ইকোলজি
Ecology

২

জীবের সাথে পরিবেশের সম্পর্ক নিবিড়। জীবসম্প্রদায় পরিবেশকে প্রভাবিত করে এবং পরিবেশের ওপর নির্ভরও করে। একইভাবে যে কোন স্থানের পরিবেশের ওপর ভিত্তি করে ঐ স্থানের জীবসম্প্রদায়ের বসবাস গড়ে ওঠে। অর্থাৎ পরিবেশের জড় ও জৈব বস্তুসমূহের কার্যকারিতায় উদ্ভিদ, প্রাণী ও অণুজীবসমূহের মধ্যে পারস্পরিক ভৌত - রাসায়নিক পরিবেশ সৃষ্টি করে, এই পরিবেশ সৃষ্টির সিস্টেম বা প্রক্রিয়াকে ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ বলে। সুতরাং বলা যায়, জীবের সাথে পরিবেশের (বায়োটিক ও অ্যাবায়োটিক) পারস্পরিক ক্রিয়া সম্পর্কিত বিষয়াদি প্রাকৃতিক বিজ্ঞানের যে শাখায় আলোচনা করা হয় তাকে ইকোলজি বা বাস্তুসংস্থান (Ecology) বলে। আলোচ্য অধ্যায়ে ইকোলজি বা বাস্তুসংস্থান, বায়োম, ইকোলজিক্যাল পিরামিড এবং ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্র প্রভৃতি বিষয় নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে।

ইউনিট সমাপ্তির সময়	ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৫ দিন

এ ইউনিটের পাঠসমূহ

পাঠ - ২.১ : ইকোলজিঃ সংজ্ঞা, পরিধি ও প্রকারভেদ
পাঠ - ২.২ : বায়োম
পাঠ - ২.৩ : ইকোলজিক্যাল পিরামিড
পাঠ - ২.৪ : ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্র

পাঠ-২.১ ইকোলজিঃ সংজ্ঞা, পরিধি ও প্রকারভেদ
Ecology: Definition, Scope and Classification

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে আপনি-

- ইকোলজির সংজ্ঞা বলতে পারবেন;
- ইকোলজির পরিধি বিশ্লেষণ করতে পারবেন;
- ইকোলজির শ্রেণিবিভাগ লিখতে পারবেন।

ইকোলজি জীবমণ্ডলে বা বায়োস্ফিয়ারে বসবাসকৃত জীবকূলের স্থান ও সময়ের (Spatial and temporal) প্রেক্ষিতে বিস্তৃত বন্টন এবং প্রতিবেশ পরিবেশের সাথে মিথস্ক্রিয়ার সম্পর্ক প্রভৃতি সকল বিষয় সংক্রান্ত বিজ্ঞান। ইকোলজি ফোকাস করে প্রধানত জীববৈচিত্র্যতা, ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ এবং ইকোলজিক্যাল কার্যকারিতা (Function)। ইকোলজি ক্ষুদ্র কোষ (Cell) থেকে শুরু করে, সকল জীব এবং বৃহৎ স্কেলে বায়োস্ফিয়ার সম্পর্কে আলোচনা করে । আলোচ্য পাঠে ইকোলজি বা বাস্তুসংস্থান সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে।

ইকোলজির সংজ্ঞা

Definition of Ecology

আর্নেস্ট হেকেল (Ernest Haeckel) নামক জার্মান বিজ্ঞানী সর্বপ্রথম ১৮৬৯ সালে Ecology শব্দটি ব্যবহার করেন। Ecology ইকোলজি দুইটি গ্রীক শব্দ Oikos (ঘর বা house) এবং Logos (সমীক্ষা বা study) থেকে উৎপত্তি। প্রকৃতপক্ষে Ecology বা বাস্তুসংস্থান হচ্ছে পৃথিবী নামক বসবাসকৃত গ্রহে জীবগোষ্ঠীর (উদ্ভিদ, প্রাণী, অনুজীব) সাথে পরিবেশের পারস্পরিক সম্পর্ক সম্বলিত বিজ্ঞান । ইকোলজি হলো জীববিজ্ঞানের একটি শাখা। ইকোলজি সম্পর্কিত বিভিন্ন বিজ্ঞানীর কতিপয় সংজ্ঞা নিম্নে উপস্থাপন করা হলো।

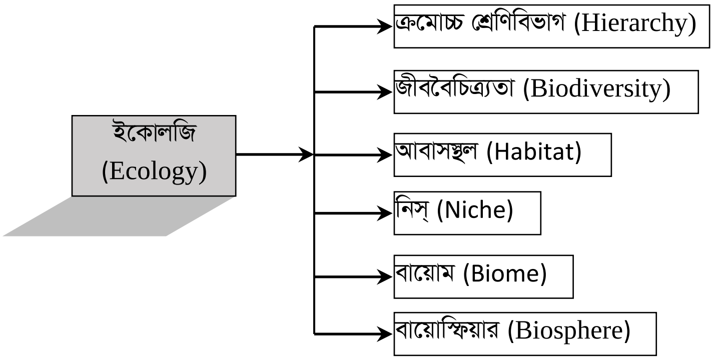
- আর্নেস্ট হেকেলের মতে, "ইকোলজি হচ্ছে জৈবিক বিশ্ব ব্যবস্থাপনার নিয়ম ও নীতির বিজ্ঞান"।
- ফ্রেডরিক ক্লিমেন্টস, ইকোলজিকে সম্প্রদায়ের বিজ্ঞান (Science of Community) হিসেবে বিবেচনা করেছেন।
- E.P. Odum (১৯৬৩) সালে উল্লেখ করেন যে, ইকোলজি হচ্ছে ইকোসিস্টেমসমূহের কাঠামো ও কার্যাবলির সমীক্ষা। তাঁর মতে, শুধুমাত্র প্রকৃতির সজীব ও জড় উপাদানসমূহ পারস্পরিক রীতিতে আন্তঃসম্পর্ক বিশিষ্ট নয় বরং দুইটি উপাদান একটি নির্দিষ্ট পদ্ধতিতে সুনিয়ন্ত্রিত রীতিতে কার্যকরী রয়েছে।
- C.C. Park, ১৯৮০ এর মতে, Ecology শুধুমাত্র উদ্ভিদ ও প্রাণীর বিভিন্ন বিষয়ই সমীক্ষা করে না বরং বায়োটা এবং সমগ্র সমাজকে সমীক্ষা করে। নির্দিষ্ট প্রাকৃতিক অঞ্চলের বায়োম এবং এর অধিবাসীকে বায়োটা বলে।

ইকোলজির পরিধি

Scope of Ecology

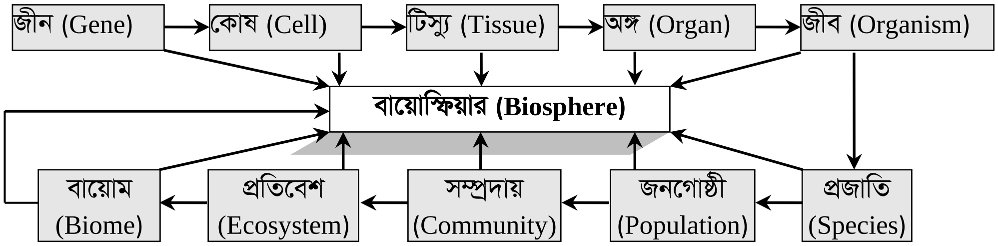
ইকোলজিকে একটি মৌলিক ইকোসিস্টেমের একক হিসেবে বিবেচনা করার ভিত্তিতে বলা যায় ইকোসিস্টেম গঠনকারী অজীব ও সজীব উপাদানসমূহ ইকোলজির প্রধান বিষয়বস্তু। ইকোলজির বিভিন্ন উপাদান, সালোকসংশ্লেষণ, ফুড চেইন ও ফুড ওয়েভ, ইকোলজিক্যাল পিরামিড, উৎপাদনশীলতা ও এর নিয়ামক, ইকোলজিক্যাল ভারসাম্য, প্রজাতিসমূহের বিবর্তন, লোপ, পর্যায়ক্রমিক বিকাশ, বিন্যাস, বিভিন্নতা, পরিবর্তন, পরিবেশিক নিয়ন্ত্রণ, দূষণ, ব্যবস্থাপনা, ইকোলজিতে শক্তি সরবরাহ, জীব ভূ-রাসায়নিক চক্র প্রভৃতির মাধ্যমে ইকোলজির ব্যাপকতা প্রকাশ পায়। পরিবেশের ওপর মানুষের প্রভাব

ইকোলজিক্যাল প্রক্রিয়াগুলোকে প্রভাবিত করছে । তাই সময়ের সাথে সাথে ইকোলজির ব্যাপকতা আরো বৃদ্ধি পাচ্ছে, যা চিত্র ২.১ এ দেখানো হয়েছে।



চিত্র - ২.১ ইকোলজির আলোচ্য বিষয়সমূহ

১। **ক্রমোচ্চ শ্রেণিবিভাগ (Hierarchy):** ইকোলজি পরিবেশকে ক্ষুদ্রতম পর্যায় (Mircro-Level) থেকে বৃহৎ পর্যায় (Macro-level) পর্যন্ত সকল বিষয়কে অন্তর্ভুক্ত করে[1]। এ কারণে প্রতিবেশে ক্রমোচ্চ শ্রেণিবিভাজন (Hierarchy) প্রতীয়মান হয় ,চিত্র-২.২ লক্ষ করুন ।



চিত্র - ২.২ ইকোলজিক্যাল ক্রমোচ্চ শ্রেণিবিভাগ

জীন (Gene) কে জীবের একক বলা হয়। এই জীন থেকে সর্বপ্রথম তৈরি হয় কোষ, বেশ কিছু কোষ মিলে তৈরি হয় টিসু। টিসু থেকে অঙ্গ প্রত্যঙ্গ তৈরি হয়। পরিবেশে জন্ম নেয় জীব। জীবের বৈচিত্র্যতার কারণে সনাক্ত হয় প্রজাতি। আবার একই ধরনের প্রজাতি তৈরি করে জনগোষ্ঠী (Population)। জনগোষ্ঠীর প্রাচুর্যতা ও প্রাপ্যতার ভিত্তিতে তৈরি হয় সম্প্রদায় বা কমিউনিটি। একক বা সমষ্টিগত সম্প্রদায় যেখানে বাস করে সেখানে গড়ে ওঠে পরিবেশ অনুযায়ী ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ। বৃহৎ ইকোসিস্টেম তৈরি করে বায়োম। বৃহৎ বায়োম বায়োস্ফিয়ারের অন্তর্ভুক্ত। ক্রমোচ্চ শ্রেণিবিভাগের সমস্ত বিষয় বায়োস্ফিয়ার বা জীবমণ্ডলের অন্তর্ভুক্ত ।

[1] Samuel M. Scheiner; Michael R. Willing (2011). The theory of cology Chicago: The University of chicago press. ISBN 9780226736860.

২। **জীববৈচিত্র্যতা (Biodiversity):** জীববৈচিত্র্যতা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ প্রতিবেশগত একক। জীববৈচিত্র্যতা জটিল ইকোলজিক্যাল প্রক্রিয়াকে প্রভাবিত করছে, পরিবর্তন করছে এবং নিয়ন্ত্রণও করছে। তাই জীববৈচিত্র্যের সংরক্ষণ এবং বংশগতীয়, প্রজাতিগত ও প্রতিবেশগত বৈচিত্র্যতার ব্যাখ্যা ও বিশ্লেষণ ইকোলজির গরুত্বপূর্ণ বিষয়।

৩। **আবাসস্থল (Habitat):** প্রজাতির আবাসস্থলের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ গড়ে ওঠে। আবাসস্থল অ্যাকুয়াটিক হতে পারে, স্থলজ হতে পারে। আবাসস্থলের প্রকৃতি বিশ্লেষণও প্রতিবেশের প্রজাতি নির্ণয়ে এবং প্রতিবেশ ব্যবস্থাপনায় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

৪। **ইকোলজিক্যাল নিস্ (Ecological Niche):** জীববিজ্ঞানী চার্লস এলটন (Charles Elton) সম্প্রদায়ে জীবের মর্যাদা বা অবস্থা বোঝানোর জন্য সর্বপ্রথম ইকোলজিক্যাল নিস্ শব্দটি ব্যবহার করে। জীবের আবাসস্থল (Habitat) এবং নিস্ (Niche) শব্দ দুটি এক নয়। আবাসস্থলের সাথে জীবের মিথস্ক্রিয়ার সম্পর্ককে (যেমন- খাদ্য গ্রহণনীতি, আবাসস্থলে বসবাসকারী অন্যান্য জীবের সম্পর্ক) কে নিস্ বলে। সুনির্দিষ্ট প্রতিবেশে জীবের অবস্থান (Location) এবং কাজ (Funciton) নির্দেশ করাই হলো নিস্ (Niche)।

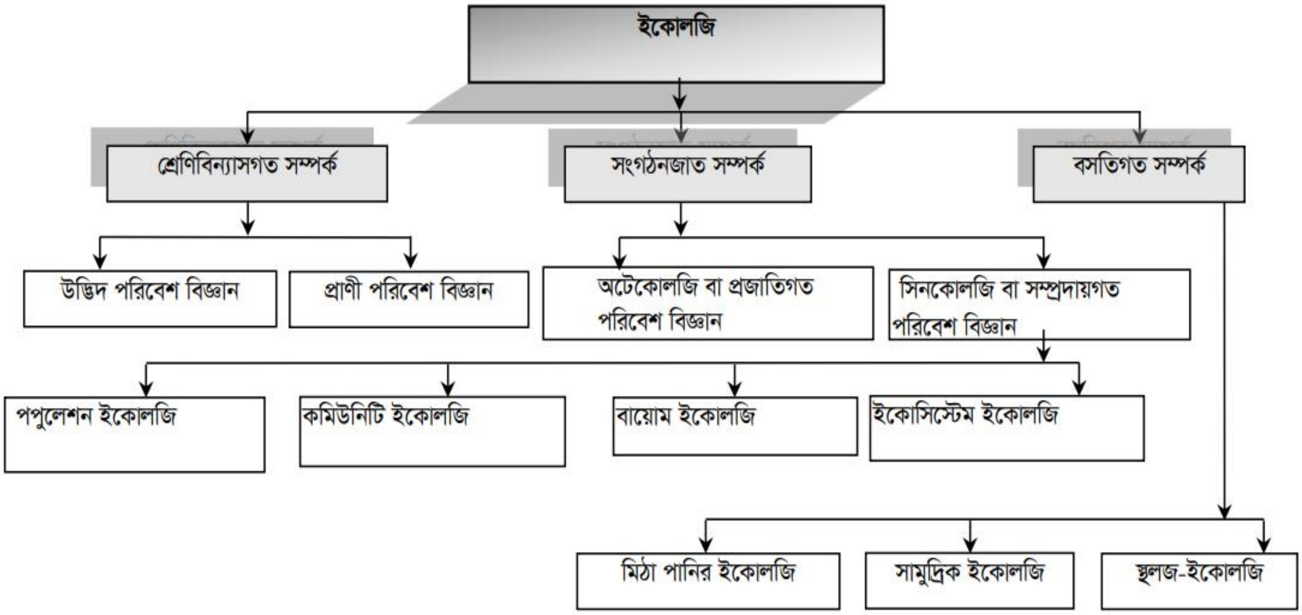
৬। **বায়োম (Biome):** প্রজাতি ও বসবাসের প্রকৃতির নির্ভর করে পৃথিবীর বৃহৎ ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশকে বায়োম বলে। যেমন- সাভানা, তুন্দ্রা বনভূমি প্রভৃতি। ইকোলজিতে বায়োম অত্যন্ত গুরুত্ব সহকারে বর্ণনা করা হয়।

৭। **বায়োস্ফিয়ার (Biosphere):** বায়োস্ফিয়ারকে ইকোস্ফিয়ারও বলা হয়। বিশ্বব্যাপী একে বিশ্বের সকল প্রতিবেশের সমষ্টি হিসেবে দেখা হয়। জীবের বসবাসকৃত পরিবেশের উপাদানসমূহের পারস্পরিক আন্তঃসম্পর্কের ভিত্তিতে পৃথিবীতে জীবকূল বাস করে। ইকোলজি অত্যন্ত গুরুত্বসহকারে বায়োস্ফিয়ারের সকল বিষয়ের ব্যাখ্যা বিশ্লেষণ করে।

ইকোলজির প্রকারভেদ

Classification of Ecology

ইকোলজির পরিধির ব্যাপকতা এবং প্রতিবেশের সাথে জীবের সম্পর্কের ইকোলজির কতিপয় স্বতন্ত্র বিভাগ তৈরি হয়েছে যা চিত্র ২.৩ এ দেখানো হয়েছে।



চিত্র - ২.৩ ইকোলজির শ্রেণিবিভাগ

১। শ্রেণিবিন্যাসগত সম্পর্ক (Texonomic Relationship)

শ্রেণিবিন্যাসগত সম্পর্কের ওপর ভিত্তি করে পরিবেশ বিজ্ঞানকে প্রধান দুইটি শাখায় ভাগ করা হয়েছে। যথা-

ক. উদ্ভিদ পরিবেশ বিজ্ঞান: উদ্ভিদ পরিবেশের যাবতীয় বিষয় আলোচিত হয়।

খ. প্রাণী পরিবেশ বিজ্ঞান: প্রাণী পরিবেশের সমস্ত বিষয় প্রাণী পরিবেশ বিজ্ঞানের অন্তর্ভুক্ত।

২। সংগঠনজাত সম্পর্ক (Organizational Relationship)

উদ্ভিদ, প্রাণী ও মানুষের এককভাবে ও সমষ্টিগতভাবে পরিবেশে বসবাসের ভিত্তিতে পরিবেশ ও জীবকূলের সংগঠনের স্তর তৈরি হয়। সংগঠনের স্তরের ওপর ভিত্তি করে এবং ইকোলজির পরিধির ওপর নির্ভর করে ইকোলজিকে প্রধান দুইটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা-

ক. প্রজাতিগত পরিবেশ বিজ্ঞান বা অটেকোলজি (Autecology)

খ. সম্প্রদায়গত পরিবেশ বিজ্ঞান বা সমষ্টিগত পরিবেশ বিজ্ঞান বা সিনইকোলজি (Synecology)

ক. প্রজাতিগত পরিবেশ বিজ্ঞান বা অটেকোলজি (Autecology): অটেকোলজি (Autecology) তে পরিবেশের সাথে স্বতন্ত্র প্রজাতিসমূহের সম্পর্ক নির্ণয় করা হয়। Autecology শব্দটি গ্রীক শব্দ (autos) স্বয়ং এবং (oikos) বাসস্থান এর সমন্বয়ে উৎপত্তি হয়েছে। অর্থাৎ পৃথক পৃথক জীবের প্রতিবেশ হলো অটেকোলজি। ইকোলজির এই শাখায় স্বাধীনভাবে এক একটি প্রজাতি পৃথকভাবে অর্থাৎ প্রতিটি প্রজাতি নিয়ে আলোচনা করা হয়।[২] সুতরাং বলা যায়, এক একটি প্রজাতি নিয়ে বা প্রতিটি স্বতন্ত্র প্রজাতিকে একক হিসেবে গণ্য করে পরিবেশ বিজ্ঞানের যে শাখায় আলোচনা করা হয় তাকে প্রজাতিগত পরিবেশ বিজ্ঞান বলা হয়। বর্তমানে পরিবেশ বিজ্ঞানের এ শাখাকে শারীরবৃত্তীয় পরিবেশ বিজ্ঞানও বলে। সংক্ষেপে, পরিবেশ বিজ্ঞানের এই শাখায় নির্দিষ্ট পরিবেশে একটি মাত্র প্রজাতির সাথে পরিবেশের সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয়।

খ. সম্প্রদায়গত পরিবেশ বিজ্ঞান বা সিনকোলজি (Synecology) : সিনকোলজি (Synecology) শব্দটি গ্রীক (Syn) সংযুক্ত ও oikos (ঘর) এর সমন্বয়ে উৎপত্তি লাভ করেছে। সংযুক্ত ঘর বিজ্ঞান বা সিনইকোলজিতে, জীব ও অনুজীবসমূহের (উদ্ভিদ, প্রাণী ও অণুজীব) জটিল আন্তঃসম্পর্ক বিশ্লেষণ করে, যা পারস্পরিক নীতি অনুযায়ী স্বাভাবিক আবাসস্থল ও প্রাকৃতিক পরিবেশের মধ্যে মিথস্ক্রিয়া করে এবং একে অপরকে প্রভাবিত করে। এছাড়াও সিনইকোলজিতে স্থলজ প্রতিবেশ, সামুদ্রিক প্রতিবেশ এবং মানুষের দ্বারা পরিবেশ সংক্রান্ত যাবতীয় সমস্যার কারণ, পরিবর্তন ও সমাধান আলোচনা করে। ইকোলজির এই শাখায় সামগ্রিকভাবে কমিউনিটিভুক্ত জীব নিয়ে আলোচনা করা হয়। তাই এই শাখাকে প্রধান চার ভাগে ভাগ করা যায়। যথা-

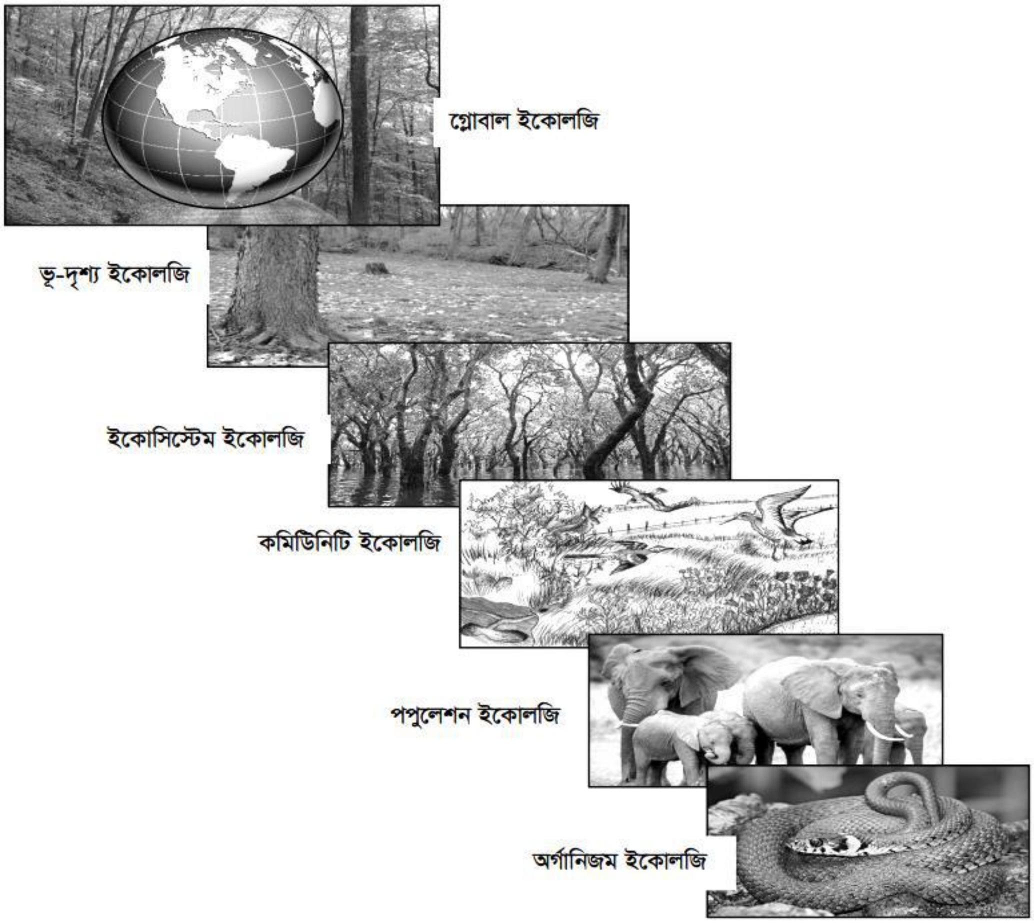
১। পপুলেশন ইকোলজি
২। কমিউনিটি ইকোলজি
৩। ইকোসিস্টেম ইকোলজি
৪। বায়োম ইকোলজি

১। পপুলেশন ইকোলজি (Population Ecology): নির্দিষ্ট পরিবেশের বিশেষ স্থানে বসবাসকারী একই প্রজাতির সকল সদস্যকে সমষ্টিগতভাবে পপুলেশন বলে। অপরদিকে একটি বনভূমির সব গাছ পপুলেশন তৈরি করে না । কারণ উক্ত বনভূমির সব গাছ একই প্রজাতির নয়। পরিবেশ বিজ্ঞানের পপুলেশন ইকোলজি শাখায়- যে কোনো পরিবেশের পপুলেশন এবং পপুলেশনের সাথে পরিবেশের পারস্পরিক সম্পর্ক ও অবস্থানসহ পপুলেশনের বিভিন্ন বিষয়ের ব্যাখ্যা বিশ্লেষণ করে।

---

2 Eric Laferriere; Peter J. Stoett (2003). Interrnational RElations. Theory and Ecological Thought: Towards and Synthesis. Routledge. p. 25. ISBN 978-1-134-71068-3.

২। কমিউনিটি ইকোলজি (Community Ecology): একটি অঞ্চলে একত্রে বসবাসরত ভিন্ন ভিন্ন পপুলেশন কমিউনিটি গঠন করে। পৃথক পৃথক পপুলেশন পারস্পরিক ক্রিয়ার মধ্য দিয়ে বা পারস্পরিক সম্পর্কের ভিত্তিতে একই কমিউনিটিতে বসবাস করে। পরিবেশ বিজ্ঞানের কমিউনিটি ইকোলজি শাখায় কমিউনিটি ও পরিবেশের পারস্পরিক নির্ভরশীলতা ও সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয়। একই প্রজাতিসম্পন্ন উদ্ভিদ ও প্রাণী পরিবেশের প্রাকৃতিক উপাদানের প্রাচুর্যতা ও প্রাপ্যতার ওপর নির্ভর করে কমিউনিটি তৈরি করে বসবাস করে। বিভিন্ন প্রজাতি পৃথক গোষ্ঠী বা কমিউনিটি তৈরি করে। পরিবেশের বিভিন্ন প্রাণী ও উদ্ভিদের বিভিন্ন গোষ্ঠী বা কমিউনিটি সম্পর্ককে বলা হয় কমিউনিটি বা ইকোলজি সম্প্রদায়। ইকোলজিতে সকল ধরনের কমিউনিটি পারস্পরিক সম্পর্কের ভিত্তিতে ইকোসিস্টেমে বা প্রতিবেশে বসবাস করে।



চিত্র - ২.৪ অটইকোলজি এবং সিনইকোলজির সমন্বয়ে গঠিত স্বতন্ত্র ইকোলজিসমূহ

৩। ইকোসিস্টেম ইকোলজি (Ecosystem Ecology): সংগঠনের ক্ষুদ্রতম স্তর হলো এক একটি একক জীব। যা এর নিজস্ব প্রজাতির অন্যান্য সদস্যদের পপুলেশনে থাকে। পপুলেশন আবার বিভিন্ন প্রজাতির কমিউনিটিতে অন্তর্ভুক্ত। কমিউনিটি এবং অ্যাবায়োটিক ফ্যাক্টর সম্মিলিতভাবে ইকোসিস্টেম গঠন করে। পরিবেশের বসবাসকারী জীবিত বস্তু নিজেদের মধ্যে এবং যে পরিবেশে বসবাস করে সেই পরিবেশের মধ্যে আন্তঃসম্পর্কিত হয়ে বেড়ে ওঠে, টিকে থাকে। ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশের এই ধরনের সম্পর্ককে ইকোসিস্টেম ইকোলজিতে ব্যাখ্যা ও বিশ্লেষণ করা হয়। অটইকোলজি এবং সিনইকোলজি সমন্বিত ভাবে তৈরি করে পপুলেশন ইকোলজি, কমিউনিটি ইকোলজি, ইকোসিস্টেম ইকোলজি, ভূ-দৃশ্য ইকোলজি এবং গ্লোবাল ইকোলজি তৈরি করে। চিত্র - ২.৪ লক্ষ করুন।

৪। বায়োম ইকোলজি (Biome Ecology): পরিবেশ বিজ্ঞানের এই শাখায় পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলের বায়োম নিয়ে আলোচনা করা হয়। নির্দিষ্ট অঞ্চলে পরিবেশের সাথে জীব ও জড় উপাদানের পারস্পরিক সম্পর্ককে ইকোসিস্টেম বলা হয়।

আর পরিবেশের বৃহৎ ইকোসিস্টেমকে বায়োম বলা হয়। যেমন- রেইন ফরেস্ট, মরুভূমি, তৃর্ণভূমি, পর্ণমোচী বনভূমি, তুন্দ্রা অঞ্চল প্রভৃতি। ইকোলজি ইউনিটের পাঠ ২.২ এ বায়োম সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে।

৩. বসতিগত সম্পর্ক (Habitatual Relationship)

পরিবেশের প্রকৃতি বা বাসস্থান অনুযায়ী ইকোলজিকে প্রধান তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা-

১। মিঠা পানির ইকোলজি (Fresh Water Ecology)
২। সামুদ্রিক ইকোলজি (Marine Ecology)
৩। স্থলজ ইকোলজি (Terrestrial Ecology)

১। মিঠা পানির ইকোলজি (Fresh Water Ecology): এই শাখায় মিঠা পানির উদ্ভিদ ও প্রাণীর ওপর পরিবেশের প্রভাব নিয়ে আলোচনা করা হয়। মিঠা পানির ইকোলজিকে সাধারণভাবে দুটি ভাগ ভাগ করা যায়।

- লেনটিক (Lentic) বা স্থির (Standing): বিল, হ্রদ, হাওড়, পুকুর ইত্যাদি।
- লোটিক (Lotic) বা বহমান (Running): নদী, ঝর্ণা ইত্যাদি।

২। সামুদ্রিক ইকোলজি (Marine Ecology): এ শাখায় সামুদ্রিক জীবকূল ও তার পরিবেশের পারস্পরিক সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয়। সমুদ্রের প্রবাল প্রাচীর এলাকা খুবই জীববৈচিত্র্যতায় সমৃদ্ধ। এইজন্য উক্ত অংশকে সমুদ্রের রেইনফরেস্ট বলা হয়।

৩। স্থলজ ইকোলজি (Terrestrial Ecology): স্থলজ ইকোলজিতে স্থলজ প্রাণী ও পরিবেশের ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া নিয়ে আলোচনা করা হয়। অক্ষাংশ ও জলবায়ুগত ভিন্নতার কারণে পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে স্বতন্ত্র প্রতিবেশের ভিত্তিতে ভিন্ন ভিন্ন জীবভূমি বা বায়োম তৈরি হয়েছে, যা স্থলজ ইকোলজিতে অত্যন্ত গুরুত্বসহকারে আলোচনা করা হয়।

সারসংক্ষেপ:

প্রাকৃতিক বিজ্ঞানের যে শাখায় প্রতিবেশের বা ইকোসিস্টেমের বিজ্ঞানভিত্তিক ব্যাখ্যা - বিশ্লেষণ করা হয় তাকে ইকোলজি বলে। ইকোলজি হলো জীববিজ্ঞানের একটি শাখা। আর্নেস্ট হেকেল নামক জার্মান বিজ্ঞানী সর্বপ্রথম ১৮৬৯ সালে Ecology শব্দটি ব্যবহার করেন। আর্নেস্ট হেকেলের মতে, "ইকোলজি হচ্ছে জৈবিক বিশ্ব ব্যবস্থাপনার নিয়ম ও নীতির বিজ্ঞান।" ইকোলজি ক্ষুদ্র কোষ (Cell) থেকে শুরু করে, সকল জীব (living Organism) এবং বৃহৎ স্কেলে বায়োস্কিয়ার সম্পর্কে আলোচনা করে। প্রতিবেশে ক্রমোচ্চ শ্রেণিবিভাজন (Hierarchy) হলো- জীন , জীববৈচিত্র্যতা , আবাসস্থল , ইকোলজিক্যাল নিস্ , বায়োম এবং বায়োস্ফিয়ার । জীন থেকে সর্বপ্রথম তৈরি হয় কোষ, বেশ কিছু কোষ মিলে তৈরি হয় টিস্যু। টিস্যু থেকে অঙ্গ প্রত্যঙ্গ তৈরি হয়। পরিবেশে জন্ম নেয় জীব। জীবের বৈচিত্র্যতার কারণে সনাক্ত হয় প্রজাতি। আবার একই ধরনের প্রজাতি তৈরি করে জনগোষ্ঠী। জনগোষ্ঠীর প্রাচুর্যতা ও প্রাপ্যতার ভিত্তিতে তৈরি হয় সম্প্রদায় বা কমিউনিটি। একক বা সমষ্টিগত সম্প্রদায় যেখানে বাস করে সেখানে গড়ে ওঠে পরিবেশ অনুযায়ী প্রতিবেশ বা ইকোসিস্টেম, বৃহৎ ইকোসিস্টেম তৈরি করে বায়োম। বৃহৎ বায়োম বায়োস্ফিয়ারের অন্তর্ভুক্ত। ইকোলজি বা বাস্তুতন্ত্রের পরিধির ওপর নির্ভর করে ইকোলজিকে প্রধান দুইটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা- অটেকোলজি ও সিনকোলজি। সংগঠনের মাত্রা অনুযায়ী সিনইকোলজি শাখাকে আবার চার ভাগে ভাগ করা যায়। যথা- পপুলেশন ইকোলজি, কমিউনিটি বা ইকোলজি সম্প্রদায়, ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ ইকোলজি ও বায়োম ইকোলজি । পরিবেশের প্রকৃতি বা বাসস্থান অনুযায়ী ইকোলজিকে প্রধান তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা- মিঠা পানির ইকোলজি, সামুদ্রিক ইকোলজি, স্থলজ ইকোলজি ।

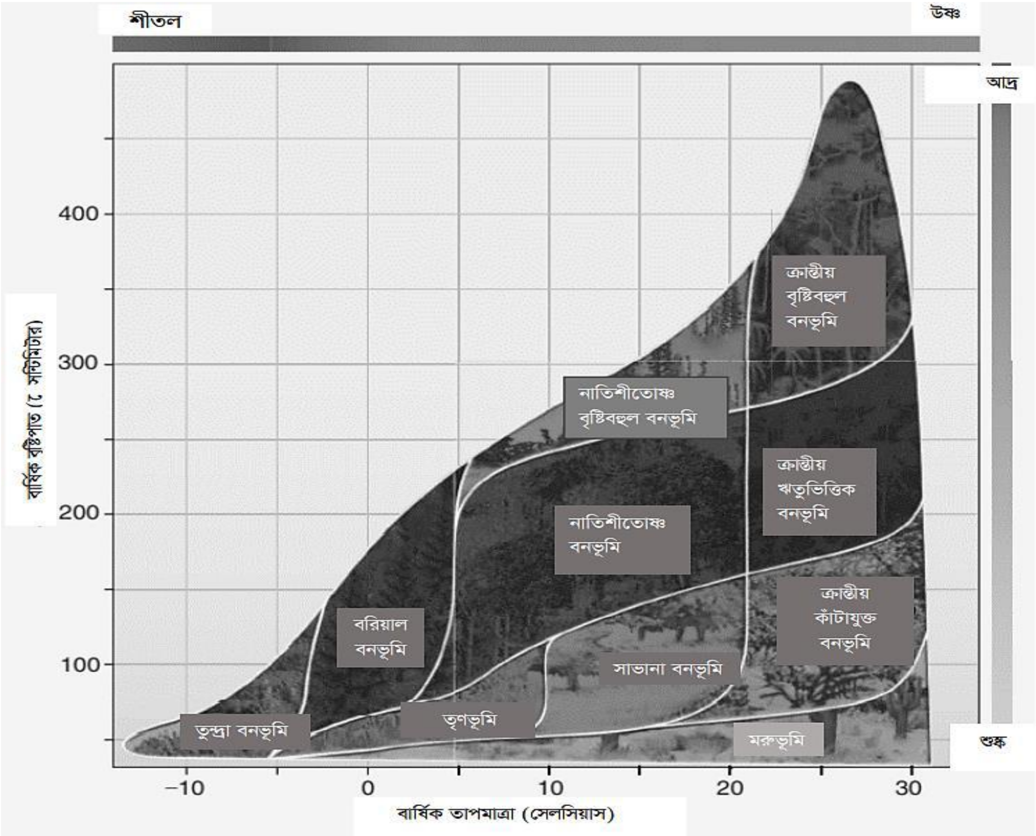
পাঠ-২.২ বায়োম
Biome

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে আপনি-

- বায়োমের বা জীবভূমির সংজ্ঞা বলতে পারবেন;
- বিভিন্ন প্রকার বায়োম বা জীবভূমি বর্ণনা ও ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

বায়োম বা জীবভূমি হচ্ছে বিস্তৃত পরিসরের প্রাকৃতিক ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ। অর্থাৎ প্রতিবেশের উদ্ভিদের ভিন্নতার জন্য প্রতিটি বৃহৎ বায়োম বা জীবভূমি পৃথক নামে পরিচিত। যেমন- বন জীবভূমি, তৃণ জীবভূমি, মরু জীবভূমি, তুন্দ্রা জীবভূমি, স্বাদুপানির বায়োম ও সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির জীবভূমি। পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলের আবহাওয়া ও জলবায়ু, সূর্যরশ্মির পতন, সমুদ্রের অবস্থান এবং বায়ুপ্রবাহ প্রভৃতি প্রাকৃতিক পরিবেশের উপাদানসমূহের ভিন্নতার কারণে পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে পৃথক পৃথক বায়োম বা জীবভূমি তৈরি হয়েছে, যা চিত্র-২.৫ এ দেখানো হয়েছে।



চিত্র - ২.৫ বার্ষিক তাপমাত্রা ও বৃষ্টিপাতের ভিত্তিতে বিশ্বের প্রাকৃতিক জীবভূমি[৩]

[3] Cunningham, W., & Cunningham, M. (2017). *Principles of Environmental Science Inquiry and Application* (8th ed.). Mc Graw Hill Education.

বায়োম বা জীবভূমির সংজ্ঞা

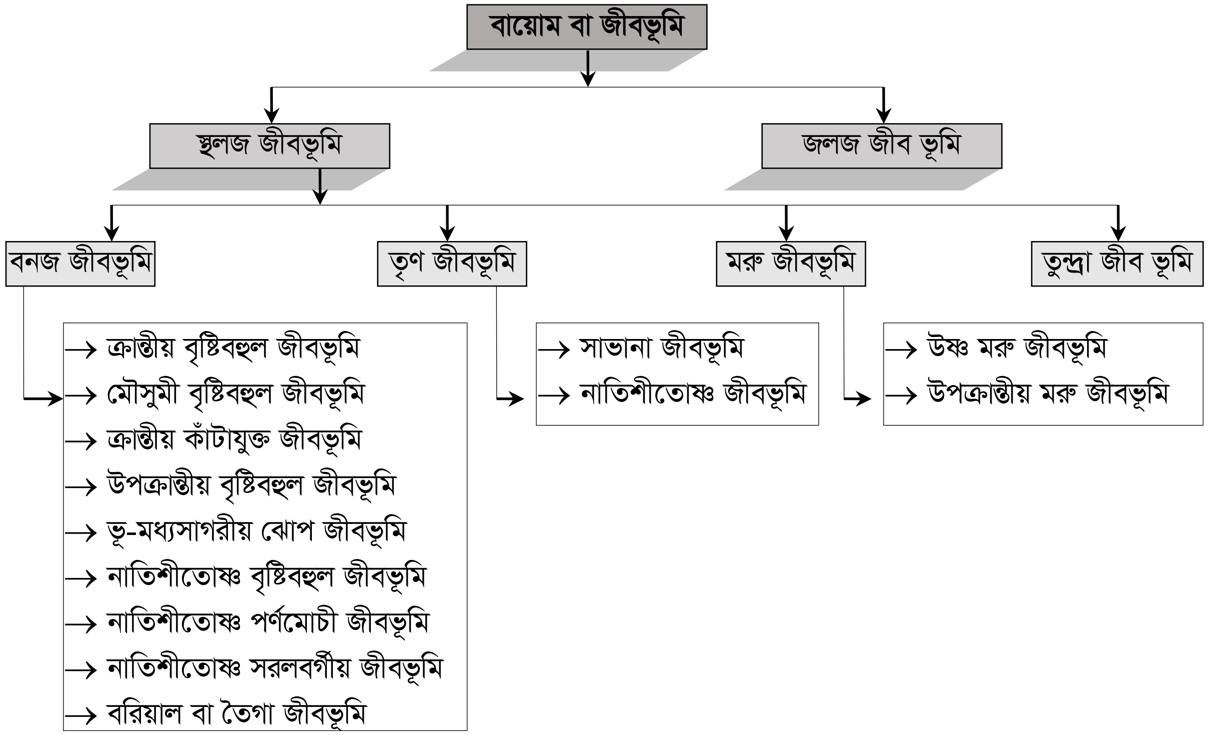
Definition of Biome

- আই. জে.সাইমনস (I. J. Simmons, 1982) -এর মতে, The most extensive ecosystem unit which it is convenient to designate is called Biome অর্থাৎ “সহজেই সনাক্তযোগ্য ব্যাপক বিস্তৃত প্রতিবেশভিত্তিক একককে বায়োম বলে”।
- গোল্ডসবে (Goldsby, 1979) এর মতে, A Biome of a geografical region is made up of the total of all biotic communities interacting within a single life zone where the climate is similar. অর্থাৎ “বায়োম হচ্ছে একক জীববলয়ে মিথষ্ক্রিয়ারত সকল জৈবিক সম্প্রদায়ের সমন্বয়ে গঠিত একই ধরনের জলবায়ুবিশিষ্ট একটি ভৌগোলিক অঞ্চল”।

বায়োম বা জীবভূমির প্রকারভেদ

Classification of Biome

অক্ষাংশ ও জলবায়ুগত ভিন্নতার কারণে পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে স্বতন্ত্র প্রতিবেশের ভিত্তিতে ভিন্ন ভিন্ন জীবভূমি বা বায়োম তৈরি হয়েছে। বার্ষিক বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার হ্রাস বৃদ্ধির সাপেক্ষে পৃথিবীর উল্লেখযোগ্য জীবভূমিসমূহ চিত্র-২.৫ এ দেখানো হয়েছে। জীবভূমি বা বায়োম তৈরি, বিস্তার এবং টিকে থাকতে জলবায়ু এবং উদ্ভিজের প্রাধান্যই সর্বাধিক। বায়োম বা জীবভূমিকে স্থলজ এবং জলজ জীবভূমি নামক প্রধান দুইটি ভাগে বিভক্ত করা হয়েছে। চিত্র-২.৬ এর মাধ্যমে বায়োমের শ্রেণিবিভাগ দেখানো হলো।



চিত্র - ২.৬ বায়োমের শ্রেণিবিভাগ[৪]

[4] Rouf, D., & Illius, S. (2005). *Environment and Resource Management* (3rd ed.). shujoneshu Prokashony.

১। স্থলজ বায়োম বা জীবভূমি (Terrestrial Biomes): পরিবেশের জৈব ও অজৈব উপাদানের ওপর ভিত্তি করে জলবায়ু ও অক্ষাংশ অনুযায়ী পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে স্থলজ জীবভূমি গড়ে ওঠেছে। স্থলজ জীবভূমিকে প্রধান চারটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা- ১) বনজ জীবভূমি, ২) তৃণ জীবভূমি, ৩) মরু জীবভূমি, ৪) তুন্দ্রা জীবভূমি। চিত্র -২.৭ লক্ষ করুন[৫]।

ক. বনজ বায়োম বা জীবভূমি (Forest Biome): বনজীবভূমি জটিল প্রতিবেশভিত্তিক বায়োম বা জীবভূমি। বন জীবভূমি ক্রান্তীয়, উপক্রান্তীয়, ভূমধ্যসাগরীয়, নাতিশীতোষ্ণ, তৈগা প্রভৃতি জীবভূমিতে ভাগ করা হয়েছে। ক্রান্তীয় বৃষ্টিবহুল বায়োমে গাছপালাগুলো ওপরের অংশে এতো ঘন আচ্ছাদন তৈরি করে যে সূর্যের আলো মাটি পর্যন্ত পৌঁছায় না। গাছের এরূপ আচ্ছাদনকে ক্যানপি (Canopy) বলে। সারাদিন স্বল্প আলো থাকে বলে এই জীবভূমিকে চির গোধূলী অঞ্চল (Region of Twilight) বলে। ক্রান্তীয় অঞ্চলের যেখানে বৃষ্টিপাতের পরিমাণ ১০১ সে.মি. অপেক্ষা কম সেখানে ক্রান্তীয় কাঁটা ঝোপ জন্মায়। উপক্রান্তীয় বৃষ্টিবহুল বনের বায়োমে গড় বৃষ্টিপাত ২০৩ সে.মি. এবং গড় তাপমাত্রা ২৫°-৩০° সেলসিয়াস। বছরের বিভিন্ন সময়ে এই অঞ্চলের উদ্ভিদের পাতা ঝড়ে যায়। এই বায়োমের গাছের উচ্চতা ৮০-১০০ ফুট পর্যন্ত হয়।

এই বনভূমিতে চিরসবুজ ও পর্ণমোচী গাছের মিশ্রণ দেখা যায়। বন জীবভূমির মধ্যে ভূ-মধ্যসাগরীয় জীবভূমি বা বায়োম অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। চির সবুজ বা পাতাঝরা গাছ ভূ-মধ্যসাগরীয় বায়োমের প্রধান বৈশিষ্ট্য। পাইন ও ওক এর প্রধান গাছ। ভূমধ্যসাগরীয় উপকূলের ক্যালিফোর্ণিয়ার ঝোপের ভূ-দৃশ্য চাপারাল (Chaparral) নামে, দক্ষিণ ইউরোপের ভূমধ্যসাগরীয় অঞ্চলে মাকুইস (Maquis), চিলিতে ম্যাটোরাল (Mattoral) এবং দক্ষিণ আফ্রিকায় ফিনবোস (Fynbos) নামে পরিচিত। এই বায়োমের গাছের শিকড় মাটির বেশ গভীরে প্রবেশ করে এবং পাতাগুলো খরা প্রতিরোধের ক্ষমতা সম্পন্ন। এইজন্য গাছগুলোকে স্কোরোফাইলাস (Scorophyllus) বলে। উত্তর আমেরিকায় উত্তর পশ্চিম উপকূলে রেড উড ও ডগলাস ফার প্রচুর জন্মে। নাতিশীতোষ্ণ সরলবর্গীয় বনভূমির বায়োম মধ্যঅক্ষাংশের মেরু অঞ্চলের দিকে উত্তর আমেরিকায় বোরিয়াল বনভূমি, রাশিয়ায় এটি তুষার বন বা তৈগা নামে পরিচিত। পাইন, হেমলক, স্প্রুস, বালসাম, ম্যাপল, পপুলাস প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। প্রাণীগুলোর মধ্যে হরিণ, হাতি, মহিষ, হনুমান, বানর, মাংশাসী, চিতাবাঘ, চিতা বিড়াল, ভালুক, সরীসৃপ, সাপ, গৃহসাপ, গিরগিটি, ধনেশ, রবিন, তিতির, বাজপাখি, বিভিন্ন প্রজাতির পাখি, অসংখ্য অমেরুদণ্ডী প্রাণী বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

খ. তৃণ বায়োম বা জীবভূমি (Grassland Biome): ক্রান্তীয় ও নাতিশীতোষ্ণ শুষ্ক অঞ্চলে পৃথিবীর মোট স্থলভাগের প্রায় ২৫ শতাংশ তৃণ জীবভূমি বা বায়োম বিস্তৃত। যেমন- শুষ্ক ও আদ্র ঋতুর সমন্বয়ে সাভানা তৃণ জীবভূমি বা বায়োম রয়েছে। সাভানা জীব ভূমির অধিকাংশ গাছের পাতা শুষ্ক ঋতুতে ঝরে পড়ে। দক্ষিণ আমেরিকার ভেনিজুয়েলার ওরিনাকা নদীর উপত্যকার তৃণ জীবভূমি ল্যানো (Leano), দক্ষিণ আমেরিকার আমাজান নদীর অববাহিকার দক্ষিণে ব্রাজিলের বিস্তীর্ণ তৃণভূমি ক্যাম্পোস (Campose) নামে, অস্ট্রেলিয়ার ক্রান্তীয় তৃণবহুল অঞ্চল পার্কল্যান্ড (Park Land) নামে পরিচিত। উদ্ভিদের বৈশিষ্ট্যের ওপর নির্ভর করে একে কাঁটা যুক্ত বৃক্ষময় ভূমি (Thorn Woods) বলা হয়। সাভানা তৃণ জীবভূমিতে হরিণ, জেব্রা, জিরাফ, খরগোস, চিতাবাঘ, সিংহ, জাগুয়ার, শিকারী পাখি, শকুন, সরীসৃপ প্রভৃতি প্রাণি উল্লেখযোগ্য।

দক্ষিণ আফ্রিকার নাতিশীতোষ্ণ তৃণভূমি ভেল্ড নামে পরিচিত। নাতিশীতোষ্ণ তৃণভূমি অস্ট্রেলিয়ার নিউ সাউথ ওয়েলস এর মারে ডার্লিং নদীর অববাহিকায় ডাউন্স নামক তৃণভূমি ব্যাপকভাবে প্রসার লাভ করেছে। চীনের হোয়াংহো নদী অববাহিকায় এবং মাঞ্চুরিয়ায় স্টেপ তৃণভূমি দেখা যায়। নাতিশীতোষ্ণ তৃণাঞ্চলের মধ্যে এটি সর্বাপেক্ষা বৃহত্তম। নাতিশীতোষ্ণ তৃণজীবভূমির প্রাণীদের মধ্যে হরিণ, অ্যান্টিলোপ, খেঁকশিয়াল, শকুন ও শিকারী পাখি উল্লেখযোগ্য।

গ. মরু বায়োম বা জীবভূমি (Desert Biomes): বার্ষিক বৃষ্টিপাতের পরিমাণ ২৫ সে.মি. অপেক্ষা কম হলে মরু বায়োম বা মরু জীবভূমি দেখা যায়। মরু জীবভূমির স্থায়ী উদ্ভিদসমূহের মধ্যে ফণিমনসা, দুধ লতা, ঘৃতকুমারী, শতমূলা, বাবলা জাতীয় একাশিয়া, স্পাইনিফেক্স জাতীয় ক্ষুদ্রকাটা বিশিষ্ট গাছ উল্লেখযোগ্য। আফ্রিকার সাহারা মরুজীবভূমি, ভারত, পাকিস্তানের থর মরুজীবভূমি, আফ্রিকার কালাহারি ও নামির, পশ্চিম অস্ট্রেলিয়ার সোনারোন প্রভৃতি উষ্ণ মরু বায়োমের অন্তর্ভুক্ত। দক্ষিণ

[5] Cunningham, W., & Cunningham, M. (2017). *Principles of Environmental Science Inquiry and Application* (8th ed.). Mc Graw Hill Education.

আমেরিকার আটাকামা, পাতাগোনিয়া উপক্রান্তীয় মরু বায়োমের অন্তর্ভুক্ত। শাঁসোলো ক্যাকটাস, গুল্ম এবং মেসকাইট প্যালোভের্ড প্রভৃতি ছোটো ছোটো গাছ জন্মে। বিভিন্ন প্রজাতির পতঙ্গ, সরীসৃপ কিছুসংখ্যক স্তন্যপায়ী প্রাণী (যেমন উট), শুষ্ক মরুপ্রায় অঞ্চলে কিছু সংখ্যক সিংহ, চিতা, নেকড়ে ও হায়না দেখা যায়।

ঘ. তুন্দ্রা বায়োম বা জীবভূমি (Tundra Biome): মেরু প্রান্ত বরাবর এন্টার্কটিকা, এন্টার্কটিকার নিকটবর্তী দ্বীপসমূহে, রাশিয়ার বনহীন প্রাকৃতিক অঞ্চল তুন্দ্রা জীবভূমি বা তুন্দ্রা বায়োমের অন্তর্ভুক্ত। তুন্দ্রায় গ্রীষ্মকাল শীতল ও নাতিদীর্ঘ, থীতকাল দীর্ঘ, ঠান্ডা, প্রচুর তুষারপাত হয়। পর্বতের উঁচু অংশের তৃণভূমিকে আলপাইন (Alpine) তৃণভূমি বলে। তুন্দ্রা অঞ্চলে তৃণ, মস ও লিচেন জাতীয় উদ্ভিদ দেখা যায়। ছোট আকারের প্রাণীকূলের বৈচিত্র্য দেখা গেলেও রেইন ডিয়ার, ক্যারিবো, খরগোশ, লেমিং ইঁদুর, প্রভৃতি তৃণভোজী প্রাণীর পাশাপাশি খেঁকশিয়াল, নেকড়ে, হাউক, বাজপাখি, পেঁচা প্রভৃতি এই বায়োমে বাস করে।

২। জলজ বায়োম বা জীবভূমি (Aquatic Biomes): জলজ জীবভূমিকে স্থলভাগের স্বাদুপানির জীবভূমি এবং সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির জীবভূমি নামক দুইটি ভাগে বিভক্ত করা হয়।

ক. স্বাদুপানির বায়োম বা জীবভূমি (Terrestrial Freshwate Biome): সূর্যালোক প্রবেশের মাত্রার ওপর নির্ভর করে জলজ প্রতিবেশের বায়োম নির্ভর করে। জলজ প্রতিবেশের ওপরের অংশকে পুষ্টি উৎপাদক মণ্ডল (Trophogenic Zone) বলে। এটিকে আলোকিত মণ্ডলও (Euphotic Zone) বলে কারণ এটি জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রধান বিচরণ স্থল।

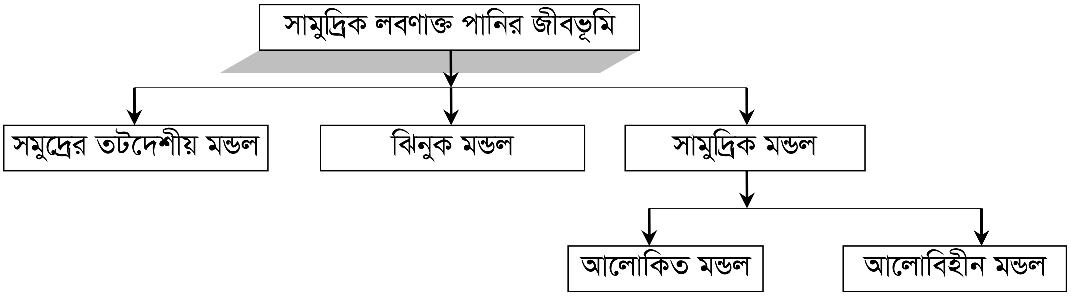
স্থির বা লেনটিক জলাশয়ের আবাস তিন প্রকার। যথা-

ক. **লিটোরাল জোন (Littoral Zone):** জলজ প্রতিবেশের ওপরের অংশকে তটদেশীয় মণ্ডল বা লিটোরাল জোন (Littoral Zone) বলে। উপকূল বরাবর, যেখানে স্বল্পগভীর এবং অধিক সূর্যের আলো পৌঁছায় এইরূপ এইরূপ প্রতিবেশকে লিটোরাল জোন বলে। সূর্যরশ্মির প্রবেশের তারতম্যের ওপর নির্ভর করে অপেক্ষাকৃত কম গভীরতায় যেখানে অধিক সূর্যের আলো প্রবেশ করে তাকে ইপিলিনিয়নও (Epilimnion) বলে।

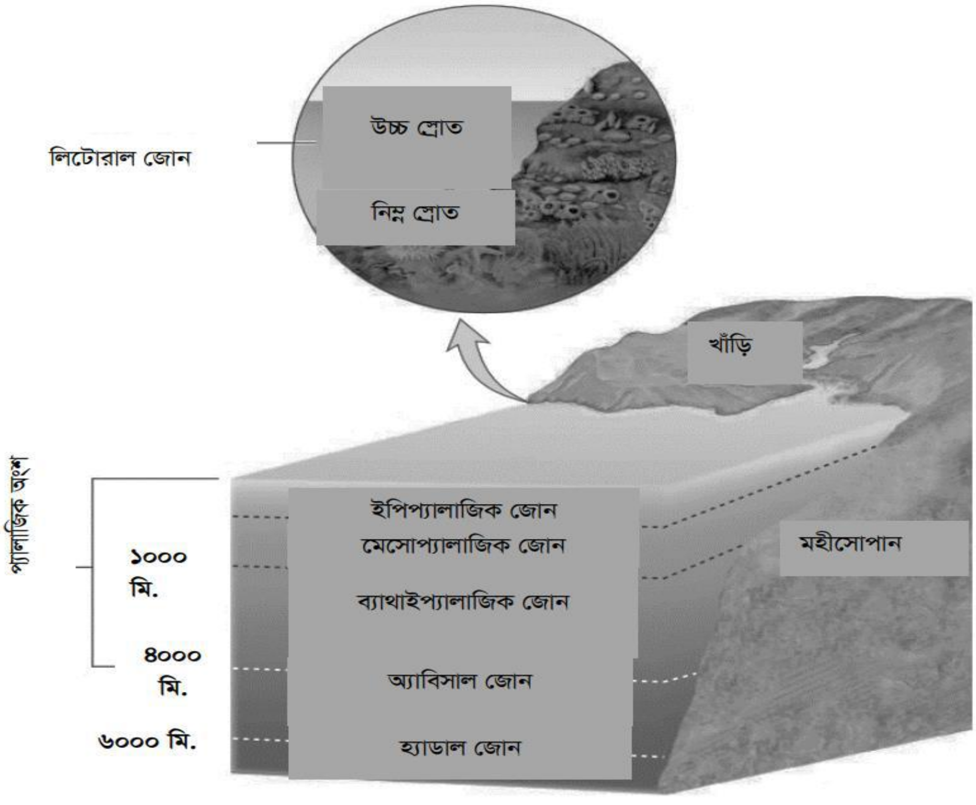
খ. **লিমনেটিক জোন (Limnetic Zone):** ইপিলিনিয়নের পর থেকে এর পরবর্তী অংশকে থার্মোক্লাইন (Thermocline) বলে। লিটোরাল জোনের পর পানির উপরিভাগ হতে যে গভীরতা পর্যন্ত সূর্যের আলো পৌঁছাতে পারে সে অঞ্চলকে লিমনেটিক জোন বলে। সর্বাপেক্ষা নিচের অংশে যেখানে সূর্যের আলো কম তাকে বেনথস বলে।

গ. **প্রোফান্ডাল জোন (Profundal Zone):** পানির উপরিভাগ হতে যে গভীরতা পর্যন্ত বা যে অঞ্চলে সূর্যের আলো ঠিক মতো পৌঁছাতে পারে না সে অঞ্চলকে প্রোফান্ডাল জোন বলে। অর্থাৎ, গভীর হ্রদে আলোবিহীন পানির অংশকে গভীরায়িত অঞ্চল (Profundal Region) বলে। হ্রদের যে অংশে সূর্যের আলো পৌঁছাতে পারে না তাকে প্রোফান্ডাল অঞ্চল বলা হয়।

খ. সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির বায়োম বা জীবভূমি (Marine Saline Water Biomes): সমুদ্রের তলদেশের ভূ-প্রকৃতি, গভীরতা, তাপমাত্রা, সমুদ্রস্রোত, জোঁয়ার-ভাঁটা প্রভৃতির ওপর নির্ভর করে সামুদ্রিক প্রতিবেশ । তটদেশীয় মণ্ডলের বাইরে উন্মুক্ত পানির স্তর। উন্মুক্ত সমুদ্রের জোয়ার-ভাটা এলাকার প্রতিবেশকে লিটোরাল জোন বলে। এটি সর্বাধিক উৎপাদনশীল এলাকা। মহীসোপান (Continental Shelf) এলাকার ১০০০-৪০০০ মিটার পর্যন্ত এলাকাকে পেলাজিক জোন বলে, যা চিত্র-২.৭ এ দেখানো হয়েছে। গভীর সমুদ্রের ৬০০০ মিটার থেকে অনুৎপাদনশীল এলাকা, একে হ্যাডাল জোন বলে। সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির জীবভূমিকে নিম্নোক্ত ভাগে ভাগ করা যায়। চিত্র-২.৮ লক্ষ করুন।



চিত্র - ২.৭ সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির জীবভূমি[৬]



চিত্র - ২.৮ সামুদ্রিক ইকোলজি[৭]

- **সমুদ্রের তটদেশীয় মণ্ডল (Oceanic Littoral Zone):** জোয়ারের সময় সমুদ্রের তীরের যে অংশ পর্যন্ত সমুদ্রের পানি পৌঁছায় এবং ভাঁটার সময় যে স্থান পর্যন্ত পানি নেমে যায় তাকে সমুদ্রের তটদেশীয় মণ্ডল বলে। দ্রুত

---

[6] Rouf, D., & Illius, S. (2005). *Environment and Resource Management* (3rd ed.). shujoneshu Prokashony.

[7] Cunningham, W., & Cunningham, M. (2017). *Principles of Environmental Science Inquiry and Application* (8th ed.). Mc Graw Hill Education

পরিবর্তনশীল বৈশিষ্ট্যের জন্য উচ্চ প্রজননশীল ও উচ্চ প্রজনন ক্ষমতা সম্পন্ন দ্রুত বৃদ্ধিশীল অসংখ্য শৈবাল ও প্রাণী এখানে বাস করে।

- **ঝিনুক মণ্ডল (Neritic Zone):** ভাঁটার সময়ের পানি রেখা থেকে মহীসোপানের শেষ প্রান্ত পর্যন্ত অংশকে ঝিনুক মণ্ডল (Neritic Zone) বলে। পর্যাপ্ত আলো এবং পুষ্টিদ্রব্যের অধিক যোগানের জন্য এটি শতকরা ৭৫ ভাগ উৎপাদন এলাকা হিসেবে বিবেচিত হয়। এই অঞ্চলে প্রবাল প্রাচীর প্রবাল বলয়গুলোর সর্বাধিক জীববৈচিত্র্য সম্পন্ন অঞ্চল।

- **সামুদ্রিক মণ্ডল (Oceanic Zone):** মহীঢালের শেষ প্রান্ত থেকে উন্মুক্ত সাগরের সম্পূর্ণ অংশ সামুদ্রিক মণ্ডল (Oceanic Zone) নামে পরিচিত। উন্মুক্ত সাগরের যে গভীরতা পর্যন্ত সূর্যের আলো পৌঁছায় সেখানে উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রাচুর্যতা রয়েছে এবং যে অংশে আলো পৌঁছায় না বা অন্ধকারাচ্ছন্ন অঞ্চল সেখানে স্বল্প সংখ্যক উদ্ভিদ ও প্রাণী বাস করে। এরা উন্মুক্ত সাগরের আলোকমণ্ডলের ওপর নির্ভর করে অর্থাৎ আলোকমণ্ডল থেকে বয়ে আসা জৈব পদার্থের ওপর নির্ভর করে জীবণধারণ করে।

সারসংক্ষেপ:

বায়োম হচ্ছে বিস্তৃত পরিসরের প্রাকৃতিক ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ বা ইকোসিস্টেম। অর্থাৎ প্রতিবেশের ভিন্নতার জন্য প্রতিটি বৃহৎ বায়োম পৃথক নামে পরিচিত। যেমন- বন জীবভূমি, তৃণ জীবভূমি, মরু জীবভূমি, তুন্দ্রা জীবভূমি, স্বাদুপানির বায়োম ও সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির জীবভূমি। পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলের আবহাওয়া ও জলবায়ু, সূর্যরশ্মির পতন, সমুদ্রের অবস্থান এবং বায়ুপ্রবাহ প্রভৃতি প্রাকৃতিক পরিবেশের উপাদান সমূহের ভিন্নতার কারণে পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে পৃথক পৃথক বায়োম বা জীবভূমি তৈরি হয়েছে। জীবভূমিকে স্থলজ এবং জলজ জীবভূমি নামক দুইটি ভাগে বিভক্ত করা হয়। স্থলজ জীবভূমিকে প্রধানত চারটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা- ১) বন জীবভূমি, ২) তৃণ জীবভূমি, ৩) মরু জীবভূমি, ৪) তুন্দ্রা জীবভূমি। জলজ জীবভূমিকে স্থলভাগের স্বাদুপানির জীবভূমি এবং সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির জীবভূমি নামক দুইটি ভাগে বিভক্ত করা হয়। স্থলজ বায়োমকে বনজ জীবভূমি ক্রান্তীয়, উপক্রান্তীয়, ভূমধ্যসাগরীয়, নাতিশীতোষ্ণ, তৈগা প্রভৃতি জীবভূমিতে ভাগ করা হয়েছে। বনজ জীবভূমিকে ক্রান্তীয়, উপক্রান্তীয়, ভূমধ্যসাগরীয়, নাতিশীতোষ্ণ, তৈগা প্রভৃতি জীবভূমিতে ভাগ করা হয়েছে। ক্রান্তীয় বৃষ্টিবহুল বায়োমে গাছপালাগুলো ওপরের অংশে এতো ঘন আচ্ছাদন তৈরি করে যে সূর্যের আলো মাটি পর্যন্ত পৌঁছায় না। গাছের এরূপ আচ্ছাদনকে ক্যানপি (Canopy) বলে। সারাদিন স্বল্প আলো থাকে বলে এই জীবভূমিকে চির গোধূলী অঞ্চল। মরু জীবভূমির স্থায়ী উদ্ভিদসমূহের মধ্যে ফণিমনসা, দুধ লতা, ঘৃতকুমারী, শতমূলা, বাবলা জাতীয় একাশিয়া, স্পাইনিফেক্স জাতীয় ক্ষুদ্রকাটা বিশিষ্ট গাছ উল্লেখযোগ্য। মেরু প্রান্ত বরাবর এন্টার্কটিকা, এন্টার্কটিকার নিকটবর্তী দ্বীপসমূহে, রাশিয়ার বনহীন প্রাকৃতিক অঞ্চল তুন্দ্রা জীবভূমি বা তুন্দ্রা বায়োমের অন্তর্ভুক্ত। তুন্দ্রায় গ্রীষ্মকাল শীতল ও নাতিদীর্ঘ, থীতকাল দীর্ঘ, ঠান্ডা, প্রচুর তুষারপাত হয়। জলজ জীবভূমিকে স্থলভাগের স্বাদুপানির জীবভূমি এবং সামুদ্রিক লবণাক্ত পানির জীবভূমি নামক দুইটি ভাগে বিভক্ত করা হয়।

পাঠ-২.৩ ইকোলজিক্যাল পিরামিড
Ecological Pyramid

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে আপনি-

- ইকোলজিক্যাল পিরামিড সম্পর্কে বলতে পারবেন;
- ইকোলজিক্যাল পিরামিডের শ্রেণিবিভাগ বর্ণনা করতে পারবেন।

ইকোসিস্টেম বা প্রতিবেশ একটি পরিপূর্ণ এবং স্বয়ংসম্পূর্ণ পদ্ধতি বা সিস্টেম। ইকোসিস্টেমের ভৌত-রাসায়নিক পরিবেশে খাদ্য ও শক্তি পর্যায়ক্রমে বিভিন্ন পর্যায়ের খাদক শ্রেণির মধ্যে প্রবাহিত হয়। এই ধারাকে খাদ্যশৃঙ্খল বা ফুড চেইন বলে। ইকোসিস্টেমে খাদ্য শৃঙ্খলের বা ফুড চেইনের বিন্যাস সম্বলিত পিরামিড আকৃতির নকশাকে ইকোলজিক্যাল পিরামিড বা প্রতিবেশগত পিরামিড বলে। ইকোলজিক্যাল পিরামিডের প্রধান তিনটি বৈশিষ্ট্য হলো-

- কোনো কোনো ইকোসিস্টেমে বা প্রতিবেশে খাদ্যস্তরের ভিত্তিতল থেকে খাদ্যস্তরের সর্বোচ্চ স্তরের প্রজাতির সংখ্যা ক্রমশ হ্রাস পায়।
- আবার অনেক সময় খাদ্যস্তরের প্রাথমিক স্তর বা ভিত্তিতল থেকে ওপরের দিকে সর্বোচ্চ স্তরে জীবভরের পরিমাণ ক্রমবর্ধমান হারে হ্রাস পায়।
- প্রতিটি খাদ্যস্তরে সর্বোচ্চ পর্যায়ে শক্তি প্রাপ্যতা হ্রাস পায়।

ইকোসিস্টেমের ফুডচেইনে প্রতিটি খাদ্যস্তরে প্রজাতির সংখ্যা, জীবভর এবং শক্তির প্রাপ্যতার পরিমাণ এমনভাবে হ্রাস পায়, যা দেখতে পিরামিডের ন্যায় । পিরামিডের আকৃতির ন্যায় এইরূপ খাদ্যশৃঙ্খলকে ইকোলজিতে ইকোলজিক্যাল পিরামিড বা বাস্তুসংস্থানিক বা প্রতিবেশগত পিরামিড (Ecological Pyramid) বলে।

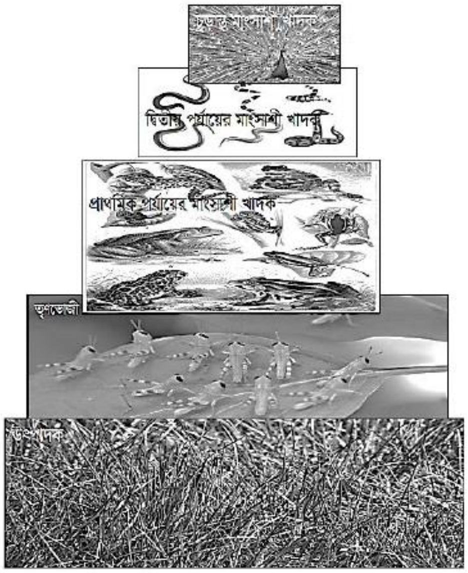
ইকোলজিক্যাল পিরামিডের প্রকারভেদ
Classification of Ecological Pyramid

ইকোলজিক্যাল পিরামিডকে প্রধান তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা-

১) সংখ্যার পিরামিড (Pyramid of Numbers)
২) জীবভরের পিরামিড (Pyramid of Biomass)
৩) শক্তির পিরামিড (Pyramid of Energy)

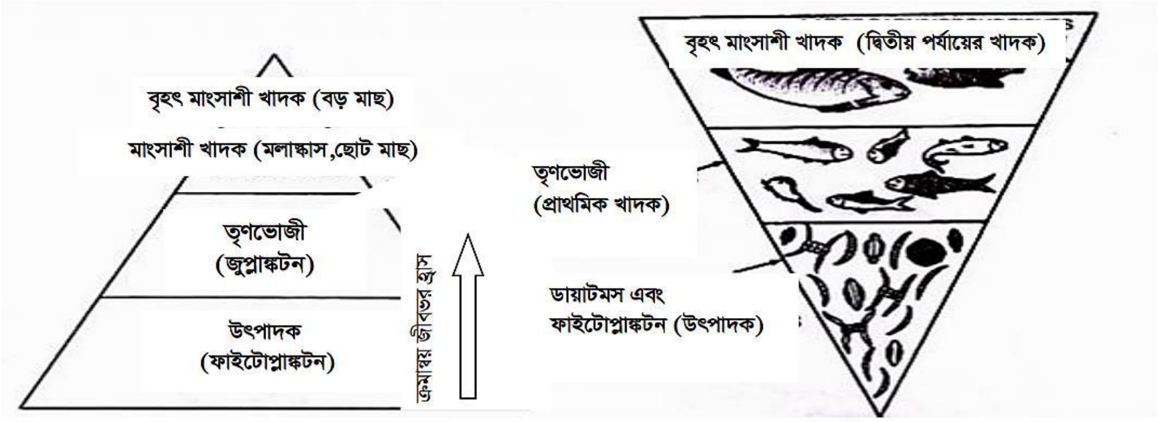
১। **সংখ্যার পিরামিড (Pyramid of Numbers):** ইকোসিস্টেমের ফুড চেইনে বা খাদ্য শৃঙ্খলের বিভিন্ন স্তরে প্রজাতির আকার বিবেচনা না করে শুধুমাত্র প্রজাতির সংখ্যার ওপর ভিত্তি করে যে পিরামিড তৈরি করা হয় তাকে সংখ্যার পিরামিড বলে। চার্লস এলটন, ১৯২৭ (Charles Elton, 1927) এর মতে, প্রত্যেক ফুড চেইনে প্রাথমিক বা প্রারম্ভিক খাদ্যস্তরের জীবের সংখ্যা সর্বশেষ স্তরের জীবের সংখ্যার তুলনায় অনেক বেশি। এ কারণে ফুডচেইন পিরামিড আকৃতির হয়। চিত্র-২.৯ লক্ষ করুন। অনেক সময় উলটো পিরামিড আকৃতির ও ফুডচেইন হতে পারে। চিত্র-২.৯ হতে দেখা যায়, ফুড চেইনের প্রারম্ভিক খাদ্যস্তরের প্রথম স্তরেই উদ্ভিদ এর অবস্থান এবং উদ্ভিদের সংখ্যা অনেক বেশি। দ্বিতীয় খাদ্যস্তরে জীবের সংখ্যা (ফড়িং) প্রথম খাদ্যস্তরের (উদ্ভিদ) তুলনায় অনেক কম। ক্রমান্বয়ে তৃতীয় স্তরের জীবের (ব্যাঙ) এর সংখ্যা দ্বিতীয় স্তরের জীবের সংখ্যা (ফড়িং) সংখ্যা অপেক্ষা কম। একইভাবে চতুর্থ স্তরের জীবের (সাপের সংখ্যা) তৃতীয় স্তরের জীবের সংখ্যা (ব্যাঙ) অপেক্ষা কম এবং সর্বশেষ স্তরের জীবের সংখ্যা (পাখি) একেবারেই কম। আর

এইভাবেই খাদ্য শৃঙ্খলটি বা ফুড চেইনটি পিরামিড আকৃতি প্রদর্শন করে[৮]। সংখ্যার পিরামিড আবার উলটো আকৃতির পিরামিডও হতে পারে।



চিত্র - ২.৯ সংখ্যার পিরামিড

২। **জীব ভরের পিরামিড (Pyramid of Biomass):** ইকোসিস্টেমের ফুড চেইনে বা খাদ্যশৃঙ্খলে খাদ্যস্তরগুলোর জৈবিক ওজন নির্ণয় করে সেই জৈব ভরের ওপর নির্ভর করে যে লেখচিত্র অঙ্কন করে তাও পিরামিডের আকৃতির। জীব ভরের ওপর নির্ভর করে এই পিরামিড অঙ্কন করা হয় বলে একে জীবভরের পিরামিড বলে। জীবভরের পিরামিডে প্রারম্ভিক স্তরে ভরের পরিমাণ বেশি এবং সর্বশেষ স্তরে ভরের পরিমাণ কম। জীব ভরের পিরামিডও সংখ্যার পিরামিডের ন্যায় উলটো হতে পারে।



চিত্র - ২.১০ জীব ভরের পিরামিড

চিত্র-২.১০ হতে দেখা যায় যে, সামুদ্রিক ইকোসিস্টেমের ফুড চেইনে দেখা যায় যে ডায়াটম ও ফাইটোপ্লাঙ্কটন গুলোর জীবভর প্রারম্ভিক স্তরের ওপর নির্ভরশীল দ্বিতীয় স্তরের ছোটো মাছগুলো অপেক্ষা অনেক কম। আবার এই মাছগুলোর জীবভর

8 saha, j., & Basu, s. (2018). *Ecology and Environmental Science* (3rd ed.). R.C. Paul Grantha Kutir.

তাদের ওপর নির্ভরশীল খাদ্যশৃঙ্খলের তৃতীয় স্তরে অবস্থিত জীবভর হতে অনেক কম। জীবভর হলো ইকোসিস্টেমে অবস্থানরত কোনো নির্দিষ্ট সময়ে কোনো একটি প্রতিবেশের উপাদানের সম্পূর্ণ শুস্ক ওজন।

৩। **শক্তির পিরামিড (Pyramid of Energy):** যে কোনো ইকোসিস্টেমের সুনির্দিষ্ট ফুডচেইনের বিভিন্ন খাদ্যস্তরে সুনির্দিষ্ট স্থান ও সময়ে যে পরিমাণ শক্তি ব্যবহৃত হয় তা দ্বারা একটি লেখচিত্র অঙ্কন করলে পিরামিডের আকার ধারণ করে। শক্তি সরবরাহের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে এই পিরামিড তৈরি হয় বলে একে শক্তির পিরামিড বলে। শক্তি পিরামিড সবসময় সোজা প্রকৃতির হয়।

চিত্র - ২.১১ শক্তির পিরামিড

চিত্র- ২.১১ তে একটি শক্তির পিরামিড দেখানো হয়েছে। প্রাথমিক স্তরের বা প্রোডিওসার পর্যায়ের খাদ্যস্তরে উৎপাদক সংখ্যা অত্যধিক হওয়ায় দ্বিতীয় স্তরের স্বল্প সংখ্যক ভোক্তার শক্তির সঞ্চয়ের ক্ষমতা অনেক বেশি। আবার ফুড চেইনের দ্বিতীয় স্তরের ভোক্তার শক্তি সঞ্চয়ের ক্ষমতা সর্বশেষ খাদ্যস্তরের মাংসভোজী প্রাণী হতে অধিক।

সারসংক্ষেপ:

ইকোলজিক্যাল পিরামিড প্রতিবেশের গুরুত্বপূর্ণ কাঠামো তৈরি করে। প্রতিবেশের খাদ্য-শৃঙ্খলের ভিন্নতার কারণে প্রতিবেশে প্রধানত তিনধরনের প্রতিবেশগত পিরামিড দেখা যায়। যেমন- সংখ্যার পিরামিড, জীবভরের পিরামিড ও শক্তির পিরামিড। সংখ্যার পিরামিডে খাদ্যশৃঙ্খলে জীবের সংখ্যা বিবেচনা করে যে খাদ্যশৃঙ্খল তৈরি হয় তা পিরামিড আকৃতির ন্যায় দেখায়। জীবভরের খাদ্যশৃঙ্খলে জীবভর এবং শক্তির খাদ্যশৃঙ্খলে জীবের শক্তি বিবেচনা করে খাদ্যশৃঙ্খল নির্ধারণ করা হয়। উল্লিখিত তিনটি ক্ষেত্রেই খাদ্যশৃঙ্খল দেখতে পিরামিড আকৃতির হয় বলে এদেরকে ইকোলজিক্যাল বা প্রতিবেশগত পিরামিড বলা হয়।

পাঠ-২.৪ ভূ-জৈবরাসায়নিক চক্র
Bio-Geochemical Cycle

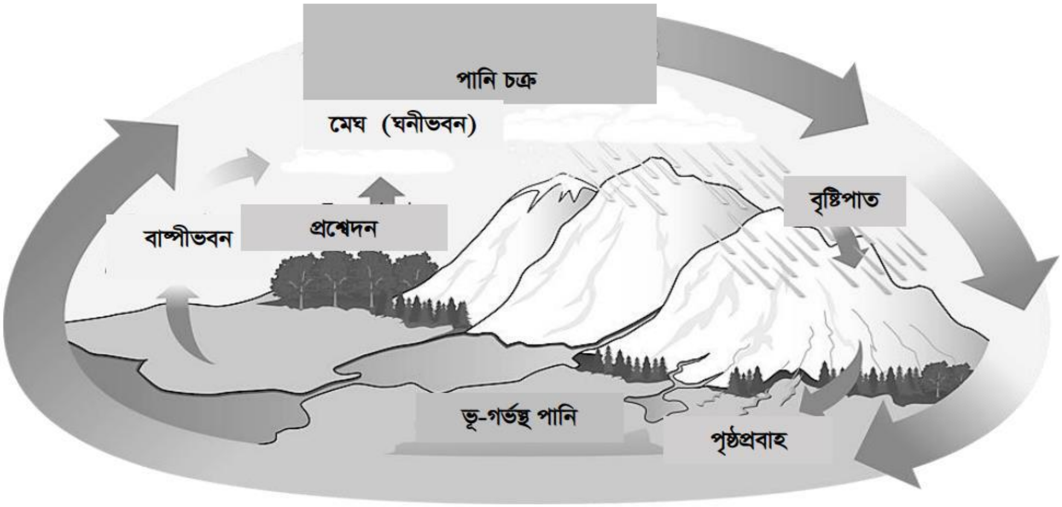
উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে আপনি

- ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্রের সংজ্ঞা বলতে পারবেন;
- পানিচক্র বর্ণনা করতে পারবেন;
- নাইট্রোজেন চক্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

জীবমণ্ডলের (Biosphere) প্রতিবেশে পদার্থের (পুষ্টি) সঞ্চালন চক্রাকারে সম্পন্ন হয়। ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্র হচ্ছে রাসায়নিক উপাদানের এমন একটি চক্র যা পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল, বারিমণ্ডল এবং মৃত্তিকার মধ্য দিয়ে চক্রাকারে আবর্তিত হয়। জীবমণ্ডলের প্রতিবেশে প্রকৃতি থেকে জীবদেহে এবং জীবদেহ থেকে প্রকৃতিতে জীবনধারনের জন্য প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ চক্রাকারে স্থানান্তরিত হয় এবং পুনরায় উৎসে ফিরে আসে এবং পরিবেশগত ভারসাম্য বজায় রাখে। এই প্রক্রিয়াকে ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্র (Bio-Geochemical Cycle) বলে [৯]। ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্র সমূহকে প্রধানত তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা- পানি চক্র, গ্যাসীয় চক্র ও পাললিক চক্র।

১। পানিচক্র (Water Cycle): পৃথিবীর তিন চতুর্থাংশই পানি। এছাড়া জীবনের একটি প্রধান অংশ প্রোটোপ্লাজম। এই প্রোটোপ্লাজমে পানির পরিমাণ ৭০-৯০ শতাংশ। সাগর, মহাসাগর, নদী, হ্রদ প্রভৃতি পানির প্রধান উৎস। এসব উৎস থেকে পানি বাষ্পীভবনের মাধ্যমে বায়ুমণ্ডলে প্রবেশ করে। বায়ুমণ্ডলের জলীয়বাষ্প ঠান্ডা ও ঘনীভূত হয়ে মেঘের সৃষ্টি করে। বৃষ্টির মাধ্যমে পুনরায় পানির উৎসে ফিরে যায়। কিছু অংশ ভূ-পৃষ্ঠে মাটির গভীরে প্রবেশ করে ও মাটিতে মিশে যায়। মাটিতে বিদ্যমান পানি উদ্ভিদ শোষণ করে। উদ্ভিদ পুনরায় প্রশ্বেদনের মাধ্যমে বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়ে দেয়। প্রাণীও জৈবিক কাজের (রেচন) মাধ্যমে পানি বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়ে দেয়। এইভাবে চক্রাকারে বায়ুমণ্ডলে পানির আবর্তনকে পানি চক্র বলে।



চিত্র - ২.১২ পানি চক্র

[9] De, A. (2019). *Environmental chemistry*. New Age International (P) Limited, Publishers.

২। গ্যাসীয় চক্র (Gaseus Cycle): বায়ুমণ্ডলের পরিবেশ অর্থাৎ বায়ু থেকে বিভিন্ন ধরনের গ্যাস পরিবেশ ও জীবের মধ্যে আদানপ্রদান হওয়ার প্রক্রিয়াকে গ্যাসীয় চক্র বলে। যেমন- অক্সিজেন চক্র, কার্বন চক্র, নাইট্রোজেন চক্র, ফসফরাস চক্র, সালফার চক্র।

৩। পাললিক চক্র (Sediment Cycle): রাসায়নিক চক্রে ভূ-পৃষ্ঠের পাললিক স্তর ও বায়ুমণ্ডলের অজৈব উপাদান প্রতিবেশের সজীব উপাদানের মাধ্যমে দ্রবণীয় অজৈব পদার্থ (পুষ্টি) জীব পর্যায়ের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হয় এবং পরিশেষে পাললিক স্তর ও বায়ুমণ্ডলে চলে আসে। উদ্ভিদ কর্তৃক গৃহীত পুষ্টি বা অজৈব উপাদান শক্তি প্রবাহ দ্বারা খাদ্য শৃঙ্খলের বিভিন্ন খাদ্যস্তর দিয়ে স্থানান্তরিত হয়।

ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্র সমূহের মধ্যে আলোচ্য পাঠে নাইট্রোজেন চক্র আলোচনা করা হয়েছে।

নাইট্রোজেন চক্র

Nitrogen Cycle

যে প্রক্রিয়ায় বায়ু থেকে নাইট্রোজেন মাটিতে মাটি থেকে জীবদেহে, জীবদেহ থেকে মাটিতে এবং মাটি থেকে পুনরায় বায়ুতে ফিরে আসে তাকে নাইট্রোজেন চক্র বলে। চিত্র-২.১৩ লক্ষ করুন। নিম্নলিখিত পাঁচটি প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন চক্র সম্পন্ন হয়; যথা-

১। নাইট্রোজেন সংবন্ধন (Nitrogen fixation)
২। নাইট্রোজেন আত্তীকরণ (Nitrogen Assimilation)
৩। অ্যামোনিফিকেশন (Ammonification)
৪। নাইট্রিফিকেশন (Nitrification)
৫। ডিনাইট্রিফিকেশন (Denitrification)

১। নাইট্রোজেন সংবন্ধন (Nitrogen fixation): নাইট্রোজেন গ্যাসকে অ্যামোনিয়াতে রূপান্তরের প্রক্রিয়াকে নাইট্রোজেন সংবন্ধন বলে। নাইট্রোজেন সংবন্ধন প্রধান দুটি প্রক্রিয়ায় হয়ে থাকে; যথা-

ক) ভৌত রাসায়নিক প্রক্রিয়া:

i) বজ্রপাত, বিদ্যুৎবীক্ষণ ও বৃষ্টিপাতের সময় বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন (N_2) অক্সিজেনের (O_2) সাথে মিলিত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) সৃষ্টি করে। বজ্রপাত, ও বৃষ্টিপাতের সময় নাইট্রোজেন এর ভৌত সংবন্ধন হয়।

অক্সিজেন অণু (O_2) তা ফোটণ কণার দ্বারা দুটি অক্সিজেন পরমাণুতে বিয়োজিত হয়। অর্থাৎ

$$N_2 + O_2 \xrightarrow[\text{বজ্রপাত}]{\text{বিদ্যুৎসহ}} 2NO$$

নাইট্রিক অক্সাইড জারণ প্রক্রিয়ায় অক্সিজেনের সাথে মিলিত হয়ে নাইট্রোজেন পার অক্সাইড (NO_2) সৃষ্টি করে।

$$2NO + O_2 \xrightarrow{\text{জারণ}} 2NO_2$$

নাইট্রোজেন পার অক্সাইড বৃষ্টর পানর সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রিক এসিড (HNO_3) ও নাইট্রাস এসিডে (HNO_2) পরিণত হয়ে মাটিতে নাইট্রোজেন যোগ করে।

$$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$$

মৃত্তিকায় ক্ষারীয় মূলকের উপস্থিতিতে নাইট্রিক এসিড (HNO_3) নাইট্রেট ও নাইট্রাইটে পরিণত হয়ে উদ্ভিদ কর্তৃক পুনরায় নাইট্রোজেন গৃহীত হয়।

$$\text{Ca বা K লবণ} + HNO_3 \xrightarrow{\text{মাটি}} \text{Ca বা K নাইট্রেট}$$

ii) ফটোলাইসিস প্রক্রিয়ায় নাইট্রাস অক্সাইড গুলো নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বা নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেনে পরিবর্তিত হয়।

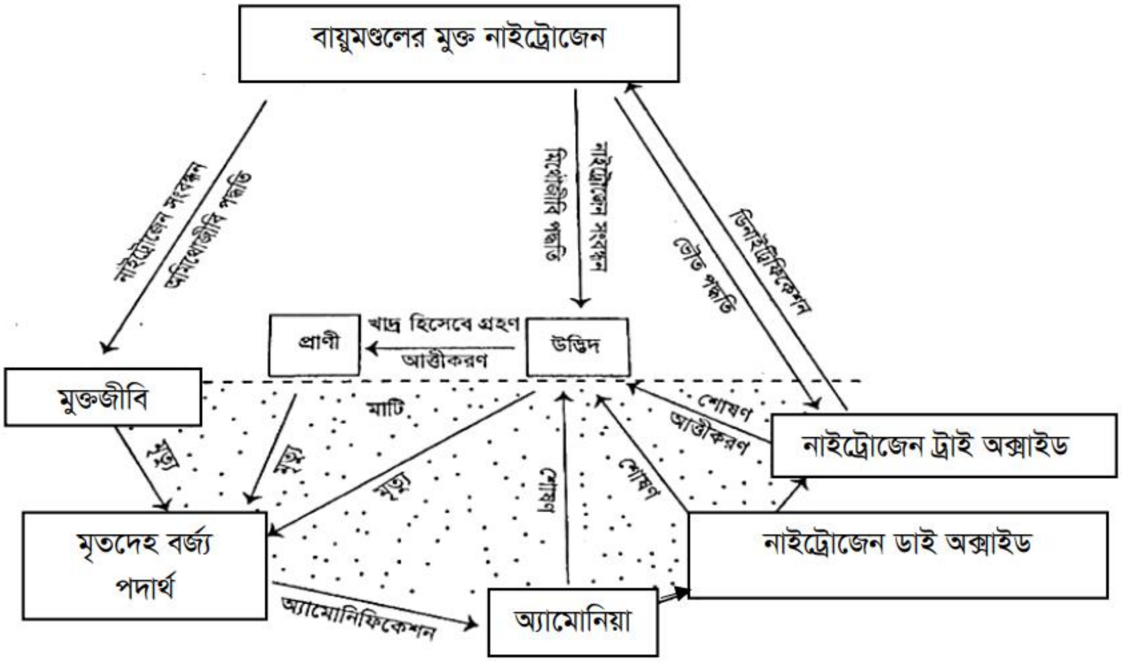
$$N_2O \xrightarrow{\text{ফটোলাইসিস}} N_2+O$$

$$N_2O \xrightarrow{\text{ফটোলাইসিস}} NO+N$$

iii) ওজোনাইজেশন প্রক্রিয়ায় বায়ুস্থ নাইট্রোজেন জারিত হয়ে নাইট্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়। নাইট্রিক অক্সাইড, অক্সিজেনের সাথে জারিত হয়ে নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$N_2+O_3 \xrightarrow{\text{ওজোনাইজেশন}} N_2O+O_2$$

$$NO+O_3 \xrightarrow{\text{ওজোনাইজেশন}} NO_2+O_2$$



চিত্র - ২.১৩ নাইট্রোজেন চক্র[১০]

হ্যাবার পদ্ধতিতে ৫০০° সে. তাপমাত্রায় বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন অধিক চাপে হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।

$N_2+6H_++6e \rightarrow 2NH_3$
$HN_3+H_2O \rightarrow NH_4OH$

খ. জীবজ প্রক্রিয়া (Biological Process): কিছু শৈবাল এবং ব্যাকটেরিয়া বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনকে নাইট্রেটে পরিণত করে মৃত্তিকায় নাইট্রোজেন সংবন্ধন করে। এই বিশেষ পদ্ধতিকে বায়োলজিক্যাল নাইট্রোজেন সংবন্ধন বলে। যেমন- নীলাভ সবুজ শৈবাল, অ্যাজোটোব্যাক্টর (Azotobacter), ক্লোসট্রিডিয়াম (Costridium) ইত্যাদি। এছাড়াও রাইজোবিয়াম (Rhizobium) নামক মিথোজীবী ব্যাকটেরিয়া মৃত্তিকাস্থিত বায়ুর নাইট্রোজেনকে নাইট্রেট লবণে পরিণত করে।

[10] saha, j., & Basu, s. (2018). *Ecology and Environmental Science* (3rd ed.). R.C. Paul Grantha Kutir.

২। **নাইট্রোজেন আত্তীকরণ (Nitrogen Assimilation):** সবুজ উদ্ভিদ মাটি থেকে নাইট্রাইট, নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়া আকারে অজৈব নাইট্রোজেন গ্রহণ করে। এই নাইট্রোজেন জাতীয় জৈব যৌগ জৈব এসিডের সাথে মিলিত হয়ে অ্যামিনো এসিড গঠন করে। অ্যামিনো এসিড সংশ্লেষণের কাজে ব্যবহৃত হয়। যেমন অ্যামিনো এসিড প্রোটিন, এনজাইম ও নিউক্লিক এসিড সংশ্লেষণ করে। প্রাণী দেহে নাইট্রোজেন আসে উদ্ভিদ থেকে গৃহীত খাদ্য গ্রহণের মাধ্যমে।

৩। **অ্যামোনিফিকেশন (Ammonification):** উদ্ভিদ ও প্রাণীর মৃতদেহ থেকে কিছু অণুজীব (বিশেষ করে Bacillus জাতীয় ব্যাকটেরিয়া) অ্যামোনিয়া মুক্ত করে। এই প্রক্রিয়াকে অ্যামোনিফিকেশন বলে। প্রাণীদের নাইট্রোজেন ঘটিত বর্জ্যপদার্থ থেকেও অ্যামোনিয়া মুক্ত হয়। প্রাণীকুল প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে উদ্ভিদ থেকে নাইট্রোজেন গ্রহণ করে।

$$HNO_3+4H_2 \xrightarrow{\text{Clostridium}} NH_3+3H_2O$$

$$HNO_3+3H_2 \xrightarrow{\text{Clostridium}} NH_3+H_2O$$

৪। **নাইট্রিফিকেশন (Nitrification):** অ্যামোনিয়া নাইট্রিফাইং ব্যকটেরিয়া দ্বারা নাইট্রাইটে পরিণত হয়। এই নাইট্রাইট কিছু অণুজীবের (Penicillium, Nitrobacters, Nitrocystis) কার্যকারিতায় নাইট্রেটে পরিণত হয়। নাইট্রেট উৎপাদনের এই পদ্ধতিকে নাইট্রিফিকেশন বলে।

$$2NH_3+3O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} 2HNO_2+2H_2O$$ [NO_2 হচ্ছে বিষাক্ত ও অস্থায়ী]

$$2HNO_2+O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} 2HNO_3$$ [NO_3 হচ্ছে শোষণযোগ্য ও স্থায়ী]

৫। **ডিনাইট্রিফিকেশন (Denitrification):** অ্যামোনিয়া ও নাইট্রেট ডিনাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া (Thiobacillus, dentifrices, Pseudomonas, Micrococcus dentifrices) দ্বারা প্রথমে নাইট্রেট, পরবর্তীতে নাইট্রোজেন মুক্ত করে এবং বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেনকে ফিরিয়ে দেয়।

নাইট্রোজেন চক্রে, নাইট্রোজেনের মৌল বিভিন্ন আকারে ও প্রক্রিয়ায় বায়ু থেকে মাটি, মাটি থেকে উদ্ভিদ, উদ্ভিদ থেকে প্রাণীতে ফিরে যায়। সর্বশেষ জীবজগৎ থেকে মাটি এবং বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে। এভাবে প্রকৃতিতে নাইট্রোজেন চক্র চলতে থাকে এবং প্রতিবেশগত ভারসাম্য বজায় থাকে।

সারসংক্ষেপ:

জীবমণ্ডলের প্রতিবেশে পদার্থের (পুষ্টি) সঞ্চালন চক্রাকারে সম্পন্ন হয়। উৎস অঞ্চল হতে বা প্রকৃতি হতে জীবদেহে এবং জীবদেহ হতে প্রকৃতিতে জীবনধারণের জন্য প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ চক্রাকারে স্থানান্তরিত হয় এবং পুনরায় উৎসে প্রত্যাবর্তন করে। প্রতিবেশের বায়োটিক এবং অ্যবায়োটিক উপাদানসমূহ উৎস অঞ্চল হতে চক্রাকারে আবর্তিত হয়ে পুনরায় উৎসে ফিরে আসে এবং প্রকৃতিগতভাবে প্রতিবেশগত ভারসাম্য রক্ষা হয়। এই ধরনের চক্রকে ভূ-রাসায়নিক চক্র বলে। ভূ-রাসায়নিক চক্রের মধ্যে পানিচক্র, অক্সিজেন চক্র, নাইট্রোজেন চক্র, কার্বন চক্র, সালফার চক্র, ফসফরাস চক্র উল্লেখযোগ্য। পৃথিবীর তিন চর্তুথাংশই পানি। পানিচক্র প্রতিবেশের জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। সংক্ষেপে বায়ুমণ্ডলে পানির চক্রাকার আবর্তনকে পানিচক্র বলে। পানির উৎস অঞ্চল থেকে বাষ্পাকারে বাষ্পীভবনের মাধ্যমে বায়ুমণ্ডলে প্রবেশ করে। বায়ুমণ্ডল থেকে পানি পুনরায় বৃষ্টিরূপে পানির উৎসে ফিরে যায়। এটিই পানিচক্র। একইভাবে, যে প্রক্রিয়ায় বায়ু থেকে নাইট্রোজেন মাটিতে, মাটি থেকে জীবদেহে এবং জীবদেহ হতে মাটিতে এবং মাটি থেকে পুনরায় বায়ুতে ফিরে আসে তাকে নাইট্রোজেন চক্র বলে। প্রধান পাঁচটি প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন চক্র সম্পন্ন হয়। যথা- নাইট্রোজেন সংবন্ধন, নাইট্রোজেন আত্তীকরণ, অ্যামোনিফিকেশন, নাইট্রিফিকেশন এবং ডিনাইট্রিফিকেশন।

ইউনিট মূল্যায়ন

১. ইকোলজি কাকে বলে? কত প্রকার ও কী কী? প্রতিবেশে প্রজাতির শ্রেণিবিন্যাসগত, সংগঠনজাত এবং বসতিগত সম্পর্কের ভিত্তিতে ইকোলজির শ্রেণিবিভাগ ব্যাখ্যা করুন।
২. বিভিন্ন ধরনের ইকোসিস্টেমের ওপর ভিত্তি করে ইকোলজিক্যাল কাঠামো তৈরি হয়। ইকোলজিকে মৌলিক ইকোসিস্টেমের একক হিসেবেও বিবেচনা করা হয়। তাই ইকোলজির পরিধিও ব্যাপক। ইকোলজির পরিধি আলোচনা করুন।
৩. প্রতিবেশের ক্রমোচ্চ শ্রেণিবিভাগ আলোচনা করুন।
৪. কমিউনিটি ইকোলজি ও গ্লোবাল ইকোলজির সম্পৃক্ততা সর্ম্পকে আপনি কী মনে করেন? আপনার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দিন।
৫. মিঠা পানির ইকোলজি কাকে বলে? কত প্রকার ও কী কী? বর্ণনা করুন
৬. চিত্রসহ সামুদ্রিক ইকোলজি বর্ণনা করুন।
৭. বায়োম বা জীবভূমি কাকে বলে?
৮. বার্ষিক তাপমাত্রা এবং বৃষ্টিপাতের ভিত্তিতে বিশ্বের প্রাকৃতিক জীবভূমিসমূহ কী কী?
৯. অক্ষাংশ ও জলবায়ুগত ভিন্নতা অনুসারে বায়োম বা জীবভূমি কত প্রকার ও কী কী? বর্ণনা করুন।
১০. তৃণ জীবভূমি কাকে বলে?
১১. মরু জীবভূমি কাকে বলে?
১২. জলজ জীবভূমি হিসেবে সামুদ্রিক লবণাক্ত জীবভূমি সর্ম্পকে আপনি কী মনে করেন? বর্ণনা করুন ।
১৩. ইকোলজিক্যাল পিরামিড কাকে বলে? কত প্রকার ও কী কী?
১৪. প্রতিবেশের সংখ্যার পিরামিড বর্ণনা করুন।
১৫. জীবভরের পিরামিড কাকে বলে?
১৬. চিত্রসহ শক্তির পিরামিড বর্ণনা করুন।
১৭. ভূ-জৈব রাসায়নিক চক্র কাকে বলে?
১৮. চিত্রসহ নাইট্রোজেন চক্র বর্ণনা করুন।
১৯. নাইট্রোজেন সংবন্ধনে ভৌত রাসায়নিক প্রক্রিয়া বর্ণনা করুন।
২০. অ্যামোনিফিকেশন কাকে বলে?
২১. নাইট্রিফিকেশন কাকে বলে?
২২. ক্যানপি (Canopy) কী?