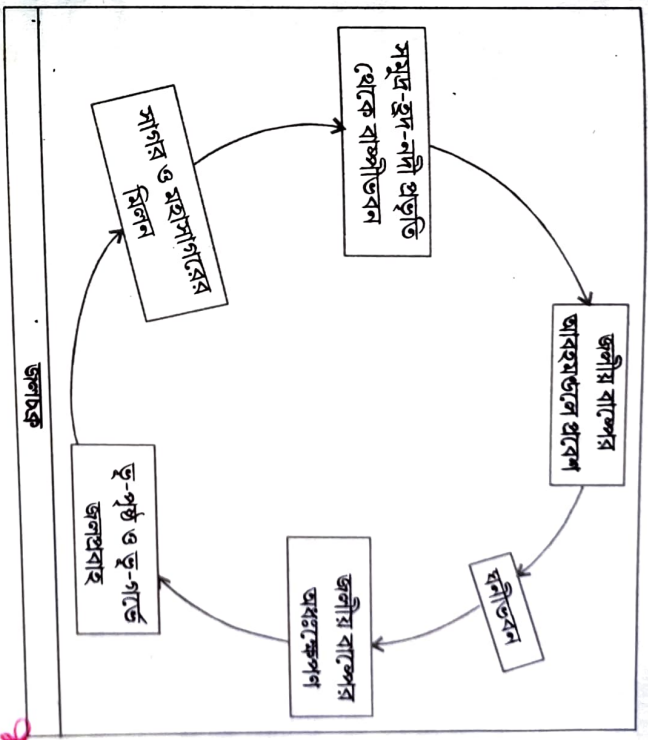
নির্ভরশীল সূত্রের সাহায্যে বিষয়টি উপস্থাপন করা যায়—

$$GW = P - (ET + RC + SW)$$

GW = ভৌমজল (Ground water),
 P = অধঃক্ষেপণ (Precipitation),
 ET = বাষ্পীয় প্রস্রবন (Evapo-transpiration),
 RC = নদী কর্তৃক বাহিত জলের পরিমাণ (River carried water),
 SW = মৃত্তিকাস্থ জল (Soil water)।



● মধ্যদেশের অভ্যন্তরীণ চক্রের মধ্যে ভৌমজল জলচক্রের উপগমন ঘটবে এবং অধঃক্ষেপণ ঘটা এই অঞ্চলেই যার পড়ে বলে একে অভ্যন্তরীণ জলচক্র (Inner cycle) বলে।



□ জলচক্রের একক হিসেবে নদী অববাহিকা/অববাহিকার জলচক্র (River Basin as a Hydrological Cycle) :

○ সংজ্ঞা (Definition) : জলবিভাজিকা দ্বারা সীমাবদ্ধ কোনো নদী অববাহিকায় যে জলচক্র সম্পন্ন হয়, তাকে ওই নদী অববাহিকার জলচক্র বলে।

○ ব্যাখ্যা (Explanation) : কোনো নদী অববাহিকার জলবাহী মাধ্যমস্বরূপ শক্তির টানে এবং ভূ-পৃষ্ঠের ঢাল বরাবর পৃষ্ঠপ্রবাহ এবং ভূ-অভ্যন্তরীণ প্রবাহরূপে নানান সাগর ও হ্রদে গিয়ে মিলিত হয়। জলচক্রে মূল প্রক্রিয়াগুলি যেন— বাষ্পীভবন, বাষ্পীয় প্রস্রবন, অধঃক্ষেপণ প্রভৃতি প্রক্রিয়াগুলি অববাহিকার জলচক্রের ক্ষেত্রে একইভাবে কাজ করে থাকে। তবে নদী অববাহিকার জলচক্রটি সাধারণত স্থানীয় ভূ-প্রকৃতি ও জলবায়ুর ওপর অনেকাংশে নির্ভরশীল। তাই নদী অববাহিকার জলচক্রকে মূলত প্রণালী বলা হয়।

অববাহিকার জলচক্র কীভাবে সম্পন্ন হয়, তা নীচের সমীকরণের সাহায্যে উপস্থাপন করা হল—

$$P = q + e + \Delta (RML GS)$$

যেখানে,
 P = Precipitation বা অধঃক্ষেপণ যা উল্লুঙ শিলা, মৃত্তিকা, শিলাচূর্ণ, ও উদ্ভিদ, পিথর ও প্রবাহমান জলধারার ওপরে পতিত হবে,
 q = অববাহিকাস্থিত প্রবাহমান জলধারা,
 e = বাষ্পীয় প্রস্রবন,
 I = Interception stage, যা উদ্ভিদের কাণ্ড ও পাতায় প্রতিহত হয়,
 R = Reserve of Ground water বা ভূ-পৃষ্ঠস্থ জল সঞ্চার,
 M = Moisture of soil বা মৃত্তিকাস্থিত জল সঞ্চার,
 L = Water in the Layer of Aeration বা বাতাসিত অঞ্চলের জল,

$G = \text{Ground water storage}$ বা ভৌমজলের সঞ্চয়,
 $S = \text{Soil water}$ বা মৃত্তিকা মাধ্যম জল সঞ্চয়।

গুরুত্ব (Importance) : (1) নদী অববাহিকার জলসরবরাহে বিক্ষিপ্ত প্রবাহ ও সঞ্চয়ের মধ্যে একটি ভূরসায়িক রক্ষিত হয়।

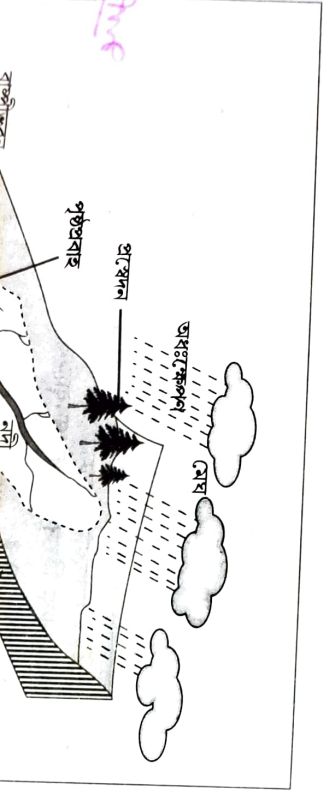
(2) জলের উৎসগুলির অনুসন্ধান ও জল সঞ্চয়ের বাধাগুলিকে চিহ্নিত করতে পারলে অববাহিকার জনসংস্পর্কে (ভূ-পৃষ্ঠস্থ ও ভূ-গর্ভস্থ) একটি সম্যক ধারণা লাভ সম্ভব হয়।

(3) অববাহিকা বিশেষত জনবসতিপূর্ণ অববাহিকাবিশিষ্ট নদীগুলিতে জলচক্র সম্পর্কে সম্যক জ্ঞানে প্রায়োগিক গুরুত্ব খুব বেশি।

(4) বৃষ্টিপাতে উৎস জল সৃষ্টি হলে কিছু তা নিয়ন্ত্রণযোগ্য হবে ও বন্যার সৃষ্টি করবে না।

(5) অববাহিকায় জলসম্পদে টান পড়ে খবার তীব্রতা থেকে সোজন্য যে অসুবিধা হবে তা আগে থেকে অনুমান করা গেলে প্রতিবিধানের ব্যবস্থা নেওয়া যায়।

(6) অববাহিকা জলচক্র সমীক্ষার একটি অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ ক্ষেত্র।



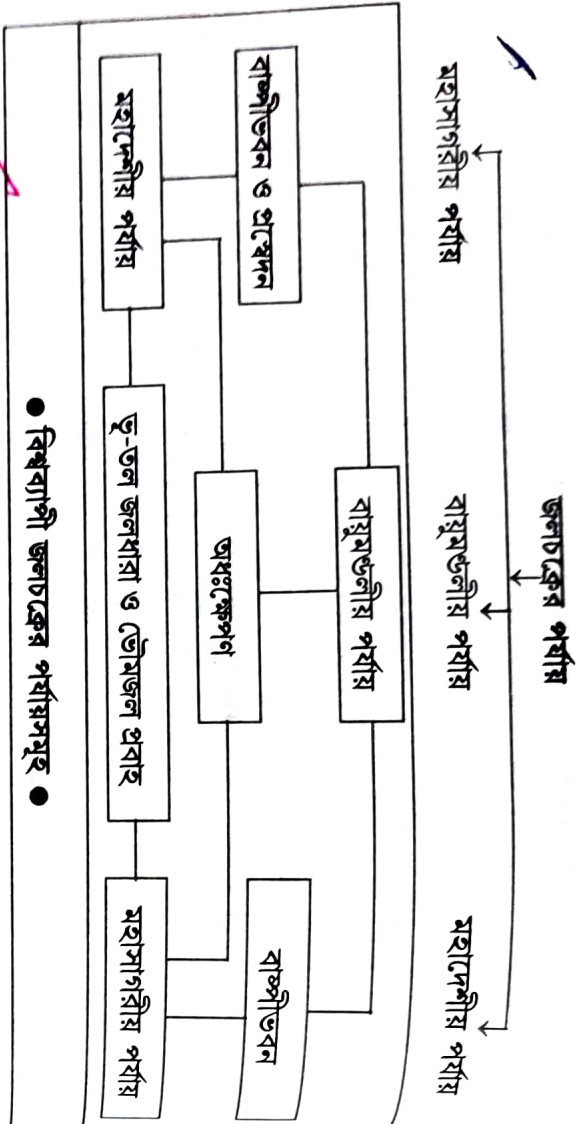
জলনির্গমন সঠিকভাবে হয়ে থাকে। সুতরাং, ধারণ অববাহিকার অন্তর্গত নদীর সংখ্যা ও পর সমুদ্রে বাহিত জলের পরিমাণ নির্ভর করে।

(3) ভূমি শিলার প্রকৃতি (Nature of base rock) : নদী অববাহিকায় ভূমিভাগে প্রবেশ্য ও অপ্রবেশ্য শিলাস্তরের অবস্থান জলচক্রকে প্রভাবিত করে। প্রবেশ্য শিলাস্তরের আধিক্য ভৌমজল সঞ্চয় বেশি ঘটায় যেখানে ভূ-পৃষ্ঠে অপ্রবেশ্য শিলাস্তরের প্রাধান্য বেশি সেখানে নদী প্রবাহ বাড়িয়ে সমুদ্রে জল প্রত্যাবর্তন বেশি পরিমাণে ঘটায়। এর ফলে জলচক্র দ্রুতভাবে সম্পন্ন হয়।

(4) অধঃক্ষেপণের পরিমাণ (Amount of Precipitation) : অধঃক্ষেপণের পরিমাণ, প্রকৃতি, নিবিড়তা, সময়ভেদে বর্টন, ঋতুযোগ্যতা, পৌনঃপুনিকতা প্রভৃতি অববাহিকায় জলচক্রকে প্রভাবিত করে। বেশি পরিমাণ বৃষ্টিপাত স্বাভাবিকভাবেই বেশি জল প্রবাহের অন্যতম কারণ। তুয়ারপাতের পর বৃষ্টিপাত কিংবা বৃষ্টিপাতের পর তুয়ারপাত, প্রবল বা হালকা বৃষ্টিপাত জলপ্রবাহ বাড়িয়ে দেয়। বৃষ্টিপাতের পরেই তুয়ারপাত ভৌমজলের অনুপ্রবেশের হার বাড়িয়ে দেয়। গ্রীষ্মকালীন বৃষ্টিপাত, শীতকালীন বৃষ্টিপাত অপেক্ষা বাষ্পীভবন বেশি ঘটে।

(5) উষ্ণতার পরিমাণ (Amount of Temperature) : জলভাগের সঙ্গে সঙ্গে উষ্ণতার আধিক্য বাষ্পীভবনের হার বাড়িয়ে দেয় এবং পরিচলন বৃষ্টিপাতের ক্ষেত্রে সুবিধা হয়। কিন্তু স্বলভাগ অধুষিত অঞ্চলে উষ্ণতার আধিক্য থাকলেও বাষ্পীভবনের হার কম হওয়ার বৃষ্টিপাত কম হয় ও নদী অববাহিকায় শূন্যতার সৃষ্টি করে। আর এরফলে জলচক্র জলের জোগান ব্যাহত হয়।

(6) উদ্ভিদের অবস্থান (Location of Vegetation) : উদ্ভিদের অবস্থান বাষ্পীয় প্রবেশনের মাধ্যমে জলচক্র সংঘটনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নেয়। উদ্ভিদের অবস্থান বাষ্পমোচন ছাড়াও ভূমিক্ষয় রোধ করে নদী প্রবাহ মাত্রা কমাতে এবং বাধাজনিত সঞ্চয় থেকে ভৌমজল অনুপ্রবেশে ও বাষ্পীভবনে সাহায্য করে এবং জলচক্রকে প্রভাবিত করে থাকে।



(1) **মহাসাগরীয় পর্যায় (Phases of Ocean)** : মহাসাগরসমূহ পৃথিবীর বৃহত্তম জলাধার। বায়ুমণ্ডল স্রবণের প্রধান উৎস হওয়ায় মহাসাগরীয় পর্যায় থেকে জলচক্রের সূচনা হয় বলে ধরা হয়। এই পক্ষে একদিকে বায়ুমণ্ডলীয় অধঃক্ষেপণের মাধ্যমে মহাসাগরীয় জলাধারে জল সঞ্চিত হয় এবং অন্যদিকে সৌরশক্তি প্রভাবে সমুদ্র জল বাষ্পীভূত হয়ে থাকে। বাষ্পীভবনের ফলে বায়ুমণ্ডলের জলাধারকে পরিপূর্ণ করে। বাষ্পীভবন প্রয়োজনীয় শক্তির উৎস হল কীনাভাপ। অর্থাৎ, জলের সংলগ্ন বাতাস থেকে গ্রাণ্ড উত্তরত 0° সে. উষ্ণতায় 1 গ্রাম জলের বাষ্পীভবনের জন্য প্রায় 600 কিলোক্যালোরি শক্তির প্রয়োজন হয়। এই বাষ্পীভবন নিয়ন্ত্রিত প্রয়োজনীয় জলের পরিমাণ, বায়ুর উষ্ণতা ও আর্দ্রতা, বায়ুর গতিবেগ, বাষ্পীভবন, জলের আয়তন, জলের লবণাক্ততার ঘাটতি প্রভৃতির দ্বারা।

ভূ-পৃষ্ঠে বাষ্পীভবন হারের বর্টন খুবই অসম। বিজ্ঞানী Trewortha মনে করেন যে, 20° উত্তর ও দক্ষিণ অক্ষাংশের মধ্যেবর্তী অঞ্চলে ভূ-পৃষ্ঠের মোট বাষ্পীভবনের 60% এবং 35° উত্তর ও দক্ষিণ অক্ষাংশের মধ্যে 40% হয়। সুতরাং, নিরক্ষরেখা থেকে উত্তর যেসব দিকে গড় বাষ্পীভবনের পরিমাণ ক্রমশ কমতে থাকে।

(2) **বায়ুমণ্ডলীয় পর্যায় (Atmospheric Phases)** : পৃথিবীর স্থলভাগ ও জলভাগের জল বাষ্পীভবন হওয়ার পর তা বায়ুমণ্ডলে সঞ্চারিত হয়। যা বায়ুমণ্ডলে কঠিন (তুষার কণা রূপে), তরল (জলকণা রূপে), গ্যাসীয় (জলীয়বাষ্প রূপে) অবস্থান করে। কোনো যথেষ্ট মাত্রায় আর্দ্রবায়ু বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় শীতল হলে তাতে অবশিষ্ট জলীয়বাষ্প ঘনীভূত হয়ে অতিসূক্ষ্ম জলকণারূপে বা তুষার কেশোশে পরিণত হয়। প্রধানত দু'ধরনের পক্ষাতি এই ঘনীভবন হয়ে থাকে, যথা—

- (i) **বৃক্ষতাপ প্রক্রিয়া (Adiabatic Process)** : যাতে বায়ু উর্ধ্বগামী হয়ে প্রসারিত হওয়ার ফলে শীতল হয়।
- (ii) **অববৃক্ষ তাপ প্রক্রিয়া (Non-Adiabatic Process)** : যেক্ষেত্রে উর্ধ্বগমনের পরিবর্তে বিকিরণ পৃথিবীর বা শীতলতার বাতাসের সঙ্গে বিক্রিয়াজনিত কারণে জলীয়বাষ্প ঘনীভূত হয়ে থাকে।

বাষ্পীভবন ঘটে বায়ু অতিপৃষ্ঠ হলে বায়ুমণ্ডলীয় আর্দ্রতার ঘনীভবন ঘটে। শিশিরাক্ষেপ যদি 0° সেলসিয়াসে-
নীচে হয় তবে শিশিরের বদলে তুষারকণা ঘনীভূত হয়। বাতাসে ভাসমান অতিক্ষুদ্রাকৃতি জলকণাসমূহ হল ঘনীভবনের সময় যদি বায়ুর উষ্ণতা 0° সে.-এর কম হয় তবে জলীয়বাষ্প তরল অবস্থা প্রাপ্ত না হয়ে সরাসরি কঠিন অবস্থায় প্রাপ্ত হয়। যদিও মেঘ বিভিন্ন ধরনের এবং উর্ধ্বগামী বায়ুতে জলীয়বাষ্প ছাড়াও ক্ষুদ্রকণিকা, মেঘ ধূলিকণা, অজাণ কণা, CO_2 -ও থাকে। বেগুনি জলীয়বাষ্পের ঘনীভবনে সাহায্য করে। ঘনীভূত জলীয়বাষ্প ধূসর বৃহৎকৃতি হয় তখন একটি বিশেষ অবস্থায় ভাসমান না থেকে পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ শক্তির টানে অধঃক্ষেপণের দু-পৃষ্ঠে পতিত হয়। সাগর-মহাসাগরে বৃষ্টিপাত হলে জলকণাগুলি তাদের পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে তখন চক্রটি সম্পূর্ণ হয়। পৃথিবীব্যাপী যে অধঃক্ষেপণ হয় তা পৃথিবী থেকে বাষ্পীভবন ও বাষ্পমোচন-এর মাধ্যমে বায়ুমণ্ডলে জলের গমনের সঙ্গে প্রায় সমান। তবে অঞ্চলভেদে এর পার্থক্য হয়।

(3) অধঃক্ষেপণ (Precipitation) : জলে দ্রবীভূত রাসায়নিক যৌগ দ্রাবকের বাষ্পীভবন, অন্য এক দ্রবণের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়া, দ্রবণের ওপর চাপের পরিবর্তন ইত্যাদি নানান কারণে কঠিন অবস্থায় দ্রব থেকে ঝরে পড়ে। এই ঘটনাকে অধঃক্ষেপণ বলে। পৃথিবীর স্থলভাগে যে বৃষ্টিপাত হয় তার কিছু অংশ ভূমি ও পড়ার পূর্বে বা পরে দ্রুত বায়ুমণ্ডলে ফিরে যায়। বাষ্পীভূত হয়ে কিছু অংশ ভূমির মৃত্তিকা ও প্রবেশ্য শিলাস্তরগুলিতে পতিত হয় ও ভৌমজল ভাঙারক সঞ্চয় করে। আবার এই ভৌমজল ধীরে ধীরে প্রবাহিত হতে পারে। পৃথিবীর পৃষ্ঠে পতিত হয় ও ভৌমজল ভাঙারক সঞ্চয় করে। আবার কিছু অংশ উদ্ভিদ শিকড়ের মাধ্যমে সংগ্রহ করে ও অতিরিক্ত জল পাতা, পত্রবৃক্ষের সাহায্যে বাষ্পমোচন প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডলে ছেড়ে দেয়। আবার মৃত্তিকাস্থিত জল মৃত্তিকা উন্মুক্ততা (soil opening) প্রক্রিয়ায় সরাসরি মৃত্তিকাস্থিত বায়ু বাষ্পীভূত হতে পারে। সারা বছর ব্যাপী অধিক বৃষ্টিপাত ও উষ্ণতা সর্বাধিক বাষ্পীভবনের সহায়ক। জলচক্রে এধরনের আবহাওয়ার অবদান গুরুত্বপূর্ণ। বাষ্পীভবনের পরিমাণ বৃষ্টিপাত অপেক্ষা বেশি হলে শূন্য প্রকৃতির আবহাওয়া বিনাজ করে এবং ভূ-পৃষ্ঠসম্পূর্ণ ও ভূ-গর্ভস্থ জলধারা উভয়েই কম হয়। জলচক্রে এরূপ আবহাওয়ার ভূমিকা গুরুত্বপূর্ণ।

(4) বাষ্পীয় প্রবেশন (Evapotranspiration) : কোনো নির্দিষ্ট অঞ্চলে বেড়ে ওঠা উদ্ভিদজগৎ কর্তৃক জল সংগৃহীত হয় ও সমন্বিত অঞ্চলের মৃত্তিকা থেকে বাষ্পীভবনের মাধ্যমে যে পরিমাণ জলের ঘাটতি ঘটে তা সর্বাধিকতম বৃষিই হল বাষ্পীয় প্রবেশন। ক্ষয়শীল ব্যবহারের মাধ্যমে কোনো অঞ্চলে সংঘটিত বাষ্পীয় প্রবেশন প্রক্রিয়াসহ উদ্ভিদ কোষ ব্যুতির জন্য বিপাকীয় কাজে ব্যবহৃত জলের পরিমাণকে বোঝানো হয়। যেহেতু বিপাককাজে ব্যবহৃত প্রকৃত জলের পরিমাণ বাষ্পীয় প্রবেশন প্রক্রিয়া অপেক্ষা অনেক কম, তাই ক্ষয়শীল ব্যবহার ও বাষ্পীয় প্রবেশন উভয় প্রক্রিয়াকে সমার্থক ধরা হয়। বৃক্ষছাটাদিত অঞ্চলে প্রায়োগিক দিক থেকে বাষ্পীভবন ও প্রবেশন প্রক্রিয়ায় মূল্যায়ন অসুবিধাজনক ও অপ্রয়োজনীয়। বাস্তবে শুমাত্র যে সব অঞ্চলে উদ্ভিদ সম্পূর্ণ অনুপস্থিত (যেমন—মরুভূমি উন্মুক্ত শিলাপৃষ্ঠ, জলতলে) সেখানে সার্বিক বাষ্পীভবন প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়। প্রকৃতপক্ষে, জলচক্রে জলের ঘাটতি ক্ষেত্রে বাষ্পীয় প্রবেশন প্রক্রিয়া একটি গুরুত্বপূর্ণ নিয়ামক।

(10) ভৌমজল (Ground water) : অনুপ্রবেশের ফলে ভৌমজলের সঞ্চয় ঘটে। বর্ষা বা আর্দ্র ঋতুতে অনুপ্রবেশ বাড়লে ভৌমজলস্তর উর্ধ্বগামী হয় এবং শূষ্কঋতুতে অনুপ্রবেশ হ্রাস পাওয়ায় ভৌমজলস্তর নিম্নগামী হয়। ভৌমজলের উর্ধ্বগমন ও নিম্নগমন ধরা প্রবহনের সংখ্যা ও জলপ্রবাহের পরিমাণ প্রভাবিত হয়। ভৌমজলস্তর নদী জলপৃষ্ঠের ওপর থাকলে নদীখাতে জলের জোগান ঘটায় এবং নদীর জল বৃষ্টি করে। সেজন্য বৃষ্টিহীন ঋতুতে ভৌমজল প্রবাহ নদীর জলপ্রবাহ বজায় রাখতে সাহায্য করে। গ্রাইই ভৌম জলপ্রবাহ তু-পৃষ্ঠে প্রবহনরূপে নির্গত হয় একে নদীর মাধ্যমে সমুদ্রে পতিত হয়। এভাবে ভৌমজলও জলচক্র গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

জলচক্র তু-প্রাকৃতিক বা ভৌত ও জৈবিক উপাদানের ভূমিকা বা গুরুত্ব (Physical and Biological roles of Hydrological Cycle in Maintaining Earth System) :

পাণিব ব্যবস্থা জলচক্রের অংশগ্রহণ দু'ভাবে ঘটে, যথা—তু-প্রাকৃতিক বা ভৌত প্রক্রিয়ায় ও জৈবিক প্রক্রিয়ায়।

O A. তু-প্রাকৃতিক / ভৌত প্রক্রিয়ায় উপাদানের ভূমিকা (Physical Role) : পাণিব ব্যবস্থা সংরক্ষণ জলচক্র যেভাবে ভৌত প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তা খুবই গুরুত্বপূর্ণ। নানাভাবে এই অংশগ্রহণকে চিহ্নিত করা যায়। যেমন—

(1) **শ্বলভাগ ও জলভাগ-এর মধ্যে জল বিনিময়ের ভারসাম্য রক্ষা :** প্রতিটি সময়ে বিশাল পরিমাণ জল, নদী-নালায় মাধ্যমে কিংবা প্রত্যক্ষভাবে শ্বলভাগের জলরাশি থেকে জল বাষ্পীভূত হয়ে ও উদ্ভিদমণ্ডলীর প্রবেশন মাধ্যমে নিষ্কাশন হয়। আধিকাংশ জল তু-পৃষ্ঠস্থ ও তু-গর্ভস্থ জল প্রবাহরূপে ফিরে যায় এবং একটি অংশ বাষ্পাকারে বায়ুবাহিত হয়ে সমুদ্রে প্রত্যাগমন করে, একে জলের নিষ্কাশন বা ডিসচার্জ (Discharge) বলা হয়। এই প্রক্রিয়া ক্রমাধারে চলতে থাকলে নদী-নালা, খাল-বিল, হ্রদ ও অন্যান্য জলাশয় ক্ষয়, সেইসাথে ভৌমজলের নিঃশেষিত হতে থাকে। অত্যাধিক, প্রবেশন আকারে জলের নিষ্কাশন ঘটলে উদ্ভিদমণ্ডলীর অবলুপ্তি হত। আর শ্বলভাগের বেশিরভাগই শূষ্ক মরুভূমিতে পরিলভ হত। আবার সমুদ্রের জলসঞ্চিত হয়ে শ্বলভাগের বিস্তীর্ণ অংশে প্রবেশ করত। কিন্তু তা হয় নি। জলচক্র রিচার্জ জলে পুনঃপ্রাপ্তি ঘটায় সমুদ্রের জল বাষ্পীভূত হয়ে ওপরে উঠে যায় এবং বায়ুবাহিত হয়ে শ্বলভাগে ফিরে এসে ঘনীভবন প্রক্রিয়ায় অধঃক্ষেপণ রূপে পতিত হয়। এরপর জলধারার সৃষ্টি হয়। নদী-নালা, খাল-বিল, হ্রদ ও অন্যান্য জলাশয়ে জলের পুনঃপ্রাপ্তি ঘটে, একে রিচার্জ বা জলের পুনঃপ্রাপ্তি বলা হয়। এভাবে রিচার্জ ও ডিসচার্জ শ্বলভাগ ও জলভাগের মধ্যে

O B. জৈবিক/জৈব উপাদানের ভূমিকা (Biological Role) : পাণিব ব্যবস্থা সংরক্ষণে জলচক্র যেভাবে জৈবিক প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ বা ভূমিকা গ্রহণ করে তা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। বিভিন্নভাবে এই ভূমিকাকে চিহ্নিত করা যেতে পারে। এগুলি হল—

(1) **উদ্ভিদ জগতের সৃষ্টি (Growth of Plant Kingdom) :** মৃত্তিকাস্থিত জল শিকড়ের মাধ্যমে সংগ্রহ করে উদ্ভিদের জন্য ও বৃষ্টি ঘটে। কারণ জল ছাড়া উদ্ভিদজগৎ এর অস্তিত্ব বিপন্ন। আর্দ্র ক্রান্তীয় অঞ্চলে মৃত্তিকা জলের প্রাচুর্য যাপক ও নিবিড় বনভূমির সৃষ্টি করেছে। শূষ্কতর আবহাওয়ায় নদী অববাহিকায় বা ভৌমজলস্তর কাছাকাছি থাকলে উদ্ভিদমণ্ডলীর সৃষ্টি হয়। উদ্ভিদ হল বিভিন্ন প্রাণীজগতের আশ্রয়স্থল। উদ্ভিদ জলীয়বাষ্প বাষ্পমোচন প্রক্রিয়ায় শোষণ করে বায়ুতে জলীয়বাষ্পের সংযোজন ঘটায় এবং বৃষ্টিপাত ঘটাতে সাহায্য করে।

(2) **জলজ বাস্তুতন্ত্র রক্ষা (Maintaining Aquatic Ecosystem) :** শ্বলভাগের জলজ বাস্তুতন্ত্র সৃষ্টি ও সংরক্ষণ জলচক্র জলের পুনঃপ্রাপ্তির জন্য সম্ভব হয়। মাছ ছাড়াও অন্যান্য জলজ প্রাণী এবং জলজ উদ্ভিদ সমাধানে শ্বলভাগের জলজ বাস্তুতন্ত্র গড়ে ওঠে।

(3) **কৃষিকাজ (Cultivation) :** জলচক্র জলের পুনঃপ্রাপ্তিতে মৃত্তিকা আর্দ্র হয়। এরফলে সেচের সুবিধা হয় এবং কৃষিকাজ করা সম্ভব হয়। যেহেতু জলচক্র মৃত্তিকার জলধারণ ক্ষমতা ও আর্দ্রতা বৃষ্টি করে এরফলে কৃষিজ ফসল উৎপাদন শূণ্য সম্ভব হয় না সেইসাথে জলসেচের মাধ্যমে কৃষিজ ফসল উৎপাদন বাড়াতে পারে।

(4) **প্রাণীজগতের পানীয় জলের সরবরাহ (Water supply to the Living World) :** জল ছাড়া প্রাণীজগতের অস্তিত্ব বিপন্ন। পৃথিবী বাদে অন্যান্য গ্রহে জলের অভাবের জন্য প্রাণের সম্মান এখনো পাওয়া যায় নি। পৃথিবীতে প্রায় 350 কোটি বছর পূর্বে সমুদ্রে প্রাণের আবির্ভাব ঘটেছিল। শ্বলভাগের প্রাণী মৃত্তি জল না পেলে কাটাতে পারে না। জলের অভাবে দৈনিক প্রক্রিয়া ব্যাহত হওয়ায় জল ছাড়া প্রাণধারণ অসম্ভব। নদ-নদী, খাল-বিল, হ্রদ, ভৌমজল ও অন্যান্য জলাশয় মিত্তি জলের প্রধানতম উৎস।

(5) **মানব সভ্যতার সৃষ্টি ও সংরক্ষণ (Growth of Civilization and Conservation) :** বিভিন্ন নদী অববাহিকায় জল ও জলস্রোতের সুবিধায় যে কৃষিভিত্তিক মানবসভ্যতা গড়ে উঠেছিল তা পরবর্তীকালে কৃষির আধুনিকীকরণ, শিল্পায়ন ও বিজ্ঞানের উন্নতির মধ্য দিয়ে এগিয়ে চলেছে। এই মানব সভ্যতার দীর্ঘপথ অতিক্রম করে মানব সভ্যতা জলচক্র সংস্কারিত করে। সত্যতঃ মানব সভ্যতার

0-min index — অর্ধ মৃত্তিকার ০ সূচক এর যে নিম্নতম মান পাওয়া যায় তা ধারণ অক্ষমতার পরিমাপ নির্মিত হার প্রদান করে এবং এটি ০-min নামে পরিচিত। সর্বাধিক বন্যা সন্ত্রাস্যতার ক্ষেত্রে এই সূচকটি ব্যবহার করা হয়।

□ অনুপ্রবেশ প্রক্রিয়ার প্রয়োগ (Infiltration Application) :

অনুপ্রবেশ প্রক্রিয়ার প্রয়োগগুলি হল—

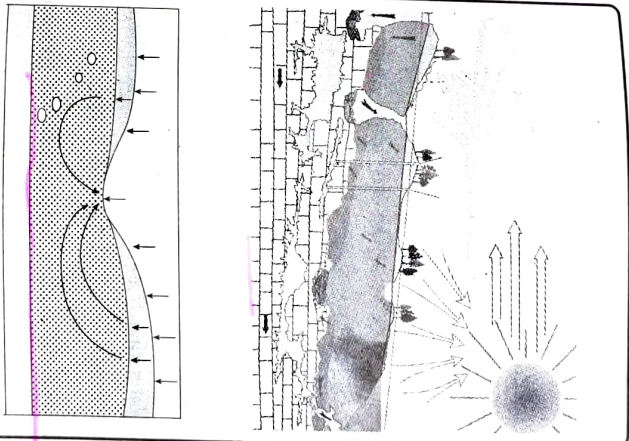
(1) ভৌমজলের পুনর্শক্তি (Ground water Recharge) : প্রাকৃতিক উপায়ে অনুপ্রবেশ ভৌমজলের পরিপূর্ণতা ছাড়াও কৃত্রিমভাবে অনুপ্রবেশ, পুকুর খননের মাধ্যমেও ভূ-গর্ভস্থ ভৌমজল পুনর্সিক্তকরণের চেষ্টা করা হয়ে থাকে। যেমন—ক্যাণিফায়নিয়ার সান জোয়াকুইন উপত্যকায় এই ধরনের জনিত পুকুর খনন করতে দেখা যায়। বন্যার অতিরিক্ত জল যা কোনোভাবেই বাঁধের মাধ্যমে জমাতে সক্ষম নয়। প্রকৃতপক্ষে, অতিরিক্ত জল যা বন্যার তীব্রভাবে বাড়িয়ে তুলতে পারে। অনুপ্রবেশ পুকুরের জলাশয় করতে পারলে বন্যার প্রকোপ থেকে রক্ষা পাওয়া যায়।

(2) জলসেচ (Irrigation) : প্রচলিত জলসেচ পদ্ধতি হল—নলকূপ, খাল ও জলাশয়। এই চিহ্ন প্রধান উদ্দেশ্য হল কৃষিজমিতে জল সরবরাহ করা। অনুপ্রবেশ প্রক্রিয়ায় একইভাবে জলাসেচের জল সত্তর। কৃষিক্ষেত্র উৎপাদনের পরিমাণ বাড়ানোর জন্য জমিতে সার ব্যবহার করা হয়। সার রক্ষা জলসেচের একটি সম্পর্ক বর্তমান। যেসব অঞ্চলে জল সরবরাহ সীমিত সেখানে গভীর নলকূপের মাধ্যমে সরবরাহ করা হয়। তাই মৃত্তিকাতে জল সরবরাহ এবং কৃষি জমিকে শস্যায়ন করে তোলায় সেরা ভূমিকা গুরুত্বপূর্ণ।

(3) জল নিষ্কাশন (Water Harvesting) : মধ্যপ্রাচ্যের খনিজ তেল উত্তোলনকারী দেশসমূহে অধিকাংশ স্থানে বার্ষিক গড় বৃষ্টিপাতের পরিমাণ খুবই কম (10 সেমি/বছর)। এইসব অঞ্চলে ঝাঁক কম অংশেই অনুপ্রবেশিত হওয়ার সুযোগ পায়। অধিকাংশ অনুপ্রবেশিত জলই বাষ্পীভূত হয়ে যায় এবং জল সৌরশক্তির সুযোগ পায় না। সৌরশক্তির মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তির সাহায্যে তেল মুক্তিকার ঝাঁক দেওয়ার মাধ্যমে যে জলের অনুপ্রবেশকে বন্ধ করা হয়, যা বৃষ্টির জলকে সঞ্চিত করতে সাহায্য করে।



ভৌমজল (Ground Water)



অধ্যায় সূচি

- সূচনা □ সংজ্ঞা □ ভৌমজলের উৎস ও প্রকারভেদ □ ভৌমজল স্তর □ ভৌমজলাধার বা অ্যাকুইফার □ ভৌমজলের স্থিতিগত □ ভৌমজল চক্র □ ভৌমজলের নিরক্ষরসমূহ □ ভৌমজলের উন্নয়ন বিস্তার □ ভৌমজলের চলাচল/সঞ্চার □ ভৌমজলের সঞ্চার □ ভৌমজলের পুনঃপ্রাপ্তি/রিচার্জ □ জল নিষ্কাশন বা ড্রেনেজ □ ভৌমজলের গুরুত্ব।

□ সূচনা (Introduction) :

সাধারণত সব ধরনের জল যা ভূ-অভ্যন্তরের মাধ্যমে পাওয়া যায়, তাকে ভৌমজল বা উপপৃষ্ঠীয় জল বলে। কিন্তু ভৌমজল বলতে সেই ভূ-পৃষ্ঠীয় জলকে বুঝিয়ে থাকে যা শিলার রন্ধগুলিকে সম্পূর্ণভাবে সম্পৃক্ত করে দেয় ও অভিকর্ষীয় প্রভাবে জল ভূ-গর্ভে প্রবেশ করে শিলার ছিদ্রগুলিকে সম্পৃক্ত করে। এই ভৌমজল দুই ধরনের উপপৃষ্ঠীয় জল ও বিভিন্ন খামারের নৈনদিন প্রয়োজনে এর উপযোগিতা অনস্বীকার্য। কম সময়ে ও কম খরচে ভৌমজল উত্তোলন করা যায়। শূন্য অঞ্চলে সেচক্ষেত্রে ভৌমজল একমাত্র গ্রহণযোগ্য উৎস। বহুকাল ধরে এই ভৌমজল একটি গুরুত্বপূর্ণ জনসম্পদ রূপে মানুষের কাছে গ্রহণযোগ্যতা লাভ করেছে। অন্যান্য প্রাকৃতিক সম্পদের মতো এটিও অক্ষরহীন নয়। অতিরিক্ত ব্যবহার ক্রমেই ও ভৌমজলকে দুর্ভোগের হাত থেকে রক্ষা করার মাধ্যমে ভৌমজলের প্রকৃত সংরক্ষণ করা সম্ভব। ভৌমজলের বিঘ্নবস্তুর বাস্তুকার, ভূ-তত্ত্ববিদ ও অন্যান্য শাখার বৈজ্ঞানিকদের বিশেষভাবে আকৃষ্ট করে।

ভৌমজলের উন্নয়ন প্রাচীনকাল থেকে হয়ে আসছে। ওয়েস্টেস্টার্মেটে একাধিকবার ভৌমজল, প্রস্রাব ও কূপের উল্লেখ রয়েছে। অর্থাৎ ভূ-গর্ভ থেকে সমান্তরাল কূপের মাধ্যমে ভৌমজল উত্তোলন করা হত, যা ক্যানাস (Qanats) নামে পরিচিত। বর্তমানকালেও দক্ষিণ-পশ্চিম এশিয়া ও উত্তর আফ্রিকার মরক্কো পর্যন্ত প্রসারিত মরুভূমি অঞ্চলে এই ধরনের কূপের উপস্থিতি রয়েছে। অষ্টাদশ শতাব্দীতে ভূ-তত্ত্বের প্রাথমিক ধারণার উন্নয়ন ঘটে যা ভৌমজলের অবস্থান ও সঞ্চার সম্পর্কে বুঝতে সাহায্য করে। উনবিংশ শতাব্দীর শেষার্ধ্বে আমেরিকান ভূ-তত্ত্ববিদগণ জলবিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় তাদের অবদানকে প্রসারিত করতে থাকেন। বর্তমানে ভৌমজলের গুরুত্ব ও ব্যবহারযোগ্যতা বহুগুণে

□ সংজ্ঞা (Definition) :

● প্রথমত, সাধারণভাবে ভৌমজল হল বিভিন্ন অধঃক্ষেপিত জল, যেমন—বৃষ্টির জল, তুষার ও জল প্রভৃতি। এইসব জল ভূ-পৃষ্ঠের ওপর দিয়ে প্রবাহিত হলেও এর কিছু অংশ ভূ-খকে শিলায় অভ্যঙ্গ করে। প্রথমে প্রবেশ্য শিলাস্তরের মধ্য দিয়ে চোয়ালো প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ওই স্তরকে পরিপূর্ণ করে। ওই পরিপূর্ণ স্তরে প্রবেশ করে জল ভাঙারে সঞ্চিত হয় এবং এই জলকে ভৌমজল বলে।

● দ্বিতীয়ত, ভূ-পৃষ্ঠের নিচে যে জল সঞ্চিত অবস্থায় পাওয়া যায়, যার মধ্যে রাসায়নিকভাবে বৈজ মুক্ত নয় এবং ভূ-অভ্যন্তরের জলধারা যার অন্তর্ভুক্ত নয়, তাকেই ভৌমজল বলে।

● তৃতীয়ত, Dr. R. M. Lodha প্রদত্ত সংজ্ঞাটি হল, "Water that occupies pores and soils the surface and above the layer of impermeable materials is called ground water."

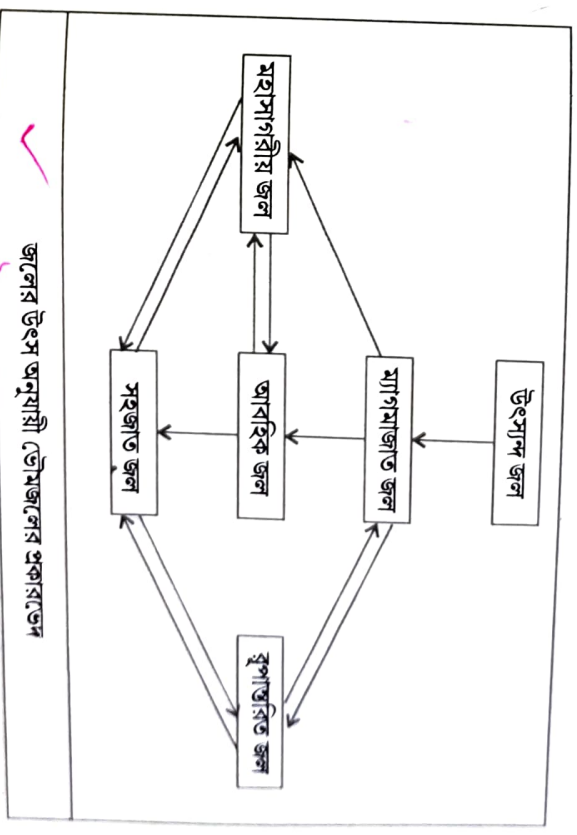
□ ভৌমজলের উৎস ও প্রকারভেদ (Sources of ground water and types of water) :

○ উৎস : ভূ-পৃষ্ঠের বৃষ্টিপাত ও তুষারপাতের জল ভৌমজলের প্রধান উৎস। বৃষ্টিপাত বা তুষার পাতের জল ভৌমজল হিসেবে সঞ্চিত হয় না। এই জলের কিছু অংশ স্রোতের আকারে প্রবাহিত হয়ে সমুদ্র কিংবা জল বাষ্প হয়ে ওপরে উঠে যায়, কিছু জল উদ্ভিদ ও প্রাণী গ্রহণ করে এবং বাকী জল প্রবেশ্য শিলা দিয়ে টুইয়ে নিচে গিয়ে সঞ্চিত হয়। এভাবেই ভৌমজলের সঞ্চার গড়ে ওঠে।

○ প্রকারভেদ : ভৌমজলের উৎস অনুযায়ী ভৌমজলকে প্রধান ছয়টি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

✓ (1) আবহিক জল (Meteoritic water) : ভৌমজলের প্রধান উৎস হল আবহিক জল। বৃষ্টিপাতের ও তুষারপাতের জলের কিছু অংশ সন্নিবিষ্ট যেমন ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করে তেমনি বৈশিষ্ট্যের ভূ-পৃষ্ঠে নিষ্কৃত হলে যেমন—হ্রদ, জলাশয় প্রভৃতিতে সঞ্চিত হয় কিংবা নদীর মাধ্যমে সমুদ্রে প্রবাহিত হয়। হ্রদ প্রভৃতির জল শিলা ও মাটির রন্ধ দিয়ে ভূ-গর্ভে প্রবেশ করে। বারিপাত, তুষার, নদী ও হ্রদ দিয়ে জলরাশি ভূ-পৃষ্ঠ থেকে অনুসৃত (Percolated) হয়ে শিলাস্তর বা মুক্তিকায় ভৌমজলরূপে সঞ্চিত থাকে। আবহিক জল বা Meteorology অর্থে আবহবিদ্যা বলে। আবহাওয়ার প্রধান উপাদান অধঃক্ষেপ এরূপ ভেঙে উৎস বলে একে আবহিক জল বলে।

(6) বুপাঙ্করিত জল (Metamorphic water) : শিলা যখন বুপাঙ্করিত হয়, সেই বুপাঙ্করের সময় শিলার মধ্যে যে জল আবদ্ধ হয়ে থাকে যায়, তাকে বুপাঙ্করিত জল বলে।



● ভাদোস জল (Padosse water) : সম্পূর্ণ স্তরের ওপরে যে অসম্পূর্ণ বা বাতপূর্ণ স্তরটি অবস্থান করে সেই স্তরটিকে ভাদোস স্তর বলে। ভূ-পৃষ্ঠে পতিত বৃষ্টির জল ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করে যতক্ষণ ভাদোস স্তরে মধ্যে প্রবাহিত হতে থাকে ততক্ষণ তাকে ভাদোস জল বলে।

□ ভৌমজল স্তর (Ground Water Table) :

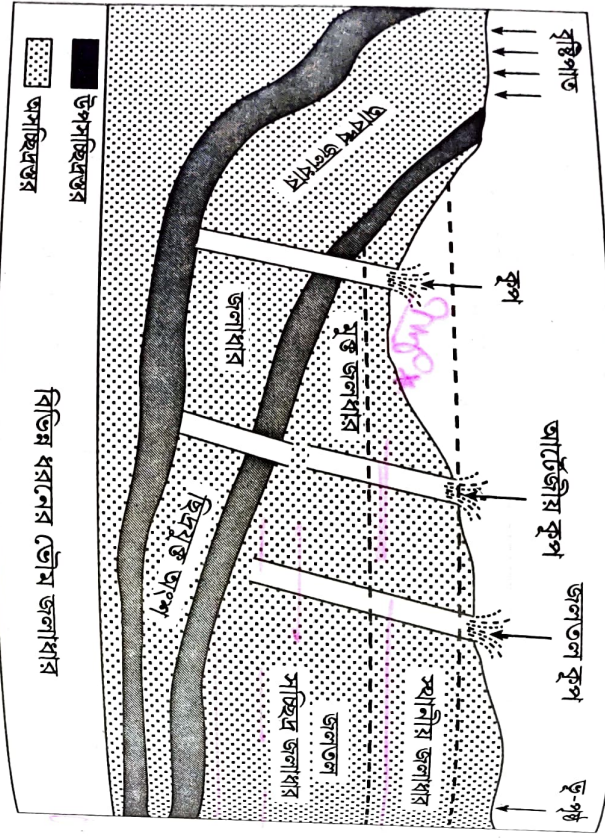
○ সংজ্ঞা : সম্পূর্ণ স্তরে আবদ্ধ জলসীমার সীমদেশগুলি যোগ করলে যে কাঙ্ক্ষিত রেখা পাওয়া যায়, তাকেই ভৌম জল স্তর (Ground Water Table) বলে। এই জলস্তর কোনো একটি সর্বজননীয় নয়। বরং একটি ক্ষেত্রের কারণে ভূমিবৃষ্টির সঞ্চারে ভৌমজলের একটি সমতাপূর্ণ সম্পর্ক দেখা যায়।

○ প্রকারভেদ : ভূ-পৃষ্ঠের ও ভূ-গর্ভের বিভিন্ন শিলা রত্নের মধ্য দিয়ে অর্থাৎ প্রবেশ্য শিলাস্তরের মধ্যে দিয়ে জল ভূ-গর্ভে প্রবেশ করে। প্রবেশ্য শিলাস্তরের নিচে অপ্রবেশ্য শিলাস্তর থাকলে জলের অনুপ্রবেশ শিলাস্তরে ক্রমে বন্ধ হয়ে যায়। তখন অপ্রবেশ্য শিলাস্তরের উপরিভাগে ভৌমজলের সঞ্চার ঘটে। ভৌমজলকে প্রধান তিনটি স্তরে বিভক্ত করা যায়। যেমন—

সাধারণ ভৌম জলাধার গড়ে ওঠে, তাকে স্থানীয় ভৌম জলাধার বলে। এই জলাধারের জলস্রাব, ভৌম জলাধার বলা হয়।

(4) সচিহ্ন ভৌম জলাধার (Leaky Aquifer) : কোনো আবশ্য বা উন্মুক্ত ভৌম জলাধার উপসম্পৃক্ত স্তরের মাধ্যমে জল লাভ করে বা হ্রাস করে, এরূপ জলাধারকে সচিহ্ন ভৌম জলাধার ধরনের জলাধার আবার সুধরনের হয়ে থাকে, যথা—

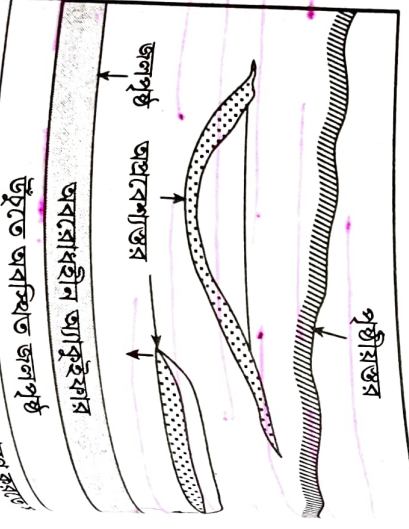
(1) আবশ্য সচিহ্ন ভৌম জলাধার : আবশ্য জলাধারের ওপরে অপ্রবেশ্য শিলা অধঃপ্রবেশ্য জল আবশ্য সচিহ্ন ভৌম জলাধার বলে।



(ii) মুক্ত সচিহ্ন ভৌম জলাধার : মুক্ত জলাধারের নীচের শিলা অপ্রবেশ্য হলে তাকে মুক্ত সচিহ্ন জলাধার বলে।

● আকুইফারগুলি বহুদূর পর্যন্ত বিস্তৃত অপ্রবেশ্য শিলাস্তর দ্বারা আবৃত থাকে। এই ধরনের অপ্রবেশ্য স্তরগুলি হল—

- (1) অ্যাকুইক্লড (Aquiclude) : ভূ-অভ্যন্তরে কোনো শিলাস্তর যদি ছিদ্রহীন না হয় তাহলে তা যেমন জল শোষণ করতে পারে না তেমনি জল সরবরাহ করতে পারে না।
- (2) অ্যাকুইফার (Aquifer) : ভূ-অভ্যন্তরে কোনো শিলাস্তরকে আকুইফার বলা হয়।



(3) অ্যাকুইফার্ড (Aequifard) : ভূ-অভ্যন্তরে কোনো শিলাস্তরের জল পরিবহন ক্ষমতা এতটাই কম যে প্রবেশ্য সচিহ্ন ভৌম জলাধারের জল সরবরাহ করতে সক্ষম না হয়, তবে তাকে অ্যাকুইফার্ড বলা হয়।

□ ভৌমজলের স্থিতিকাল (Duration of Ground Water) :

ভূ-অভ্যন্তরে ভৌমজলের স্থিতিকাল সম্পর্কিত ধারণাটি বেশ জটিল বিষয়। যদিও আইসোটোপ আবিষ্কারের সঙ্গে সঙ্গে ভৌমজলের সময়কাল নির্ণয় অপেক্ষাকৃত বেশি সহজ হয়ে গেছে। হাইড্রোজেন 3 (ট্রিটিয়াম) ও কার্বন 14, এক্ষেত্রে বিশেষ গ্রহণযোগ্য আইসোটোপ বলে মনে করা হয়। কালিক বিস্ফোরণের মাধ্যমে বায়ুমণ্ডলের উচ্চস্তরে 12.3 বছর সময়কালে ট্রিটিয়ামের উৎপত্তি হয়, বৃষ্টিপাতের মাধ্যমে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় ও সবশেষে ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করে। ট্রিটিয়ামের স্বাভাবিক ত্বলের পতন সময়ের কার্যকারিতার ওপর নির্ভর করে।

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = \text{দর্শিত বেতার কার্যকলাপ,}$$

$$A_0 = \text{সচিহ্ন জলাধার (Aquifer) অনুপ্রবেশ চলাকালীন কার্যকারিতাকে বোঝায়,}$$

$$\lambda = \text{ক্ষয়িত ধ্রুবক,}$$

$$t = \text{জলের বয়সসীমা।}$$

কার্বন 14 নামক আইসোটোপটিও বায়ুমণ্ডলে সৃষ্টি হয়ে এটি ভৌমজলে দ্রবীভূত বাইকার্বনেট (CO₂) হিসেবে উপস্থিত থাকে। এটি যুক্তিসঙ্গত জৈবিকভাবে সম্পৃক্ত স্তর থেকে সৃষ্টি হয়ে সেখানে উদ্ভিদ মূলের স্বপন ও হিউমাসের অবক্ষয়ের মাধ্যমে কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO₂) সৃষ্টি হয়। ট্রিটিয়াম 50 বছর সময়কালের মধ্যে সৃষ্টি ভৌমজলকে চিহ্নিত করে। অন্যদিকে কার্বন 14-এর মাধ্যমে করেক শত বছর থেকে শুরু করে 50,000 বছর পর্যন্ত সময়কে নির্ধারণ করে।

□ ভৌমজল চক্র (Ground Water Cycle) :

○ সংজ্ঞা : বৃষ্টিপাত কিংবা বরফগলা জল দ্বারা ভৌমজল স্তর সমৃদ্ধ হয়। এই জল ভৌমজল প্রবাহে কিংবা নদী মাধ্যমে সমুদ্র অভিমুখে প্রবাহিত হয়। কিছু পরিমাণ জল কৈশিক প্রক্রিয়ায় উঠে এসে ও বাষ্পমোচন প্রক্রিয়ায় বাষ্পীভূত হয়। আর কিছু জল সাময়িক ভৌমজল সঞ্চার ভাঙার গড়ে তোলে। এখানে একদিকে যেমন ভৌমজলের নিগমন (Discharge) ঘটে, তেমনি অন্যদিকে পুনরায় অধঃক্ষেপণে ভৌমজলের পুনঃপ্রাপ্তি (Recharge) ঘটে। একে ভৌমজল চক্র বলে।

○ সম্পাদন/প্রক্রিয়া (Processes) : বাষ্পীভবনের মাধ্যমে সমুদ্রের জল উত্তপ্ত হয়ে উষ্মকামে উপস্থিত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশ্রিত হতে থাকে। এছাড়া ভূ-পৃষ্ঠস্থ নানান ধরনের উদ্ভিদ থেকেও বাষ্পাকারে যে জল পরিত্যক্ত হয় তা বায়ুমণ্ডলে মিশে যায়। জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু আবহাওয়াজনিত কারণে ঘনীভূত হয়ে প্রথমে মেঘে পরিণত হয় এবং তারপর অধঃক্ষেপণের মাধ্যমে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় এবং পতিত জলধারার কিছু অংশ উদ্ভিদ গ্রহণ করে, কিছু অংশ বাষ্পীভূত হয়, আর কিছু অংশ নদী বা জলাধারের মাধ্যমে বাহিত হয়, কিছু অংশ শিলাস্তর দ্বারা ইত্যাদি দিয়ে ভূ-গর্ভে প্রবেশ করে। এভাবে ভৌমজল ভূ-গর্ভের অপ্রবেশ্যস্তরের ওপর দিয়ে ঢালকে অনুসরণ করে প্রবাহিত হয়। আবার এই অভ্যন্তরীণ জলধারা নদীর জলাধারের পরিমাণ বাড়াতে সাহায্য করে। তবে এই জলের পরিমাণ বৃষ্টিপাতের ওপর নির্ভরশীল। যেসব নদীতে সর্বদা জল থাকে বা সাধারণত যেসব নদীতে এরূপ জলের প্রবাহ চলতে দেখা গেছে এবং এভাবে ভৌমজল প্রবাহের পরিমাণ হ্রাস-বৃদ্ধি প্রাপ্ত ঘটতে দেখা যায় তাকে প্রবাহমান জলাধারা বলা হয়। ভৌমজল প্রবরণ, কূপ বা নলকূপ ইত্যাদির মাধ্যমে ভূ-পৃষ্ঠে যেমন স্রবের আসে, ঠিক তেমনি জলচক্রের নিয়মানুসারে বাষ্পে পরিণত হয়ে মেঘ, বৃষ্টি, তুষারপাত ইত্যাদির মাধ্যমে যে জলচক্রের চলচল থাকে, তাকে ভৌমজল চক্র বলে।

সংকেত, তৈরিকরণের পদ্ধতি (method)

যদি সোপানি নিচের বর্ণনা করা হল—

শূন্য সান্দ্রতা (Porosity) : শিলা কিংবা মৃত্তিকার মধ্যে যে অংশগুলি কঠিন খনিজ কণা দ্বারা পূর্ণ নেই সব স্থান ভৌমজল দ্বারা অবিকৃত হতে পারে। এই স্থানগুলিকে শূন্যস্থান রশ্ম বা রশ্ম পরিসর সান্দ্রতা বলা হয়। যাহেতু এই রশ্মগুলি জলবাহক হিসেবে কাজ করে তাই ভৌমজলের আনোনার এর উপর নির্ভর। আরতনের দিক থেকে রশ্মগুলি তিনভাগে বিভক্ত, যথা—

- (i) কৈশিক (capillary)-এর রশ্মগুলি ক্ষুদ্র এবং এরা শুধুমাত্র পৃষ্ঠতানের মাধ্যমেই জল ধরে রাখবে।
- (ii) সুপার কৈশিক (super capillary)-এর রশ্মগুলি কৈশিকিক রশ্ম অপেক্ষা আয়তনে বড়।
- (iii) উপকৈশিক (sub-capillary)-এর রশ্মগুলি অতিক্রম্য যেটি আকর্ষণজনিত টান দ্বারা জরায়।

শিলা ও মৃত্তিকার সান্দ্রতাকে চার ভাগে ভাগ করা যায়, যথা—

○ সান্দ্রতার সূত্র : (i) $a = \frac{v_1}{v_2}$; যেখানে $a =$ সান্দ্রতা, $v_1 =$ রশ্মের আয়তন,
 $v_2 =$ সান্দ্র আয়তন, (ii) $a = \frac{P_m - P_d}{P_m} = 1 - \frac{P_d}{P_m}$; যেখানে $P_m =$ ঋনিক কণার ঘনত্ব ও $P_d =$ সান্দ্র কণার ঘনত্ব।

VI কৈশিক বা সান্দ্রতা : শিলা ও মৃত্তিকা ছোটো বড়ো নানান আকারের কণিকা দ্বারা গঠিত। এই কণিকার পরস্পর সংস্পর্শে অবস্থিত হলেও এদের মধ্যে ফাঁকাস্থান থেকে যায়। এটি কণিকা মধ্যস্থ সান্দ্রতা পর্কিত।

(ii) সুপার সান্দ্রতা : কোনো কোনো শিলায় বৃন্দবৃন্দের পরিমাণ ও বায়ু এত বেশি থাকে যে এদের আকার ও পর আয়তন অবস্থার থাকে এবং জল সম্পৃক্ত হয়ে জলের নিচে ডুবে যায়।

(iii) কৈশিক সান্দ্রতা : যে সব শিলাছুরের ফাটল বা দারনের সৃষ্টি হয় সেগুলিতে জল ভৌমজল সঞ্চিত হয়। এই ফাটলের মধ্যে দ্রাব পদার্থ বেশি থাকায় সান্দ্রতাকে বেশি করে।

কণিকগুলির মধ্যে যে ফাঁক থাকে তাকে বলা হয় রশ্ম (pore)। যে সব শিলার মধ্যে কতটা বেশি থাকে সেইরকম শিলার মধ্য দিয়ে জল সহজেই ডু-গর্ভে প্রবেশ করতে পারে। এদের প্রবেশ্য শিলা বলে। কেলসপাথর, সূন্যপাথর, চক প্রভৃতি এই জাতীয় শিলা। সুতরাং, ডু-গর্ভের জল ডু-অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে সক্ষমতাকে শিলার প্রবেশ্যতা বলে। এগুলি প্রবেশ্যতা ধূম্বনের হতে পারে, যথা—

(i) প্রাথমিক বা মুখ্য প্রবেশ্যতা (Primary Permeability) : ঋনিকভাবে শিলা রশ্মের মধ্য দিয়ে জল যখন ডু-গর্ভে প্রবেশ করে তখন তাকে শিলার প্রাথমিক বা মুখ্য প্রবেশ্যতা বলে।

(ii) দৌশ প্রবেশ্যতা (Secondary Permeability) : শিলা সর্বমুহ হলেও অনেক সময় শিলা রশ্মের মধ্য দিয়ে জল ডু-গর্ভে তেমন প্রবেশ না করে এই সব শিলার বিভিন্ন ফাটল, চিড়, দরক প্রভৃতির মধ্য দিয়ে ডু-গর্ভে প্রবেশ করে। এক্ষেত্রে শিলার প্রবেশ্যতা সর্বমু শিলার মতো হয় না বলে শিলার এগুলি প্রবেশ্যতাকে দৌশ প্রবেশ্যতা বলে।

PRQ সান্দ্রতা ও প্রবেশ্যতার পার্থক্য : (i) সান্দ্রতা হল শিলা মধ্যস্থ ফাঁক, আর প্রবেশ্যতা হল এই ফাঁকগুলির ঘনত্ববিশেষত্ব। কঠোঁ যা পরস্পরবৃদ্ধ ফাঁকগুলিতে জলের অনুপ্রবেশ অবশ্যই **PRQ** সান্দ্রতা হলেই শিলা প্রবেশ্য হয় না, শিলা ফাঁকগুলির বৈশিষ্ট্য, শিলা গঠনকারী খনিজগুলির আকার, আয়তন, সঙ্খা, কঠন ইত্যাদির প্রবেশ্যতাকে প্রভাবিত করে খনিজ আয়তনে বড়ো, এসময় কোণসূত্রিত, স্ফিডন সঙ্খা ইত্যাদি প্রবেশ্যতার সক্ষমতা।

● প্রবেশ্যতার গুণাকর (Co-efficients of Permeability) : কৈশিক ফাঁকগুলির মাধ্যমে ভৌমজল উন্নয় চলে প্রবেশের ফলে একটি জলচাপ (Hydraulic Pressure) সঞ্চিত হয় যার ফলস্বরূপ পরস্পর সংস্পর্শকারী শিলার রশ্মগুলির মাধ্যমে জলের পাঞ্চিক অনুপ্রবেশ ঘটায়, এগুলি অনুপ্রবেশ ক্রমক্রমে প্রবেশ্যতার সক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। যিরেভার বর্ণনা করেছেন যে, "প্রবেশ্যতার গুণাকর হল 0.6 যাও উন্নতায় এটি মুঠ 1 । মুঠ জলচাপের চলে। কনকুট আয়তনবিশিষ্ট এলাকায় একটি আয়তনোত্তি প্রবেশ্যতার দিলে কত গ্যলন জলচাপের ঘটবে।

● প্রবেশ্যতার ভারতীয় (Variable Permeability) : জলের প্রবেশ্যতার ভারতীয় ধর্মে শিলাগঠনকারী দানাগুলির বৈশিষ্ট্য ও সঙ্খার ওপর। একটি স্থলদানা গঠিত পদার্থ, যার অভ্যন্তরী ফাঁকগুলি বেশ খসড়া-কেন্দ্র প্রবেশ্য। একটি বৃহৎ দানা গঠিত হলেও অভ্যন্তরী ফাঁকগুলি যদি মুখ্য দানা দ্বিগুণ অধিকতর হয় তবে তা কম প্রবেশ্য। একটি স্থূল দানাগঠিত কিছু খনিজ দ্রবীভূত হয়ে অভ্যন্তরী ফাঁকগুলি সৃষ্টি করে। যাওয়ার তা কম প্রবেশ্য। কিছু পর্যায়িত পদার্থসমূহ দ্বারা গঠনে স্থূল দানার অভ্যন্তরী ফাঁকগুলি সৃষ্টি করে। দানাগঠন হয় এবং আবার মাঝারি দানার অভ্যন্তরী ফাঁকগুলি সৃষ্টি করে গঠিত হয় তবে তা একটি প্রায় প্রবেশ্য শিলা গঠন সৃষ্টি করতে বা জলের অনুপ্রবেশ বাধা দেবে এবং শিলাটি প্রবেশ্য হতে পড়বে।

(13) **বৃষ্টিপাত ও তুষারপাতের পরিমাণ (Amount of Rainfall and Snowfall)** : ভৌমজলের প্রধান উৎস হল বৃষ্টিপাত ও তুষারপাত। এই জলের সরবরাহ পৃথিবীর সর্বত্র সমান নয়। যেমনি আবার নিয়মিত ঋতুতে পৃথক পৃথক এই জলের পরিমাণ পরিবর্তিত হয়। যেসব অঞ্চলে বৃষ্টিপাত যত বেশি হয় এবং যত বেশি সময় ধরে হয় সেখানে ভৌমজলের পরিমাণ তত বেশি হয়। আবার শুষ্ক ঋতুতে ভৌমজলের পরিমাণ কম যা এবং আর্দ্র ঋতুতে বেড়ে যায়। শুষ্ক ও আর্দ্র ঋতুতে কৃষকের জলের গভীরতা দেখে আমরা সহজে বুঝতে পারি অনুর্বৃত্তের বরফ গলনের পরিমাণ যত বেশি হবে ভৌমজলের সঞ্চয় তত সমৃদ্ধ হবে। এগুলির অর্থাৎ ভৌমজলের পরিমাণ কম হবে।

(14) **ভূমির গঠন (Structure of the Land)** : বন্যুর গঠনযুক্ত ভূমিভাগে জলের সরণ অতিদ্রুত ঘটবে। অন্যদিকে, সমতল ভূ-পৃষ্ঠে জলের অনুপ্রবেশ সহজে ঘটে। আবার মরু অঞ্চলে বৃষ্টিপাত খুব কম হওয়ায় ওইসব অঞ্চলে হঠাৎ হঠাৎ বৃষ্টিপাত মুক্তিকার অভ্যন্তরে গৌণভাবে পারে না বলে ভৌমজলস্তর অনেক নীচে অধিক করে।

(15) **ভূমির ঢাল (Slope of the land)** : ভূমির ঢাল ভৌমজল সঞ্চয়ের ক্ষেত্রে বিশেষ ভূমিকা পালন করে। অধিক ঢাল ভূমিতে জল সহজেই নিষ্কাশিত হয়ে জলাশয়, নদী, হ্রদ বা সমুদ্রে গিয়ে পড়ে। কিন্তু স্বল্প ঢাল পূর্ণ অঞ্চলে জল ঘিরে ঘিরে নিষ্কাশিত হয়ে অধিক পরিমাণে ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করে।

(16) **প্রবেশ নিলাস্তরের নীচে অপ্রবেশ্য শিলাস্তরের অবস্থান (Presence of impermeable rock below the permeable rock)** : কোনো প্রবেশ্য শিলাস্তরের নীচে যদি অপ্রবেশ্য শিলাস্তর অবস্থান করে, তবুও সেই প্রবেশ্য শিলার মধ্য দিয়ে জল প্রবেশ করে শিলাস্তরে পৌঁছালে জলের নিরগতি বন্ধ হয়। প্রবেশ্য শিলা তখন জল ধরে রাখতে সক্ষম হয় এবং ভৌমজলাধার সৃষ্টি হয়। কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠের ঠিক নীচেই অপ্রবেশ্য শিলা থাকলে সেখানে ভৌমজল সঞ্চেয় বাধাপ্রাপ্ত হয়।

(17) **জলবাহী শিলাস্তর (Water laden soil)** : প্রবেশ্য শিলার মধ্য দিয়ে জল সহজে প্রবেশ করতে পারে বলে এরূপ শিলাস্তরকে ভূ-গর্ভস্থ জল সঞ্চয়ের বিশেষ স্তর বলে বিবেচনা করা হয়। প্রবেশ্য শিলার মধ্যস্থিত জল ভূ-গর্ভে অপ্রবেশ্য শিলাস্তরের ওপরে প্রথমে সঞ্চিত হয় এবং পরে ভূমির ঢাল অনুসারে প্রবাহিত হয়।

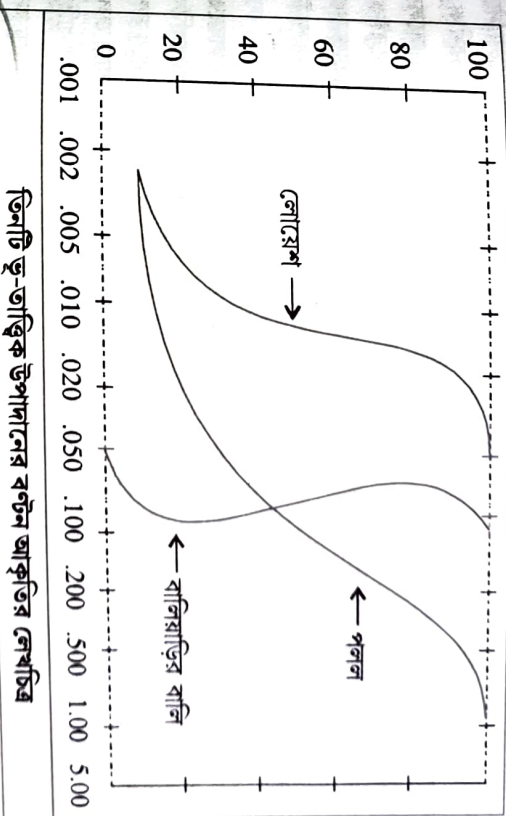
(18) **মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য (Soil feature)** : অসংবেশ্য ভূ-স্থলীয় উপাদান সাধারণভাবে আয়তন ও বর্ণগুণের বৈশিষ্ট্যের ওপর নির্ভর করে শ্রেণিবিন্যাস করা হয়।

কণিকার আকারের ওপর নির্ভর করে মৃত্তিকার শ্রেণিবিন্যাস (মারিস ও জুনসনের পর) —

পদার্থ	কণিকার আকার (মিমি)	পদার্থ	কণিকার আকার (মিমি)
1. কর্দম বা কাপা	> 0.004	7. অতি বৃহদাকার বালি	1.00 - 2.00
2. মলি	0.004 - 0.062	8. অতি সূক্ষ কীকর	2.00 - 4.00
3. অতিসূক্ষ বালি	0.062 - 0.125	9. সূক্ষ কীকর	4.00 - 8.00
4. সূক্ষ বালি	0.125 - 0.25	10. মাঝারি কীকর	8.00 - 16.00
5. মাঝারি বালি	0.25 - 0.50	11. বৃহদাকার কীকর	16.00 - 32.00
6. বৃহদাকার বালি	0.5 - 1.00	12. অতি বৃহদাকার কীকর	32.00 - 64.00

মৃত্তিকা কণিকার আয়তনের বন্টনপত্রে বিকটন প্রদানত যান্ত্রিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে অনুমান করা যায়। এই বিশ্লেষণে 0.05 মিমি-এর চেয়ে বড়ো আকারের কণিকাগুলিকে চিহ্নিত করা হয় ও সূক্ষ কণিকাগুলি পরস্পর অবস্থানের ওপর গুরুত্ব দেওয়া হয়। প্রতিটি প্রান্ত ফলস্বরূপ কণিকার আয়তন, বন্টন লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রতিস্থাপিত করা হয়।

(19) **মৃত্তিকার আর্দ্রতা (Soil moisture)** : মৃত্তিকার মধ্যে জলের উপস্থিটিকে মৃত্তিকার আর্দ্রতা বলে। মৃত্তিকার আর্দ্রতার ভূমিকা এক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ। মৃত্তিকার আর্দ্রতা বেশি হলে মৃত্তিকার শোষণ ক্ষমতা কম। ফলে মৃত্তিকার অপ্রেক্ষাকৃত কম অংশে ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশের সুযোগ পায়। শুষ্ক মৃত্তিকার জলশোষণ ক্ষমতা দ্রুত হওয়ার মৃত্তিকার পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। মৃত্তিকার জল ও ভৌমজলের পার্থক্য এই যে মৃত্তিকার কণিকা মধ্যস্থ জলকে ভৌমজলের পরিমাণ বলে, যা মৃত্তিকাকে আর্দ্রতা দেয়। মৃত্তিকা বৃষ্টির জলে যেমন আর্দ্রতা দেয়। মৃত্তিকা বৃষ্টির জলে যেমন মৃত্তিকা জল বলে, যা মৃত্তিকাকে আর্দ্রতা দেয়। মৃত্তিকা বৃষ্টির জলে যেমন আর্দ্রতা দেয়। মৃত্তিকা বৃষ্টির জলে যেমন আর্দ্র হয় যেমনি ভৌমজলে সূর্যতাপে কৈশিক প্রক্রিয়ার ওপরে এলেও মৃত্তিকা আর্দ্র হয়ে পড়ে।



ভিত্তি ভূ-তাত্ত্বিক উপাদানের বন্টন আকৃতির লেখচিত্র

(20) **মৃত্তিকার বায়ু সঞ্চালন (Air flow in the soil)** : মৃত্তিকার রন্ধুগুলি অধিক পরিমাণে বাতাসে পূর্ণ থাকলে জলের অনুপ্রবেশে বাধাপ্রদান করে, ফলে জলের অনুপ্রবেশের হার কাছত হয়।

(21) **উদ্ভিদের আবরণ (Vegetation cover)** : উদ্ভিদের উপস্থিতি ভূ-পৃষ্ঠস্থ জলস্রবাহকে নিলম্বিত করে বা সাময়িক ভাবে বাধা দেয়। এরফলে ভূ-অভ্যন্তরে অধিক পরিমাণে জল প্রবেশ করলে ভৌমজলের সঞ্চয় বৃদ্ধি পায়। অন্যদিকে, উদ্ভিদের বাষ্পীয় প্রবেশদন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ভৌমজলের নিগমন ঘটলে ভৌমজলের পরিমাণ হ্রাস পায়। প্রবেশন প্রক্রিয়ায় জলের নিগমন ঘটলেও পরোক্ষভাবে তা বৃষ্টিপাত ঘটতে সাহায্য করে এবং ভৌমজল বাড়াতে সাহায্য করে।

(22) **আপেক্ষিক স্থান (Specific surface)** : মৃত্তিকা কিংবা শিলার জল ধরে রাখার ক্ষমতা অনেকাংশে পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফলের ওপর নির্ভর করে। পৃষ্ঠতলের আয়তন আবার মৃত্তিকা কণিকার আকার, আয়তন এবং কণা কণিকার উপস্থিতির ওপর নির্ভরশীল। পদার্থের প্রতি একক ওজনের প্রান্তস্থানের প্রেক্ষিতে নির্দিষ্ট পৃষ্ঠকে আপেক্ষিক স্থানের ধারা নির্দেশ করা হয়।

□ **ভৌমজলের উন্নয়ন বিস্তার (Vertical Zonation of Ground Water)** :

ভূ-অভ্যন্তরে জল ও বাতাসের অবস্থান এবং সঞ্চারণের পরিমাণ তারতম্যের ওপর ভিত্তি করে ভৌমজলকে দুটি ভাগে বিভক্ত করা যায়। যথা—

