প্রথম অধ্যায় : বহির্জাত প্রক্রিয়া ও তাদের দ্বারা সৃষ্ট ভূমিরূপ (Epigenetic Processes And Resultant Landforms)

—

বহির্জাত প্রক্রিয়া (Exogenetic process)

ইংরেজি exogenous শব্দের অর্থ হল বহিভার্গ থেকে উৎপন্ন বা বহির্জাত। বাহ্যিক শক্তিসমূহ যেমন সূর্যতাপ, বৃষ্টিপাত, তুষারপাত, নদী , হিমবাহ , ভৌমজল, সমুদ্রতরঙ্গ প্রভৃতি দীর্ঘকাল ধরে ভূপৃষ্ঠের উপরিভাগে ক্রিয়াশীল থেকে ক্ষয়, বহন ও সঞ্চয় কাজের মাধ্যমে নানা ধরণের ভূমিরূপ সৃষ্টি করেছে। ভূমিরূপের এই বিবর্তনকারী প্রাকৃতিক শক্তিগুলোকে বহির্জাত প্রক্রিয়া বলে।

ভূবিজ্ঞানী চেম্বারলিন ও স্যালিসবেরি এই প্রক্রিয়াকে পর্যায়ন প্রক্রিয়া নামে অভিহিত করেছেন। ভূমি ভাগের উচ্চতার পরিবর্তনের জন্য বিভিন্ন উচ্চতা বিশিষ্ট ভূমিরূপের মধ্যে ক্রমশ একটি সামঞ্জস্য আনার চেষ্টা করে। এই প্রক্রিয়াকে পর্যায়ন প্রক্রিয়া বলে।

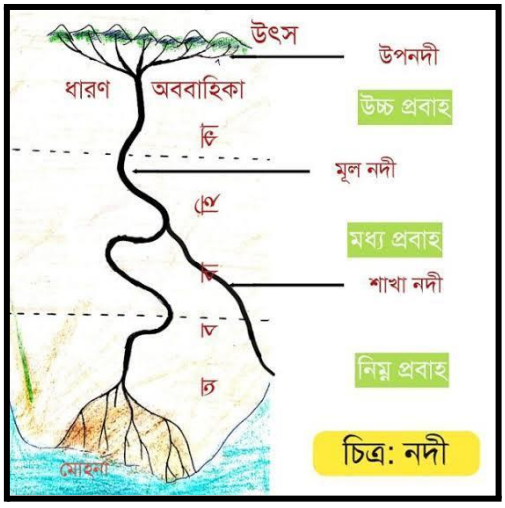
পর্যায়ন প্রক্রিয়ায় আবহবিকারের দ্বারা শিলা চূর্ণ বিচূর্ণ হয়। ক্ষয়ীভবনের দ্বারা এই শিলাচূর্ণ নদী, হিমবাহ, বায়ুর দ্বারা অপসারণ, বহন এবং ভাঙন হয়। এই ক্ষয়জাত পদার্থ যখন নীচু অংশে বসে গিয়ে ভূমিভাগের উচ্চতা বৃদ্ধি করে, তখন সেটা আরোহণ। আর যখন শিলাস্তরকে ক্ষয় করে ভূমিভাগের উচ্চতা কমায় তখন সেটা অবরোহণ।

জলচক্রের অংশ হিসাবে নদী, নদ-অববাহিকা, জল-বিভাজিকা, নদীর বিভিন্ন গতি

(River as a part of Hydrological cycle, River Basin, interfluves, Course of River)

পৃথিবীর বারিমন্ডল ও শিলামন্ডলের মধ্যে জলের কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থার চক্রাকার আবর্তনকে বলে জলচক্র। এই চক্রে থাকে বৃষ্টিপাত, নদী, জলীয়বাষ্পের স্থানান্তর।

নদী (River) : যে স্বাভাবিক জলধারা তুষারগলা জল বা বৃষ্টির জলে পুষ্ট হয়ে বা প্রস্রবণ থেকে উৎপন্ন হয়ে ভূমির ঢাল অনুসরণ করে প্রবাহিত হয় এবং সাগর, হ্রদ বা অন্য জলধারার সঙ্গে মিলিত হয় তাকে নদী বলে। সৌরকিরণের ফলে নদী থেকে জল বাষ্পীভূত হয়ে উপরে উঠে যায় এবং ভূপৃষ্ঠে বৃষ্টির আকারে পতিত হয়। পতিত জলের কিছু অংশ মাটিতে প্রবেশ করে, কিছু অংশ সাগরে মেশে। এভাবে নদী, জলচক্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

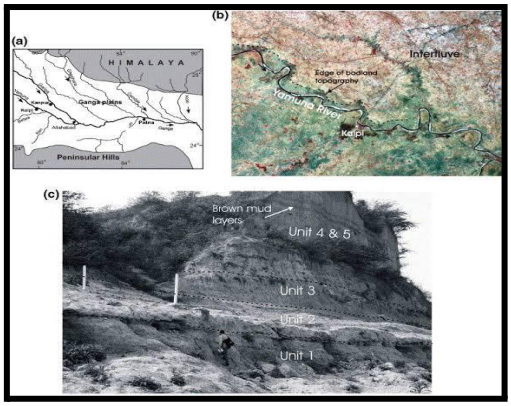


চিত্র: নদী

নদী অববাহিকা (River basin) : প্রধান নদী, শাখানদী, উপনদী, প্রশাখা নদী যে অঞ্চলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়

তাকে নদী অববাহিকা বলে। নদী অববাহিকা অঞ্চলের জলচক্র বারিমন্ডল, শিলামন্ডল এবং বায়ুমন্ডলের সাথে যুক্ত। সূর্যের তাপে নদী অববাহিকার জল উত্তপ্ত হয়ে জলীয়বাষ্পে পরিণত হয় এবং অববাহিকা অঞ্চলে বৃষ্টিপাত ঘটায় এবং জলচক্রের মাধ্যমে ভূপৃষ্ঠে জলের ভারসাম্য বজায় রাখে।

জলবিভাজিকা (Interfluves) : যে উচ্চভূমি পাশাপাশি অবস্থিত দুই বা ততোধিক নদী অববাহিকাকে পৃথক করে, তাকে বলে জলবিভাজিকা। যেমন-হিমালয়। জলবিভাজিকা অঞ্চল থেকে জলের বাষ্পীভবন, ঘনীভবন এবং বৃষ্টিপাতের মাধ্যমে জলচক্র সম্পূর্ণ হয়।

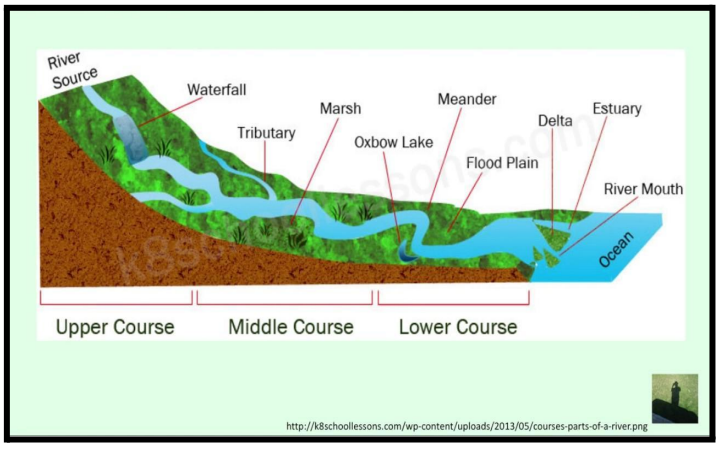


নদীর বিভিন্ন গতি (Courses of River) : নদীর গতিকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়।

উর্ধ্বগতি বা পার্বত্য প্রবাহ : পর্বতে নদীর উৎপত্তিস্থান থেকে সমভূমিতে পৌঁছানোর পূর্ব অংশ হলো উর্ধ্বগতি। যেমন : গঙ্গার পার্বত্য প্রবাহ গঙ্গোত্রী হিমবাহের গোমুখ গুহা থেকে উত্তরাখন্ডের হরিদ্বার পর্যন্ত বিস্তৃত।

মধ্যগতি বা সমভূমি প্রবাহ : পার্বত্য অঞ্চলের পর থেকে সমভূমি অংশের মধ্যে সীমাবদ্ধ নদীর গতি হল মধ্যগতি। যেমন: গঙ্গার মধ্যগতি উত্তরাখন্ডের হরিদ্বার থেকে ঝাড়খন্ডের রাজমহল পর্যন্ত বিস্তৃত।

নিম্নগতি বা বদ্বীপ প্রবাহ : নিম্ন গতিতে নদীর ঢাল আরো কমে যায় এবং গতিও কম হয়। যেমন : ঝাড়খন্ডের রাজমহল থেকে বঙ্গোপসাগরের মোহানা পর্যন্ত।



নদীর কাজ (Works of River)

নদী উৎস থেকে মোহনা পর্যন্ত বিভিন্ন ধরনের কাজ করে। নদী তিন ধরনের কাজ করে - ক্ষয়, বহন ও অবক্ষেপণ।

নদীর ক্ষয়কার্য (Erosion)

নদী প্রস্তরখন্ড চূর্ণ-বিচূর্ণ এবং খন্ড করে নিজের চলার পথ দীর্ঘায়িত করে, একে নদীর ক্ষয় কাজ বলে।

নদীর ক্ষয় সাধারণত দুই প্রকার, নিম্ন ক্ষয় ও পার্শ্ব ক্ষয়।

1. **দ্রবণ জনিত ক্ষয় :** চুনাপাথর জাতীয় শিলা যদি কোনো নদী বহন করে নিয়ে যায় তবে তা সহজেই দ্রাবিত হয়।
2. **ঘর্ষনজনিত ক্ষয়** : নদীবাহিত বড় বড় পাথরের টুকরো পরস্পরের ঘর্ষণে ভেঙে গিয়ে ছোটো কণা হয়ে পলিতে পরিণত হয়।
3. **অবঘর্ষ :** নদীবাহিত প্রস্তরখন্ডের সঙ্গে নদীগর্ভের সংঘর্ষের ফলে নদী খাতে নিম্ন ও পার্শ্ব উভয় ক্ষয় হয়।

4. **জলপ্রবাহের দ্বারা ক্ষয় :** নদীর জলস্রোতের দ্বারা নদীর পাশে অসংলগ্ন ও দূর্বল অংশ গুলি ভেঙে চূর্ণবিচূর্ণ হয়।

নদীর বহনকার্য (Transportation)

নদীর ক্ষয় কার্যের ফলে ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থ এক স্থান থেকে অন্য স্থানে স্থানান্তরিত হয় জলস্রোতের দ্বারা, একেই নদীর বহন কাজ বলে। বহনক্ষমতা তিনটি কারণের উপর নির্ভর করে - কণিকার আকৃতি, ঘূর্ণন গতি এবং স্রোতের গতিবেগের উপর। এই প্রক্রিয়া চার রকম ভাবে হয়। যথা -

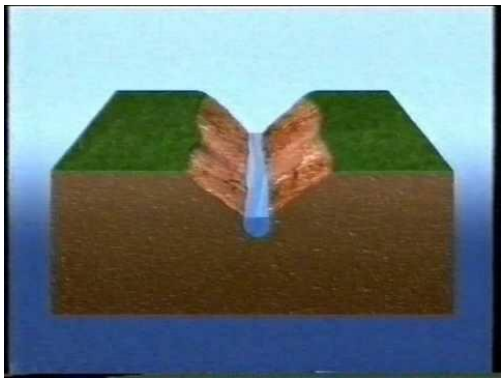
1. **ভাসমান প্রক্রিয়া :** ঘুর্ণিস্রোতে শিলা ও পাথরের ছোটো কণা ভাসতে থাকে এবং ঘুর্ণিস্রোত কমে গেলে সেটা সঞ্চিত হয়ে যায়।
2. **লম্ফদান প্রক্রিয়া :** মাঝারি মাপের শিলাগুলি নদীতে ভাসতে পারে না বলে, সেগুলো নদীর সাথে লাফিয়ে এগিয়ে যায়।
3. **আকর্ষণ প্রক্রিয়া :** বড় বড় নুড়ি পাথর, স্রোতের আকর্ষণে নদীখাতে গড়িয়ে যায়।
4. **দ্রবণ প্রক্রিয়া :** এই প্রক্রিয়ায় নদী বিভিন্ন খনিজ পদার্থকে বহন করে নিয়ে যায়।

অবক্ষেপণ (Deposition)

গতিপথের ঢাল হ্রাস, নদীর গতিবেগ হ্রাস, বস্তুভারের পরিমাণ বৃদ্ধি প্রভৃতি কারণে নদীর বহন ক্ষমতা হ্রাস পায়, ফলে নদীর বস্তুভার নদীর তলদেশে সঞ্চিত হয় একে বলে অবক্ষেপণ।

নদীর ক্ষয়কাজের ফলে সৃষ্ট ভূমিরূপ

1. **V আকৃতির উপত্যকা (V-Shaped valley) :** আর্দ্র ও আর্দ্র-প্রায় অঞ্চলে নদীর ভূমির ঢাল বেশি হওয়ায় নদী গুলি নিম্নক্ষয় ও পার্শ্বক্ষয় করে, ফলে নদী উপত্যকা একদিকে গভীর হয় এবং একদিকে চওড়া V আকৃতির উপত্যকা গঠন করে।

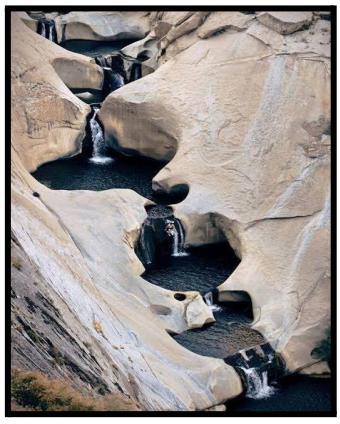


2. **আবদ্ধ শৈলশিরা (Interlocking spur) :** কঠিন শিলাকে পরিহার করার জন্য, নদী ছোটো ছোটো বাঁক নিয়ে প্রবাহিত হয়। এর ফলে দুটি বাঁকের সমস্ত স্পারগুলিকে একসঙ্গে দেখা যায় না, একেই আবদ্ধ শৈলশিরা বলে। এর অপর নাম শৃঙ্খলিত শৈলশিরা।
3. **গিরিখাত (Gorge) :** আর্দ্র পার্বত্য অঞ্চলে 'V' আকৃতির নদী উপত্যকা খুবই গভীর ও সংকীর্ণ হলে তাকে গিরিখাত বলে। পৃথিবীর গভীরতম গিরিখাত হল নেপালের কালী গন্ডকী গিরিখাত।
4. **ক্যানিয়ন (Canyon) :** পার্বত্য অঞ্চলে গিরিখাতের মত শুষ্ক ও মরু অঞ্চলে ইংরেজী 'I' আকৃতির যে খাড়া উপত্যকার সৃষ্টি হয় তাকে ক্যানিয়ন বলে। যেমন: ক্যালিফোর্নিয়ার কলোরাডো নদীর গ্র্যান্ড ক্যানিয়ন পৃথিবীর দীর্ঘতম ক্যানিয়ন।
5. **খরস্রোত (Rapid) :** নদীর পার্বত্য প্রবাহে যখন প্রচন্ড ঢাল সম্পন্ন জলপ্রপাতে বিপুল পরিমাণ জলরাশি প্রবাহিত হয় তাকে খরস্রোত বলে। যেমন: আফ্রিকার জাইরে নদীতে পরপর 32টি খরস্রোতের সৃষ্টি হয়েছে।

6. **জলপ্রপাত (Waterfalls) :** উচ্চগতিতে নদীর তলদেশের ঢাল হঠাৎ বিচ্যুত হলে, বিচ্যুতিতলের ওপর থেকে জলরাশি নীচে পতিত হয় একে জলপ্রপাত বলে। যেমন : ভারতের কর্ণাটক রাজ্যের ভারাহী নদীর ওপর কুঞ্চিকল জলপ্রপাত হল উচ্চতম জলপ্রপাত।

7. **প্রপাত কূপ (Plunge Pool) :** নদী তার প্রবাহপথে অবস্থিত নুড়ি বা শিলা, পাক খেতে খেতে শিলাখন্ডের আঘাতে নদীবক্ষে প্রায় গোলাকার গর্তের সৃষ্টি হয়। এদের প্রপাত কূপ (Plunge Pool) বলে।

8. **মন্থকূপ (Potholes) :** প্রবল বেগে প্রবাহিত নদীর তলদেশ বা পার্শ্বদেশে জলাবর্তের সৃষ্টি হলে সেখানে নুড়ি বা শিলার ঘর্ষনের ফলে, যে গর্তের সৃষ্টি হয় তাকে মন্থকূপ বা পটহোল বলে। যেমন: ঝাড়খন্ডের খরকাই



নদীর সঞ্চয় কার্যের ফলে গঠিত ভূমিরূপ

1. **পলল ব্যজনী (Alluvial Fan) :** পর্বতের পাদদেশে নুড়ি, বালি, পলি, কাঁকর প্রভৃতি সঞ্চিত হয়ে যে শঙ্কু আকৃতির ভূমিরূপ সৃষ্টি করে, তাকে পলল শঙ্কু বলে। পলল শঙ্কুর উপর দিয়ে নদী যখন বিভিন্ন খাতে প্রবাহিত হয়, তাকে পলল ব্যজনী বলে। যে নদীতে জলপ্রবাহ বেশি কিন্তু পলির পরিমাণ কম সেখানে পলল ব্যজনী গড়ে ওঠে। যেমন: হিমালয়, আন্দিজ, রকি।

2. **নদী বাঁক বা মিয়েন্ডার (Meander) :** মধ্য ও নিম্নপ্রবাহে নদীর গতিবেগ কম থাকায়, নদী সামান্য বাধার সম্মুখীন হলে, নদী তার গতিপথে পরিবর্তন ঘটায় এবং একেঁবেঁকে প্রবাহিত হয়, একে নদী বাঁক বলে। তুরস্কের আঁকাবাঁকা নদী মিয়েন্ডারের নামানুসারে এই ভূমিরূপের নাম হয় মিয়েন্ডার। পলল অবক্ষেপণের ফলে নদীর গতি ধীর হয় এবং বেঁকে যায় এর ফলে খাড়া পাড়ের সৃষ্টি হয়। খাড়া পাড়ের বিপরীত দিকে নদী স্রোতের বেগ কম থাকায় ঢালু পাড়ের সৃষ্টি হয়।

3. **অশ্বক্ষুরাকৃতি হ্রদ (Ox-Bow-Lake) :** নিম্নপ্রবাহে আঁকাবাঁকা পথে প্রবাহিত নদী বাঁকের বাইরের পাড়টি বেশি ক্ষয় হয় এবং ভেতরের পাড়ে পলি জমা হয়। এর ফলে নদীর বাঁক আরো বাড়তে থাকে এবং এক সময় বাঁকটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে ঘোড়ার ক্ষুরের মত একটি অংশ নদী থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় ও মূল নদীটি সোজাপথে প্রবাহিত হয়। এই ঘোড়ার ক্ষুরের মত বিচ্ছিন্ন হ্রদকে অশ্বক্ষুরাকৃতি হ্রদ বলে। যেমন: গঙ্গা নদীর নিম্নপ্রবাহে দেখা যায়।

4. **প্লাবনভূমি (Flood plan) :** নদীর জল যখন হঠাৎ করে বৃদ্ধি হয় তখন অতিরিক্ত জল নদীখাত ছাপিয়ে পার্শ্ববর্তী উপকূল অঞ্চলকে প্লাবিত করে এবং পলি, বালি, কাদা, জমা হয়ে ওই অঞ্চলে সমভূমির সৃষ্টি করে, এই সমভূমি হল প্লাবনভূমি। যেমন: গঙ্গা, সিন্ধু নদীতে দেখা যায়।

5. **স্বাভাবিক বাঁধ (Natural levee) :** নদীতে প্লাবনের ফলে নদীখাতের পার্শ্ববর্তী অঞ্চলে পলি জমতে জমতে নদী ও প্লাবনভূমির মাঝে বেশি উচ্চতাসম্পন্ন ভূমির সৃষ্টি হয়, একে স্বাভাবিক বাঁধ বলে। যেমন: মিশরের নীলনদ।

6. **খাঁড়ি (Estuarine bank) :** মোহনার কাছে নদীস্রোত বেশি হলে পলি, বালি, কাদা সঞ্চিত হতে পারে না, ফলে নদীর মোহনা যথেষ্ট খোলা ও চওড়া হয়, একে খাঁড়ি বলে। যেমন : রাশিয়ার ওব নদীর মোহনায় অবস্থিত খাঁড়ি হল পৃথিবীর দীর্ঘতম খাঁড়ি।

7. **বদ্বীপ :** মোহনার কাছে নদীর গতিবেগ অনেকটা কমে যায়। তাই এখানে নদী দ্বারা পরিবাহিত প্রায় সমস্ত পদার্থ সঞ্চিত হয়। এইভাবে সঞ্চয়ের ফলে নদীবক্ষে মাত্রাহীন বাংলা 'ব' অক্ষরের মতো দ্বীপের সৃষ্টি হয়, একে বদ্বীপ বলে। যেমন: গঙ্গা ও ব্রহ্মপুত্রের সম্মিলিত বদ্বীপ পৃথিবীর বৃহত্তম বদ্বীপ। বদ্বীপ তিনপ্রকার, যথা -
   a. **ধনুকাকৃতি বদ্বীপ :** এ জাতীয় বদ্বীপের আকৃতি ধনুকাকার, যা দেখতে বাঁকানো ফলার মতো। প্রধান নদী বা অনেক শাখাপ্রশাখাবিশিষ্ট নদী দ্বারা গঠিত হয় বলে, এ বদ্বীপের বাইরের অংশ উত্তল দেখায়। এই বদ্বীপ জিহ্বাগ্র বদ্বীপ বা ব্যজনী বদ্বীপ নামেও পরিচিত। সিন্ধু, গঙ্গা-পদ্মা-মেঘনা, নীল, হোয়াংহো, পো, রাইন প্রভৃতি নদীর বদ্বীপ এই ধরণের বদ্বীপের শ্রেণিভুক্ত।
   b. **তীক্ষ্ণাগ্র ব-দ্বীপ বা কাসপেট ব-দ্বীপ :** প্রধান নদী করাতের দাঁতের তীক্ষ্ণ সম্মুখভাগের মত সমুদ্রে প্রবেশ করে, একে তীক্ষ্ণাগ্র ব-দ্বীপ বা কাসপেট ব-দ্বীপ বলে। যেমন: ইটালির টাইবার নদীর বদ্বীপ।
   c. **পাখির পা -এর মত বদ্বীপ :** সমুদ্র তরঙ্গের তুলনায় নদীশক্তির পরিমাণ বেশি হলে পাখির পা-এর মত বদ্বীপ সৃষ্টি হয়। যেমন: মিসিসিপি মিসৌরি

নদীর মোহনায় বদ্বীপ সৃষ্টির অনুকুল ভৌগোলিক অবস্থাসমূহ

1. **নদীস্রোতের বেগ :** নদীর স্রোতের বেগ কম থাকলে বদ্বীপ সৃষ্টি হবে।
2. **অগভীর সমুদ্র** : মোহনার কাছে সমুদ্রের গভীরতা কম হলে বদ্বীপ সৃষ্টি হয় ।
3. **জোয়ারভাটা :** সমুদ্রে জোয়ারভাটার প্রকোপ কম থাকলে, বদ্বীপের সৃষ্টি হয়।
4. **সমুদ্র জলের লবণতার আধিক্য :** সমুদ্রের জলের লবণাক্তের আধিক্য থাকলেও বদ্বীপ সৃষ্টি হয়।
5. **পলল রাশির পরিমাণের আধিক্য :** পলল রাশির পরিমাণ বেশি হলে বদ্বীপ গঠন হবে।

এছাড়াও নদীর স্রোত বিপরীত দিকে বাহিত হলে, উন্মুক্ত সমুদ্র অপেক্ষা আবদ্ধ সমুদ্রে, ঋতু অনুসারে নদীর জলপ্রবাহের হ্রাসবৃদ্ধি ঘটলে।

গঙ্গা-পদ্মা-মেঘনার বদ্বীপের সক্রিয় অংশের (সুন্দরবন) ওপর পৃথিবীব্যাপী জলবায়ু পরিবর্তনের প্রভাব

সুন্দরবন পৃথিবীর বৃহত্তম বদ্বীপ। ভারতে সুন্দরবনের ম্যানগ্রোভ অরণ্য প্রায় 41% জুড়ে রয়েছে। সমগ্র সুন্দরবন আজ বিপন্ন।

- বিশ্ব উষ্ণায়নের ফলে, মেরু অঞ্চলের বরফ গলে উপকূলবর্তী অঞ্চলগুলিকে বিপন্ন করছে।
- সুনামী, আয়লার মত বিপর্যয় সুন্দরবনের ভবিষ্যৎকে অনিশ্চিত করছে।
- আবহাওয়া মন্ডলের সর্বনাশা শক্তিগুলির বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সুন্দরবনের জঙ্গল এবং পশুপাখি বিপন্ন হচ্ছে।
- বনভূমি ধ্বংসের ফলে বনজ সম্পদ ও নদী দূষণের ফলে মৎস সম্পদ হ্রাস পাচ্ছে।
- দ্বীপের মাঝে বাদাবন ধ্বংস হওয়ায় ভারসাম্য নষ্ট হচ্ছে।

লোহাচড়া : এটি সুন্দরবনের কাছে অবস্থিত। এখানে প্রায় ছয় হাজার লোক বাস করে। 1980 এবং 2006 খ্রিস্টাব্দে এই দ্বিপটি নিমজ্জিত হয় এবং 2009-এ আবার জেগে ওঠে। এখানে বদ্বীপ ক্ষয়, সাইক্লোন আরো নানা কারণে ম্যানগ্রোভ ধ্বংস হচ্ছে।

নিউমুর : এটি সুন্দরবন অঞ্চলের বিপন্ন বদ্বীপ। ১৯৭৪ খিষ্টাব্দে আমারএইকার উপগ্রহ মারফত আবিষ্কৃত হয়। বর্তমানে বিশ্ব উষ্ণায়নের ফলে জলের তলায় তলিয়ে গেছে।

ঘোড়ামারা : এটি ভারতের অন্তভূক্ত একটি দ্বীপ। বিশ্ব উষ্ণায়নের ফলে প্রতি বছর সমুদ্র জলতল বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং একই সাথে বদ্বীপ ক্ষয়ের জন্য শীঘ্রই জলের তলায় চলে যাবে।

হিমবাহের বিভিন্ন কার্য দ্বারা সৃষ্ট ভূমিরুপ

(Works of Glacier and Resultant Landforms)

হিমবাহ : পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ বলের প্রভাবে পার্বত্য অঞ্চলের তুষার ক্ষেত্রে জমে থাকা বরফ ধীর গতিতে উপত্যকা বরাবর নেমে আসে, একে হিমবাহ বলে।