

Лекция № 11

Тема: Пространственно-временная динамика геосистемы

Цель: рассмотреть теоретические и методологические основы исследования пространственно-временной динамики геосистем.

1. Теоретические вопросы изучения пространственно-временной динамики геосистем
2. Методологические основы изучения пространственно-временной динамики геосистем

Понимание ландшафта как открытой динамической пространственно-временной системы, что отвечает фундаментальным задачам и прикладным исследованиям ландшафтно-экологического содержания, определяет обязательность учета временного фактора, который можно рассматривать как с генетических (естественно-исторических), так и экспериментально-преобразовательных позиций. Проинвентаризированная специфика структуры, познанные закономерности функционирования и динамики ландшафтов открывают путь обоснованию видов использования ландшафта, нормативным мерам нагрузок.

Первая половина XX в. в ландшафтоведении была отмечена «поиском истины» – движущей силой развития ландшафта. Такой силой И.М. Крашенинников (1923) и А.И. Пономарев (1937) считали рельеф, Б.Б. Полюнов (1925) – климат и рельеф, А.А. Григорьев (1937) – климат, И.К. Пачосский (1915), В.П. Вильямс (1927), А.Д. Гожев (1929) – растительность.

Дальнейшими исследованиями признана ошибочность подхода «ведущих факторов» без учета их соразмерной активности и взаимодействия. На первый план должно быть вынесено познание парагенезиса и парадинамики процессов, их количественное выражение. По С.Д. Муравейскому [2, 3], в ландшафте взаимодействуют три интегрирующих фактора (климат, сток, рельефообразование) и три процесса (эволюция органического мира, выветривание и почвообразование), при этом сток – наиболее активный из интегрирующих факторов. Н.А. Солнцев, признавая, что развитие природно-территориальный комплекс (ПТК) идет под воздействием взаимосвязанных компонентов, считает, что сила влияния разных компонентов друг на друга неравнозначна. Все компоненты располагаются им в следующий ряд: земная кора, воздух, вода, растительность, животный мир. В этом ряду сила воздействия компонентов друг на друга ослабевает от первого члена к последнему.

В основу классификации форм динамики фитоценозов и биогеоценозов, разработанной В.Н. Сукачевым, положены представления об иерархичности действия различных факторов. В.Н. Сукачев считал, что движущей силой биогеоценогенеза как процесса саморазвития являются не внешние, а внутренние противоречивые взаимодействия его компонентов. Он был «против идеи “климакса” в развитии биологических сообществ». Начав с выяснения связей между биоценозами и условиями их существования, В.Н. Сукачев в дальнейшем расширил объем исследований, неизбежно вышел за рамки собственно биоценологии и пришел к традиционному пониманию предмета ландшафтоведения.

Активизация изучения динамики ландшафтов в 1960-е гг. связана с именем В.Б. Сочавы, который разработал теоретические основы динамики ландшафтов на основе системного подхода. «Динамический критерий в ландшафтоведении имеет довольно длительную историю, но он укрепился и приобрел значение во всех разделах этой науки лишь после того, как начала получать признание теория открытых систем в новом ее толковании, данном Л. Бергаланфи (1950), У. Эшби (1958) и др.» [9. С. 109].

Понятие «динамика ландшафта» вошло в ландшафтоведение около четырех десятилетий тому назад. Первоначально им обозначались любые изменения ландшафта и его свойств. В.Б. Сочава предложил считать динамикой ландшафта «многообразные

процессы, протекающие (спонтанно и под влиянием человека) в современных геосистемах и вызывающие в них различные трансформации».

Возросший интерес к проблеме изменения ландшафтов во времени, опыты стационарных исследований выявили необходимость расчленения казавшегося единым понятия на три и введения общего родового понятия «изменение ландшафтов». Стало ясно, что «динамика» – лишь одно из понятий, характеризующих изменения в ландшафте, и оно занимает срединное положение в цепочке «функционирование» – «динамика» – «эволюция». Динамика ландшафта – изменение характера компонентов и их взаимосвязей в пространстве и во времени, трансформация морфологического строения ландшафта и т.д.

Исследования последних десятилетий привели к представлению о ПТК как о пространственно-временной, а не только пространственной системе. «Основные формы всякого бытия – пространство и время – рассматриваются часто не в свойственной им связи, а отдельно, в отрыве друг от друга... Поэтому изучение регионов отдельно от исследования причинных связей, как и познание причинных связей вне региональных различий, ведет к одностороннему истолкованию свойств тел и явлений земной поверхности».

Возросло внимание к проблеме соотношения пространства и времени, однако не столько к их разведению, как это было в концепции А. Гетнера, сколько к их единству. Динамика ландшафта может быть понята только при изучении пространственных и временных аспектов «в их неразрывной связи».

Таким образом, динамическое направление в физической географии в последнее время выступает в значительно более обобщающем виде – оно призвано решать проблемы пространственно-временной организации ландшафтов. «В геосистемах различия временного плана часто гораздо значительнее пространственных. В связи с этим актуален пространственно-временной анализ природных режимов геосистем и в целом их как природных образований».

Источником динамизма геосистем являются взаимоотношения между их компонентами, которые возникают в процессе метаболизма и в результате различного рода сукцессий. Одним из наиболее распространенных способов исследования и моделирования геосистем является изучение одного компонента в среде геосистемы (на фоне остальных компонентов). При изучении геосистем выделяются два основных подхода: биоцентрический и полицентрический. Отличие подходов состоит в том, что в первом случае взгляд исследователя биоцентричен — основное внимание уделено биоте, а остальные компоненты рассматриваются им только как среда протекания динамических процессов. Во втором случае взгляд исследователя полицентричен — одинаково устремлен как на биотические, так и на абиотические компоненты геосистем.

Большинство компонентов геосистем, в том числе и биота, представляет собой подчиненные (по отношению ко всей геосистеме) открытые системы. Точнее, геосистема — это такая своеобразная комбинированная система с обратной связью, в которую биота (растительность) входит на правах особого блока. Опыт их успешного применения в разработке эволюционно-динамического подхода (Крауклис; Сочава,; Белов, Соколова; Владимиров и др.; F. Nachtergaele и др.) подтверждает обоснованность применения подхода к моделированию динамики геосистем, при котором основное внимание уделяется растительности, а все остальные компоненты рассматриваются как среда протекания динамических процессов в геосистеме. До сегодняшнего дня в плане использования космического мониторинга для просчета динамики геосистем ведущую роль играет часто растительность, реже почвенный покров. Например, Land Degradation Index в 2-х вариациях: на основе NDVI, и на основе канала «влажность» трансформации Tasseled Cap, TopSoil Grain Size Index. *Исследование ученого А.М. Fadhil* было

направлено на мониторинг, картографирование и оценку деградации земель. Пять показателей растительности, почвы и воды, связанных с деградацией земель, были применены к двум снимкам Landsat TM и ETM+ для оценки степени деградации земель в исследуемом районе. В данном исследовании используются следующие показатели: Normalized Difference Vegetation Index «NDVI», The Normalized Differential Water Index «NDWI», Tasseled Cap Transformation Wetness «TCW» и новый индекс, предложенный в этом исследовании, который является нормализованным дифференцированным индексом песчаных дюн «NDSDI».

Land Degradation Risk Index (LDI) =

$$\sum_{i=1}^n P C_i^{-q} \quad (1)$$

где, LDI (0 LDI 1) представляет риск деградации земель; C_i – это ранг, при котором земля в единице оценки была деградирована; P – относится к процентной доле площади земли, имеющей ранг I , n – обозначает количество классов индикаторов; q – обозначает показатель ранга.

Saaty, T.L. разработал шесть индексов характеризующие LDV (*land degradation vulnerability*) уязвимость к деградации земель, индекс геологии (GI), индекс топографического качества (TQI), индекс физического качества почвы ($PSQI$), индекс химического качества почвы ($CSQI$) индекс качества ветровой эрозии ($WEQI$) и индекс качества растительности (VQI) [11]. Данная методика больше направлена на оценку показателей устойчивости компонентов природы к деградации.

$$LDVI = [(GI \times W_i) + (TQI \times W_i) + (PSQI \times W_i) + (CSQI \times W_i) + (WEQI \times W_i) + (VQI \times W_i)] \quad (2)$$

Таким образом, все разработанные методы исследования характеризуют деградацию земель сельскохозяйственного назначения, но никак не характеризуют динамику природной системы в целом в условиях антропогенных воздействий с учетом всех типов и видов природопользования. В геосистеме все компоненты равноправны и все взаимосвязи между ними подлежат изучению.

Прогнозы динамики отдельных компонентов нужны для интегрального географического прогноза и часто имеют самостоятельное значение. Несмотря на очевидную в этом потребность, аппарат географического прогноза, на что мы уже указывали, все еще остается недостаточно подготовленным. Больше внимания уделяется отраслевым природным прогнозам, чем интегральным. Поэтому прогноз динамики геосистем в условиях антропогенных воздействий приобретает в настоящее время все больше значение для научного обоснования рационального природопользования.

История природопользования – важный фактор, влияющий на современное состояние геосистем. Эффект наследия (*legacy effect*), под которым понимают влияние на современный растительный и почвенный покров прошлых воздействий, является одним из слабоизученных вопросов геоэкологии геосистем. В ряде исследований показано, что предшествующие условия накладывают отпечаток на компоненты современных геосистем.

Все географические объекты, по словам В.И. Вернадского, «можно рассматривать как области разнообразных динамических физико-химических равновесий, стремящихся достигнуть устойчивого состояния, непрерывно нарушаемого вхождением в них чуждых данному динамическому равновесию проявлений энергии».

Действительно, материальные системы, слагающие географическую оболочку, не являются замкнутыми. Между ними и внешней средой происходит постоянный обмен веществом, энергией и информацией.

К внешним по отношению к геосистеме динамическим факторам можно отнести:

- поступление солнечной энергии, которому свойственна сезонная и суточная изменчивость;
- тектогенное преобразование рельефа, источником которого является внутренняя энергия Земли;
- общую циркуляцию атмосферы, приводящую к смене погод и вызывающую изменения в поступлении энергии, влаги, растворенных веществ и минеральных частиц в ландшафт;
- процессы, обусловленные гравитационной энергией Земли;
- биологические процессы, например циклические колебания численности популяций животных;
- антропогенное воздействие.

К внешним факторам формирования геосистемы можно отнести также свойства суперсистемы, в которую входит ландшафт, и процессы, происходящие в рядом расположенных ландшафтах. Таким образом, внешние причины динамики ПТК можно свести к трем составляющим – космические, общеземные и местные. Все многообразие воздействий на ПТК проявляется в изменении их теплового, водного, геохимического режимов и перемещении твердого вещества. Воспринимая эти воздействия, геосистема изменяется, в ней нарушается предшествующий баланс со свойственным ему динамическим ритмом. Это обуславливает возникновение внутрисистемных противоречий – изменений активности и направленности процессов, стремящихся создать основу, относительно сбалансированную систему.

Колебания внешних факторов вызывают изменение отдельных параметров ландшафта, который при этом сохраняет постоянной свою внутреннюю структуру, как устойчивый аспект геосистемы, как инвариант. Геосистема удерживает на некоторый период времени переменные свойства в серийном ряду развития. Долговечность серийных фаций во многом зависит от присущего им стабилизирующего начала. Основным внутренним средством сохранения организованности геосистем является саморегулирование – способность в процессе функционирования сохранять на определенном уровне типичные состояния, режимы, характеристики связей между компонентами. «Способность к саморегулированию возникает при наличии в структуре систем обратных связей».

По В.Б. Сочаве, «в спонтанных условиях саморегуляция направлена главным образом на обеспечение равно весия геосистемы, которое нарушается различными отклонениями воздействующих факторов среды от средней их нормы по ходу временных циклов». Внутренние процессы ведут геосистему к наиболее устойчивому состоянию. Как писал Ф. Энгельс, «...отдельное движение стремится к равновесию, совокупное движение снова устраняет равновесие...».

Саморегуляция возможна, если связи, присущие геосистеме, не абсолютно устойчивы, если они «допускают определенную амплитуду показателей корреляции». Ландшафт – система достаточно гибкая, обладающая как устойчивостью, так и изменчивостью. Постоянство и разнообразие взаимосвязаны. Чем разнообразнее геосистема, тем она стабильнее. Этим объясняется большая способность коренных фаций к саморегулированию, их максимальная устойчивость.

Стабилизирующую функцию выполняет биота, обладающая пластичностью. Именно это обуславливает «флуктуирующую динамику», или «эндо динамические

ритмы» ландшафтов. До недавнего времени в географии господствовало представление, согласно которому нынешние естественные ландшафты являются функцией таких процессов, которые осуществляют взаимодействие между ландшафтными компонентами в рассматриваемый (данный) отрезок времени. Иными словами, в ландшафтоведении, в основном, преобладал взгляд на ландшафты как на некий энергомассообменный механизм, питающийся от внешнего источника энергии. На самом деле, сегодняшние изменения, наблюдаемые в ландшафте, являются следствием не только последних во времени воздействий, но и всех тех воздействий, которым он подвергался в прошлом.

Внутренние противоречия в ПТК существуют уже потому, что эти системы слагаются из множества различных компонентов или, как отметил Ф.Н. Мильков, благодаря наличию «контрастности сред». Он пишет: «В основе развития комплексов лежит взаимообмен веществом и энергией, возможный только при наличии определенной контрастности, различии в строении этих материальных систем». Это же свойство ландшафта отмечает И.И. Мамай: «Наличие в ПТК компонентов с разными свойствами приводит к возникновению потоков вещества и энергии (процессов), которые в конечном итоге изменяют свойства как отдельных компонентов, так и всего ПТК».

Процессы, вызываемые внутренними причинами, включают в себя две составляющие – циклическую (обратимые изменения) и направленную (необратимые изменения). Стоит, однако, помнить, что отдельные отрезки многолетних циклов ландшафтных изменений могут в ограниченные периоды восприниматься как направленные.

Вопросы:

1. Развитие представлений о динамике ландшафтов.
2. Изменение ландшафта – функционирование, динамика, развитие (эволюция).
3. Ритмичность, цикличность и периодичность природных процессов.
4. Внешние факторы формирования геосистем.

Литература:

1. Мамай И.И. Динамика ландшафтов (методика изучения). М.: МГУ, 1992. 167 с.
2. Муравейский С.Д. Процесс стока как географический фактор // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1946. Т. 10, № 3.
3. Муравейский С.Д. Роль географических факторов в формировании географических комплексов // Вопросы географии. 1948. Сб. 9. С. 95–110.
4. Солнцев Н.А. О суточном цикле в динамике ландшафтов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1960. № 6. С. 70–73.
5. Солнцев Н.А. Некоторые теоретические вопросы динамики ландшафта // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1963. № 2. С. 50–55.
6. Сукачев В.Н. Идея развития в фитоценологии // Сов. ботаника. 1942. № 1–3. С. 5–17.