**Лекция № 8**

**ТЕМА: ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

1. Виды геоэкологических прогнозов.

2. Методы прогнозирования.

**1. Виды геоэкологических прогнозов.**

Прогнозирование – это процесс получения данных о возможном состоянии исследуемого объекта.

Прогноз – это результат прогнозных исследований.

Географический прогноз – это научная разработка представлений о природных геосистемах будущего, их коренных свойствах и разнообразных переменных состояниях, в том числе обусловленных деятельностью человека (В. Б. Сочава). Геоэкологический прогноз может рассматриваться как разработка представлений о динамике и развитии геоэкологических систем, т.е. систем, являющихся результатом взаимодействия геосистем, биосистем и техносистем. Поскольку, в качестве индикатора такого взаимодействия часто выступает экологическая ситуация, то геоэкологическое прогнозирование можно представить как прогнозирование экологических ситуаций и их развития в пространстве и времени.

По территориальному охвату прогнозы могут быть:

– глобальные (не привязаны к конкретной территории, а ориентированы на изучение временны́х эволюционных тенденций развития Земли, как среды обитания),

– региональные

– локальные (направлен на изучение возможных изменений природной среды при непосредственном воздействии различных крупных хозяйственных объектов): города, предприятия, гидротехнического сооружения, горнодобывающих сооружений и др.).

 По временным масштабам различают прогнозы:

* сверхдолгосрочные (сотни - тысячи лет);
* долгосрочные (десятки лет);
* среднесрочные (5-20 лет);
* краткосрочные (месяцы – первые годы);
* экстренные (часы – сутки).

По достоверности различают прогнозы:

* ориентировочные (прогнозируются общие закономерности и тенденции);
* уточненные (максимально достоверные);
* экспертные (качественные).

Основными принципами прогнозирования являются: 1) исторический или генетический принцип (объекты рассматриваются в процессе их развития, в контексте циклов и ритмов всей биосферы); 2) компаративный принцип (сравнение, аналогия, сопоставление); 3) принцип инерционности (учитывается устойчивость направления, темпы и основные структуры процессов и явлений); 4) принцип ассоциативности (объект прогнозируется с его взаимодействиями с другими процессами и явлениями); 5) принцип неопределенности или многовариантности (прогноз не может быть «жестким», однозначным; он всегда имеет вероятностную природу); 6) принцип непрерывности прогнозирования (прогнозы постоянно уточняются и пересматриваются).

**2. Методы прогнозирования.**

Основными методами геоэкологического прогнозирования являются:

1. Экстраполяция.

2. Математическое моделирование.

3. Метод аналогий.

4. Метод ландшафтно-генетических рядов

5. Индикационный метод.

6. Метод функциональных зависимостей.

7. Метод экспертных оценок.

8. Оценочный метод.

**Экспертный метод.** Состоит в выявлении будущего состояния прогнозируемого объекта путем сопоставления мнений различных специалистов (экспертов). Считается, что суждения эксперта позволяют установить более или менее четко картину будущего. При этом сами суждения проявляются в скрытом, не формализованном виде, как результат накопленного экспертом профессионального опыта.

Эксперты вы­сказывают свое мнение, опираясь на опыт, знания, имеющиеся материалы, интуитивно пользуясь при этом приемами анало­гии, сравнения, экстраполяции. Есть несколько методических подходов интуитивного прогнозирования, которые различают­ся между собой по способам получения мнений и процедурам их дальнейшей корректировки. Одним для всех является выбор цели, составление анкет, подбор экспертов. Возможность ис­пользования экспертного метода доказана довольно убедитель­но. Однако указывается необходимость выравнивания уровня информативности экспертов путем предоставлена им анало­гичных (одинаковых) материалов. Некоторые исследователи считают этот метод малопригодным для комплексного геопрог­нозирования из-за большого субъективизма и трудоемкости.

В связи с тем что в качестве экспертов могут привлекаться специалисты разного профиля и уровня подготовки, разработаны следующие требования, которым они обязаны удовлетворять:

 – оценки эксперта должны быть стабильны во времени;

– дополнительная информация об объеме должна улучшать оценку эксперта;

 – эксперт должен быть специалистом в своей области зна­ний, обладать опытом прогнозирования.

Среди применяемых приемов распространена индивиду­альная и коллективная экспертиза.

Индивидуальные экспертные оценки базируются на незави­симых мнениях экспертов. Прогноз формируется либо мето­дом интервью (т.е. беседа прогнозиста с экспертом по заранее разработанной программе), либо методом аналитических оце­нок (на основе длительной и тщательной самостоятельной ра­боты эксперта).

Коллективные экспертные оценки базируются на коллек­тивном мнении экспертов о перспективах развития объекта прогнозирования. В таком случае преимущества более ощути­мы (широкий обмен мнениями). Однако и такой подход не свободен от недостатков (например, влияние авторитета, роль большинства, трудность публичного отказа от мнения и т.п.).

Эксперт дает прогноз в виде сценария, возможного развития событий и ситуаций. Сценарий разрабатывается в рамках предположения о будущих экологических ситуациях, которые однозначно непредсказуемы. В любом случае эксперту приходится отвечать на следующие вопросы: 1) структура, характер связи между отдельными компонентами объекта; 2) характер взаимодействия объекта с внешней средой (окружением); 3) развитие объекта и определяющие его процессы; 4) основные тенденции развития и условия их определяющие; 5) возможность управления развитием объекта и ожидаемые последствия.

Прогноз во многом зависит от профессионального уровня эксперта и от имеющейся информации. Важной подготовительной работой при геоэкологическом прогнозировании является отбор необходимой и достоверной информации. Прогнозирование, в свою очередь, можно понимать как создание новой информации, достоверность которой помимо всего прочего зависит от долгосрочности прогноза (максимальную достоверность имеет краткосрочный прогноз, минимальную – долгосрочный). Метод прогнозирования на основе изучения мнений экс­пертов может применяться, если отсутствует достаточная ин­формация о прошлом и настоящем объекта, не хватает време­ни для проведения полевых работ или существует неопреде­ленность природной ситуации.

**Экстраполяция.** При применении этого метода в географическом прогнози­ровании экстраполирование проводится не только в простран­стве, но и во времени, т.е. будущее рассматривается как про­должение настоящего, настоящее - как продолжение прошлого. Экстраполяция может быть дедуктивной, когда проводится ло­гическое умозаключение от общего к частному, и индуктив­ной - от отдельных фактов к обобщению. При наличии доста­точной информации методом экстраполяций можно пользовать­ся при проведении географического прогноза как на общий расчетный срок, так и на промежуточные прогнозные сроки.

Этот метод базируется на свойстве инерционности изучае­мых явлений и процессов, которая проявляется:

 – как инерционность взаимосвязей;

 – инерционность в развитии темпов направления, колеба­ния основных количественных показателей на протяжении сравнительно длительного времени.

Экстраполироваться могут тенденции, формулируемые как на качественном (описательном) уровне, так и на количествен­ных показателях. В первом случае прогнозируется направлен­ность трансформации природных комплексов, во втором - пу­тем применения временных рядов определяются все измене­ния параметров природных процессов. Прогнозирование при этом заключается в определении эмпирических формул, ап­проксимирующих (приближающих) имеющиеся динамиче­ские ряды (способ регрессионного анализа и др.). Затем ап­проксимирующие линии продлеваются в будущее до некото­рого предела, называемого пределом экстраполяции. Исполь­зуемые эмпирические ряды должны быть продолжительными (20-30 лет), устойчивыми и однородными. Согласно правилам прогностики период экстраполяции на будущее не должен пре­вышать 1/3 периода наблюдений. В настоящее время отсут­ствуют длинные ряды географических наблюдений, а также достоверные данные стационарных наблюдений реакции при­роды на хозяйственную деятельность человека, поэтому экс­траполяция не может пока стать основным методом географи­ческого прогнозирования. Считается, что экстраполяция более чем на 5-7 лет не имеет смысла, т.е. этот метод пригоден толь­ко для кратко- и среднесрочных прогнозов.

Метод экстраполяций приобретает особое значение в том случае, если прогноз опирается на временные циклы и рит­мы природных процессов. Долгосрочное географическое прогнозирование должно базироваться на данных палеогео­графических исследований. При этом важнейшими показате­лями являются полнота и непрерывность палеогеографиче­ских наблюдений.

**Метод аналогий** основывается на следу­ющем теоретическом положении: под влиянием одних и тех же или подобных факторов формируются генетически близкие природные комплексы, которые, подвергаясь однотипным воз­действиям, испытывают сходные изменения. Сущность метода заключается в том, что закономерности развития процесса, изученные в условиях одного природного комплекса (анало­га), с определенными поправками переносятся на другой, на­ходящийся в идентичных условиях с первым. В качестве ана­логов могут выступать различные по сложности комплексы:

 – одномерные (географическая точка);

 – двухмерные (физико-географические профили);

 – трехмерные (ландшафт);

– четырехмерные.

Физико-географические аналоги воспроизводят в неиска­женном виде все природные процессы, сохраняя сложность и многосторонность связей. Масштаб подобия у них близок к единице, что облегчает интерпретацию свойств аналога на объект прогноза. Однако следует учитывать, что у аналогов есть всегда определенные расхождения с объектами прогноза.

Возможности метода возрастают в случае использования его на базе теории физического подобия. По этой теории сход­ство сравниваемых объектов устанавливается с помощью кри­териев подобия, т.е. величин, имеющих одинаковую размер­ность. Необходимо учитывать те критерии, которые отражают условия однозначности, т.е. условия, определяющие индиви­дуальные особенности процесса и выделяющие его из много­образия других процессов. В теории подобия условия одно­значности сформулированы в общем виде, безотносительно к объекту исследования. В каждом отдельном случае они обыч­но различаются, поэтому требуют определенной конкретиза­ции. Сходство одноименных критериев у сравниваемых про­цессов означает наличие подобия.

Критерии подобия, полученные на основе условий одно­значности путем анализа размерностей или логическим подбо­ром, используются для исследования прогнозируемых объек­тов и последующего выбора физико-географических аналогов.

Аналоги должны обладать общими с объектами свойствами:

 – общностью природы главного процесса, изменяющего природные условия;

 – подобием условий однозначности;

 – сходством качественных и количественных критериев.

Наличие надежных аналогов является главным условием

применения метода. Процесс составления прогноза методом физико-географических аналогов можно представить как си­стему взаимосвязанных действий, все звенья которой должны соответствовать цели и задачам прогнозирования.

Метод хорошо физически обоснован и позволяет составить долгосрочные прогнозы. Однако он возможен только в преде­лах группы генетически близких геосистем. Поэтому необхо­димой предпосылкой его использования является наличие схе­мы физико-географического районирования и ландшафтной карты прогнозируемой территории.

**Метод ландшафтно-генетических рядов** состоит в ис­пользовании для прогнозирования рядов сопряженных ком­плексов, смены которых в пространстве воспроизводят после­довательность их эволюции во времени. Он основан на прин­ципе эргодичности, согласно которому закономерности разви­тия, установленные для пространственных процессов, могут быть перенесены на временную динамику, и наоборот.

Ландшафтно-генетические ряды целесообразно рассматри­вать как своеобразные качественные модели, отражающие ста­дии естественного развития природных комплексов в пределах определенных территорий. Анализ таких рядов позволит уяс­нить взаимосвязи между компонентами природы в их истори­чески сложившемся, относительно устойчивом состоянии, к которому эти компоненты, нарушенные инженерным воздей­ствием, будут стремиться. При относительной стабильности общих климатических условий ландшафтно-генетические ряды могут служить для установления направленности и по­следовательности перестройки природных комплексов во вре­мени под влиянием мелиоративных сооружений.

Метод не позволяет определить скорость и время транс­формации природных комплексов, поэтому параллельно необ­ходимо применение других методов: экстраполяций, геогра­фических аналогий и др.

**Метод функциональных зависимостей** заключается в выявлении физико-географических факторов, определяющих формирование прогнозируемого процесса, и нахождении свя­зей между ними и показателями этого процесса. Важнейшая операция прогнозирования - отбор необходимых факторов, который производится на основе генетического анализа. На практике обычно учитываются не все выявленные факто­ры. Для оценки применяются различные приемы (корреляция, опрос экспертов и др.).

После выявления необходимых факторов строится логиче­ская модель формирования прогнозируемого процесса. Затем с помощью методов математической статистики (регрессион­ного и факторного анализа) определяется количественное воз­действие учитываемых факторов на конечный результат. Уста­новив степень этого воздействия и выяснив, какие значения примет каждый из факторов, можно рассчитать, как изменится тот или иной показатель прогнозируемого процесса.

**Моделирование** основано на возможности исследований на моделях процессов и явлений, которые трудно или невозмож­но исследовать в естественных условиях. Это один из основ­ных методов прогнозирования. Цель моделирования - разра­ботка адекватной прогнозной модели изучаемого объекта. С помощью прогнозной модели можно получать информацию о возможных состояниях объекта в будущем и путях достиже­ния этих состояний. Моделирование пригодно для пассивного и активного прогнозирования; позволяет отобразить разную степень причинной обусловленности переменных и, следова­тельно, дать функциональную, точечную и интервальную их оценку. Метод моделирования может применяться для прогно­зирования развития объекта на кратко-, средне-, и долгосроч­ную перспективу.

**Индикационный метод** основан на корреляционной связи компонентов природной среды. Он заключается в определении изменений одних компонентов путем наблюдения над други­ми более удобными или более доступными, но тесно связан­ными с первыми и четко реагирующими на их изменения.

В результате расширения аэрокосмических съемок все боль­шую роль играет метод ландшафтно-индикационных исследо­ваний. Особенность его заключается в том, что появляется воз­можность изучать природные и другие процессы не с помощью длительных инструментальных стационарных наблюдений, а по внешней реакции ландшафта на эти изменения.

**Оценочный метод** в географическом прогнозе основан на выявлении изменений (количественных и качественных), про­исходящих в ландшафте, измененном хозяйственной деятель­ностью человека, путем сравнения его с аналогичными ланд­шафтами в естественном состоянии. При этом исследуемые показатели группируются, а территория рассматриваемого объекта типизируется по степени благоприятности для того или иного вида использования. Это может быть достигнуто путем применения количественной оценки и построения оце­ночных шкал или таблиц, которые могут быть разработаны на основе данных, полученных в результате проведения стацио­нарных многолетних исследований.

Каждый из методов имеет ряд недостатков и положительных сторон. Ослабить влияние недостатков можно путем примене­ния одновременно нескольких методов. Выбор методов остает­ся творческой операцией и определяется характером исследова­ний, необходимой детальностью и поставленными целями.

Важным принципом прогноза является единство методов исследования на весь расчетный срок, что позволяет увели­чить достоверность полученных результатов.

Практическая ценность географического прогноза опреде­ляется его точностью и достоверностью. Учитывая, что объект прогноза характеризуется многомерностью, соответственно и общая ошибка прогноза будет состоять из суммы ошибок всех прогнозируемых явлений, определяющих точность прогноза.

Оценка достоверности прогнозов заключается в опреде­лении величины возможных отклонений в результатах прогно­зирования и в сравнении тех или иных расчетных параметров следующими способами:

 – прямой верификации, т.е. получением того же значения прогноза, но другими приемами;

 – косвенной верификацией, или подтверждением прогноза путем выполнения другими исследователями;

 – оценкой результатов прогноза государственной или ве­домственной экспертизой;

 – дублирующей верификацией, осуществляемой путем по­лучения значений из другого (смежного) прогноза.

Таким образом, достоверность и точность географического прогноза зависит от уровня теоретических знаний, а также знаний объекта прогноза; степени достоверности и полноты исходной информации; правильности выбора методики про­гнозирования с учетом всех особенностей объекта.

Повысить точность и достоверность прогноза согласно ис­следованиям А.Г. Емельянова можно следующими путями:

 – за счет глубокого изучения закономерностей формирова­ния и развития природных процессов, что приведет к созданию более современных математических моделей геосистем и улуч­шению прогноза их изменений;

 – параллельного и одновременного использования несколь­ких методов и приемов;

 – проверки разработанных методик прогнозирования на тех объектах, которые по своей природе и сложности подобны прогнозируемым и на которых прогнозируемые процессы чет­ко проявились;

– использования метода экспертизы.