**Контрольная работа по сельскохозяйственной**

**экологии**

**шифр 426**

**№ 6 Методы экологических исследований**

Сложность и многообразие взаимосвязей живых систем различных уровней организации и среды обитания предполагают большое разнообразие методов экологических исследований.

Для современных экологических исследований характерна количественная оценка изучаемых объектов и процессов (учет численности организмов, возрастной и половой структуры популяций, плодовитости, продуктивности, заболеваемости, загрязненности среды, силы действия ее факторов, прогноз на будущее и т.п.). По скорости изменения показателей исследуемого объекта, можно судить о его состоянии на данный момент и выявить стабильность или тенденции к изменениям, скорость и направление изменений.

Методы экологических исследований можно разделить на две группы: ***полевые и лабораторные.***

***Полевые*** методы предполагают изучение экологических явлений непосредственно в природе. Они помогают установить взаимосвязи организмов, видов и сообществ со средой, выяснить общую закономерность развития и жизнедеятельности биологических систем. Полевые исследования являются для экологии очень важными, так как позволяют выяснить общую картину развития природы в конкретных условиях того или иного региона. Полевые методы исследований могут быть *маршрутными, стационарными, описательными и экспериментальными.*

*Маршрутные методы* используются для:

-выявления на исследуемой территории экологических объектов (например, тех или иных жизненных форм организмов, экологических групп, фитоценозов, охраняемых видов и др.);

-выявления разнообразия исследуемых экологических объектов.

Основными приемами этой группы методов являются:  прямое наблюдение; оценка состояния; измерение; описание (например, описание учетных площадок, отдельных представителей живого мира, фенофаз и т.п.); составление схем, карт и списков исследуемых объектов.

*Стационарные методы* - это методы длительного (сезонного, круглогодичного или многолетнего) наблюдения за одними и теми же объектами, требующие многократных описаний, контроль изменений, происходящих у наблюдаемых объектов. Эти методы обычно совмещают в себе полевые и лабораторные исследования.

*Описательные методы* применяются для регистрации основных особенностей изучаемых объектов; при прямом наблюдении; картировании экологических явлений; инвентаризации ценных природных объектов. Эти методы являются  ключевыми в экологическом мониторинге.

*Экспериментальные методы* объединяют различные приемы вмешательства в обычные характеристики исследуемых объектов. Проводимые в эксперименте наблюдения, описания и измерения выявленных свойств объекта обязательно сопоставляются другими объектами, которые не задействованы в эксперименте. При проведении экологического эксперимента сравниваются проявления свойств изучаемого объекта в различных условиях окружающей среды. Эксперимент, поставленный в полевых условиях, можно продолжить в лаборатории.

*Лабораторные методы* предполагают изучение влияния комплекса факторов моделированной в лабораторных условиях среды на естественные либо моделированные биологические системы и получить приблизительные результаты. Выводы, полученные в лабораторном экологическом эксперименте, обязательной должны подвергаться проверке в природе, т. к. в условиях лаборатории трудно применить все факторы среды (но определить влияние нескольких экологических факторов возможно).

Кроме того, в настоящее время широкое распространение имеет метод моделирования экологических явлений в природе и обществе.

*Моделирование* - метод практического и теоретического оперирования объектом, когда исследуется не сам интересующий объект, а вспомогательная искусственная или естественная система (модель), соответствующая свойствам реального объекта. Модель - мысленно представимая или материально реализованная система, которая, отражает объект исследования и замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте. Модель может выполнять свою роль лишь тогда, когда степень ее соответствия объекту определена достаточно строго. Потребность моделирования в экологии появляется тогда, когда конкретное исследование самого объекта невозможно или затруднительно в силу: обилия (или скудости) фактических материалов о нем, дороговизны, требует слишком длительного времени.

Любая модель отражает лишь общую суть процесса и имитирует реальность, но при этом моделирование позволяет исследовать процессы и явления, недоступные для непосредственного наблюдения. Имитационное моделирование чаще всего используется при изучении биосферы. И при этом для построения удовлетворительной модели достаточно учесть лишь четыре основных компонента - движущие силы, свойства, потоки и взаимодействие.

Модели позволяют интегрировать все то, что известно о моделируемой ситуации. Пользуясь этим методом можно выявить неточности в исходных данных об объекте, определить новые аспекты его изучения. Моделирование экологических явлений используется для практических прогнозов их динамики; исследования взаимосвязей видов и сообществ со средой; определения воздействия факторов; выбора путей рационального вмешательства человека в жизнь природы.

В последнее время, в изучении экологических связей и явлений широкое распространение получил *социологический метод.* В рамках, которого, осуществляется: опрос населения (массовый, групповой, индивидуальный); анкетирование; беседы с отдельными людьми для сбора экологических данных; анализ многолетних материалов здравоохранения, образования и т.п.

Экологические исследования имеют большое значение в решении многих теоретических и практических задач существования природы, человека и общества. При этом необходимо рациональное сочетание различных методик, которые должны взаимно дополнять и контролировать друг друга.

**№ 27. Основные среды жизни, дать понятие. Водная среда**

На нашей планете имеются четыре разные среды жизни, обеспечивающие возможность жизни организмов: водная, наземно-воздушная, почвенная и организменная, т. е. среда жизни паразитов.

**Водная среда.** Водную среду жизни могут составлять морская или речная вода. В водоемах естественного происхождения (океаны, моря, реки, озера) содержатся разнообразные минеральные соли, но мало кислорода и солнечного света. А в толще океана, на дне глубокого озера всегда мало солнечного света или совсем темно. В этой среде растения способны произрастать лишь на небольшой глубине, только там, куда проникает свет. В этой среде в течение суток и сезонов практически не меняется температура, причем она всегда плюсовая (+4 ... +25 °С).

В таких условиях способны жить водоросли и немногие высшие растения.

**Наземно-воздушная среда.** В этой среде жизни произрастают почти все высшие растения. Здесь находятся леса, луга, степи, тундры, сады и поля. Наземно-воздушная среда характеризуется обилием воздуха. В этой среде много света, но в разных местах отмечаются очень большие колебания температуры и влажности в зависимости от сезона, времени суток и географического положения территории. Большую роль играет ветер.

**Почвенная среда.** Почва — это поверхностный плодородный слой суши. Эта среда образовалась из смеси минеральных веществ при распаде горных пород и органических веществ (перегноя) в результате разложения растительных и животных остатков.

Здесь обитают многочисленные мельчайшие водоросли, находятся семена и споры разных растений, размещаются корни наземных растений. В почве также живут многочисленные бактерии, мелкие животные и грибы.

**Организменная среда.** Эта среда представлена организмом-хозяином, который питательными веществами своего тела обеспечивает существование живущих в нем паразитов. Например, на ветвях яблони, груши, клена, сосны паразитирует омела белая, на стеблях хмеля и многих трав — повилика, а на корнях подсолнечника поселяется паразитическое растение заразиха.

Если растения не имеют приспособлений к жизни в определенных условиях, они погибают.

Вода – это живительный источник для всех животных и растений на Земле, а для многих из них является средой обитания. К их числу, например, относятся многочисленные виды рыб, в том числе караси, населяющие реки и озёра края, а также аквариумные рыбки в наших домах. Как видите, они прекрасно себя чувствуют среди водных растений.

Некоторые растения и животные всю жизнь проводят в воде, а другие находятся в водной среде лишь в начале своей жизни. В водной стихии можно обнаружить самых маленьких представителей (многочисленные водоросли и бактерии). Поверхность воды имеет особую упругую плёнку – поверхностное натяжение, чем успешно пользуются мелкие водные жуки-вертячки. Они встречаются целыми стайками. Сверкая на солнце, вертячки оживлённо бороздят воду и ловят мелких беспозвоночных животных. Более крупную жертву, упавшую на поверхность воды, всегда заметит клоп-водомерка. Он хищник. Иногда жертвой водомерки становится даже стрекоза.

И в толще воды немало хищников. Один из них – клоп-гладыш. Это один из самых крупных водных клопов, сильный и ловкий хищник. На дне водоёмов можно встретить странных обитателей - личинок ручейников.

Все наши стрекозы откладывают яйца в воду или ткани водных растений. Личинка стрекозы малоподвижна и хорошо приспособлена к жизни на дне водоёма.

В воде живёт и паук-серебрянка. Это единственный из пауков, который отлично приспособился к жизни под водой. Он одинаково хорошо передвигается и на суше, и в воде. Дышит паук атмосферным воздухом.

В воде можно увидеть личинку жука плавунца. Настоящий хищник. Добычей, как правило, становится зазевавшийся головастик лягушки. Вне воды личинка плавунца беспомощна и может погибнуть.

Все наши земноводные животные откладывают икру только в воде (лягушки, жабы, тритоны и углозубы).

Икра земноводных животных плавает на поверхности воды, среди водных растений и благодаря чёрному цвету хорошо прогревается лучами весеннего солнца. Из икринок выходят личинки, носящие название головастиков. Питаются головастики растительной пищей.

Засуха является трагедией для жителей маленьких водоемов. Вода испаряется за короткий промежуток времени и все водные обитатели, в том числе и головастики, погибают. Выживают лишь отдельные экземпляры, благодаря более быстрому развитию среди собратьев.

***Водная среда*** обитания очень важна и для некоторых млекопитающих.

Это речной бобр. В далёком прошлом бобра считали рыбой! Живёт он до 25 лет. Едят бобры кору, побеги, листья, особенно любят осину и ивы.

Самое маленькое млекопитающее – выхухоль. Она живёт у воды и здесь же находит себе пропитание.

Вода является средою, которая во много раз плотнее воздуха. В силу этого она оказывает на живущие в ней организмы определённое давление и в то же время обладает способностью поддерживать тела, согласно закону Архимеда, по которому всякое тело, находящееся в воде, теряет в весе столько, сколько весит вытесненная им вода.

Среди водных животных, как и на суше, есть прожорливые хищники и мирные растительноядные, но для их жизнедеятельности нужна чистая без вредных примесей вода.

Сохраняя и оберегая воду наших рек, озёр, прудов, мы сохраняем и жизни наших братьев меньших.

**№ 72 Биологические средства защиты растений.**

Биологические средства защиты растений включают в себя:

* применение для борьбы с вредителями их естественных врагов: хищников, паразитов, антагонистов и т. д.;
* отсутствие резистентности (устойчивости) у вредителей к микробиологическим препаратам;
* возможность отказа от использования ряда дорогостоящих пестицидов;
* возможность переориентации ряда хозяйств на более рентабельное производство экологически чистой продукции;
* использование всех видов органических отходов хозяйства;
* оздоровление почвенной микробной биоты.

Биологические методы защиты растений имеют огромные перспективы в закрытом и открытом грунте, и не имеют альтернатив в организации экологического земледелия.

Под ***биологическим методом*** понимают использование живых организмов и продуктов их жизнедеятельности для регуляции численности вредных видов.

В практике защиты растений от вредителей наиболее предпочтительными являются следующие направления биологического метода.

Использование искусственно размноженных энтомофагов и акарифагов. Широкое распространение в борьбе с различными видами совок, лугового мотылька получило применение небольшого паразитического насекомого трихограммы. Ее размножают в биолабораториях и выпускают в поле (20—100 тыс. особей на 1 га) в период начала массовой откладки яиц вредителем. Такой способ применения энтомофагов называется *сезонной колонизацией*.

**Охрана и использование местных энтомофагов**

В различных агроценозах полевых культур и садово-ягодных насаждений обитает огромное число наших союзников в борьбе с вредителями. Это многочисленные виды хищных жужелиц, божьих коровок, стафилинид, златоглазок, журчалок, хищных галлиц, [клопов](http://www.vitadez.ru/stati/klopi-i-kak-s-nimi-borotsya), многочисленных паразитических [насекомых](http://www.vitadez.ru/stati/paraziti-klasa-nasekomie), пауков и многих других энтомофагов и акарифагов. Заметна роль хищных жужелиц в ограничении численности колорадского жука. Одна взрослая жужелица уничтожает за сутки 3—5 личинок старшего возраста и до 30—35 личинок младших возрастов, или до 10 ложногусениц рапсового пилильщика, или 3—5 гусениц крыжовниковой огневки, или до 100 личинок галлиц. Один жук семиточечной божьей коровки за сутки уничтожает до 50 тлей, а его личинки старшего возраста — до 70 тлей. Самая мелкая божья коровка, которую называют стеторусом, за сутки уничтожает в среднем 43 подвижные особи паутинных клещей и 12 яиц. Примеров подобного рода можно привести множество, но и этих достаточно, чтобы сделать один важный вывод: роль местных энтомофагов в регулировании численности фитофагов трудно переоценить. Следовательно, энтомофагов и акарифагов необходимо охранять.

**Применение биопрепаратов**

Биологические препараты, основой которых являются микроорганизмы или продукты их жизнедеятельности, прочно входят в практику защиты растений. В настоящее время широко применяют лепидоцид и битоксибациллин против листогрызущих вредителей преимущественно из отряда чешуекрылых. Кроме этих препаратов для применения разрешены дипел, боверин, вертициллин. Применение биопрепаратов, как и химических средств защиты растений, строго регламентировано в отношении используемых объектов и сельскохозяйственных культур, норм расхода препарата, сроков обработок и других параметров. Биологическая эффективность биопрепаратов в значительной степени зависит от температуры окружающей среды и возраста личинок (гусениц) вредителя, против которых проводят обработки. Наилучшего результата достигают в том случае, когда проводят обработки при температуре воздуха выше 18°С и против личинок (гусениц) младших возрастов.

**Применение биологически активных веществ**

Это органические вещества разнообразной химической природы, обладающие высокой активностью в очень малых концентрациях и специфичностью действия. В природе самец яблонной плодожорки находит самку по ничтожно малым количествам феромона, выделяемого ею. Такие феромоны синтезированы для многих видов насекомых и используются в борьбе с ними. На практике это осуществляют с помощью феромонных ловушек различной конструкции. Дно ловушки покрывается тонким слоем долго не высыхающего клея типа «Пестификс» или «Липофикс».

Если в плодовом саду повесить ловушки с феромоном для яблонной плодожорки (из расчета 1 ловушка на 5 – 6 деревьев), то можно отловить практически всех самцов. Оставшиеся неоплодотворенными самки не дают потомства. Этот метод, получивший название самцового вакуума, наиболее безопасен для человека и отвечает всем экологическим требованиям, предъявляемым к методам, используемым в защите растений.

**Использование трансгенных растений**

Это новое направление в защите растений от вредителей и болезней. Оно основано на достижениях современной генной инженерии, способной конструировать растения с полезными для человека свойствами. В настоящее время в мировой практике на миллионах гектарах возделывают трансгенные растения картофеля, не повреждаемые колорадским жуком. Такое не восприятие картофеля колорадским жуком объясняется тем, что в геном картофеля встроен участок ДНК бактерии Bacillus thuringiensis, ответственный за синтез белков, токсичных для вредителя. Создание и культивирование трансгенных растений внесет существенные изменения в традиционные методы защиты растений.

**№ 86 Экологичные системы земледелия.**

**Экологичные системы земледелия** – это способы получения сельскохозяйственной продукции без использования химических средств защиты растений и минеральных удобрений (иногда в небольших количествах используют очищенные фосфорные удобрения, такие, как томас-шлак), а также без стимуляторов роста и других химических препаратов при содержании скота. Перспективы экологичных систем земледелия ограничены, так как полный отказ от удобрений неминуемо ведет к снижению урожая, плодородия почв.

Технология базируется на использовании севооборотов, применении в качестве удобрений растительных остатков, перегноя и компостов бобовых растений, органических отходов производства, микробиологических препаратов, например, "Байкал ЭМ 1".

Теоретическая база экологичного земледелия основывается на следующих положениях:

- возможность управления почвообразованием в агроценозах;

- недопустимость "шокового" состояния почвы, создаваемого оборотом пласта. Внедрение почвозащитной разноглубинной обработки почвы без оборота пласта и полный переход на мелкую почвозащитную обработку почвы (глубина - 10-12 см);

- недопущение выращивания и применения генномодифицированных сельскохозяйственных культур;

- производство собственных семян (для исключения заражения различными болезнями и вредителями) и инокуляция их микробиологическими препаратами;

- усиление биологической активности в почве за счет внесения в нее микробиологических препаратов;

- использование экологичных плодосменных севооборотов;

- исключение применения для защиты растений ядохимикатов и гербицидов для борьбы с сорняками. Защита посевов от вредителей и болезней агротехническими, профилактическими и биологическими методами (культивация, полупар), посевом пожнивных сидератов семейства крестоцветных, которые имеют угнетающее влияние на сорняки, осенней обработкой пожнивных остатков микробиологическими препаратами, провоцирующими быстрое прорастание сорняков и заделкой пожнивных остатков в почву на глубину 10-15 см;

- исключение химических минеральных удобрений;

- мульчирование почвы пожнивными остатками с обработкой их микробиологическими препаратами;

- возврат в почву вынесенных с урожаем веществ путем внесения органических удобрений (полуперепревшего навоза, нетоварной части урожая - солома зерновых и зернобобовых, измельченные остатки сельскохозяйственных культур), а также пожнивных посевов сидератов;

- увеличение коэффициентов гумификации навоза и растительных остатков за счет применения микробиологических препаратов и постоянной минимальной обработки почвы.

Почвы, в которые в течение нескольких лет не вносились минеральные удобрения и которые не обрабатывались химическими средствами защиты, наиболее пригодны для внедрения экологичной системы земледелия.

Защита посевов от сорняков производится за счет проведения агротехнических мероприятий. Техническое обеспечение почвозащитных технологий экологичного земледелия основывается на применении широкозахватных дисковых борон, широкозахватных культиваторов, которые позволяют производить обработку почвы не глубже 4-5 см, кольчато-шпоровых катков и зерновых пневматических сеялок прямого посева.

**№ 98** **Агроэкологический мониторинг на мелиорированных землях**

Мониторинг мелиорированных земель представляет собой систему непрерывного слежения за параметрами состава, свойств и режимов почв, оросительных, грунтовых (подземных) и др. вод в границах мелиоративной системы и прилегающих территорий. Он является составной частью Государственного мониторинга земель Российской Федерации и имеет общие объекты наблюдений с Государственной системой учёта вод и Государственным мониторингом подземных вод.

Целью ведения мониторинга является наблюдение за состоянием земель для своевременного выявления деградации и загрязнения мелиорированных почв, их оценки, предотвращения и устранения последствий негативных процессов, обеспечения экологической безопасности производственной деятельности и осуществления своевременных и эффективных мероприятий по охране мелиорированных и прилегающих к ним территорий.

Задачи мониторинга мелиорированных земель заключаются в: получении своевременной и достоверной информации о их состоянии и прилегающих территорий, а также показателях технического состояния; обеспечении пользователей на всех уровнях управления своевременной и полной текущей, ретроспективной и прогнозной информацией; разработке мероприятий (эксплуатационных, производственно - технологических и др.) по окультуриванию почв, предотвращению их деградации и загрязнения; оценке эффективности осуществляемых мероприятий по мелиорации земель, охране водных и земельных ресурсов мелиоративных систем и прилегающих территорий.

Мониторинг распространяется на все орошаемые земли, независимо от их правового режима и характера использования, а также другие категории земель в границах мелиоративной системы или в зоне ее влияния, которые включают земли: сельскохозяйственного назначения, населенных пунктов, природоохранного, природно-заповедного, оздоровительного, рекреационного назначения, водного фонда, запаса. По уровням он разделяется на: федеральный мониторинг, охватывающий все мелиорированные земли Российской федерации; региональный, охватывающий край или область, локальный мониторинг, охватывающий мелиорированные земли административных районов и земли оросительных систем. Орошаемое поле является самым низким уровнем мониторинга.

Объектами мониторинга орошаемых земель являются почвы, грунтовые и оросительные воды и гидротехнические сооружения в границах мелиоративной системы, а также водоисточники и прилегающие территории.

Перечень основных мероприятий, рекомендуемых по ведению мониторинга земель следующий:1. Наблюдения за состоянием мелиорированных и прилегающих к ним земель с выявлением и оценкой степени засоления, переувлажнения почв и подтопления земель и их загрязнения.2. Ежегодная оценка эколого-мелиоративного состояния орошаемых и прилегающих к ним земель.3. Выявление причин и прогноз негативных природно-техногенных процессов.

Содержание мониторинга земель определяет данные тематических съемок, обследований и режимных наблюдений, фиксирующих дискретные значения параметров состава, свойств и режимов объектов мониторинга в границах природных, природно-техногенных и административно-территориальных участков суши, а также определяет использование гидрометеорологической информации существующих гидрометеопостов и станций. При ведении мониторинга учитываются и постоянно уточняются границы полей, севооборотов, участков с группой близких по водопотреблению или устойчивости к переувлажнению культур.

По технологическим, организационным и экономическим соображениям особенно целесообразно выделить приоритетные показатели, в том числе: засоленность, солонцеватость, кислотность почв в слое 0-100 см, глубина залегания уровня грунтовых вод, минерализация и химический состав солей в водах, сроки отвода избыточной влаги из пахотного слоя, водопотребление на орошение и т.д.

Комплексная оценка состояния орошаемых и осушенных земель выполняется в границах мелиоративной системы в разрезе землепользователей и землевладельцев. Последующий учет состояния этих земель на уровне района, области, климатической зоны, бассейна реки или озера заключается в агрегировании результатов оценки состояния земель на мелиоративных объектах.

**№ 99. Принципы организации базы данных агроэкологического мониторинга**

Основой для создания базы данных агроэкологического мониторинга земель является их классификация.

Классификация представляет группировку земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве, уровню потенциального плодородия и лимитирующим его негативным факторам. Классификация земель базируется на информации об их естественных признаках (свойства почв, климат, рельеф, естественная растительность, технологические свойства и прочее), которая содержится в материалах почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий. Значительно расширен перечень свойств, уточняющих оценку. Также учтены водно-физические свойства почв в пределах метрового слоя, которые раньше не принимали во внимание. На основе этой информации изучается возможность использования земель под различные виды сельскохозяйственных угодий (пашню, многолетние насаждения, сенокосы, пастбища) и оценивается уровень плодородия земель. По пригодности выделяются четыре категории земель:

1) пригодные для использования под любые сельскохозяйственные угодья;

2) малопригодные под пашню и многолетние насаждения, но пригодные под естественные кормовые угодья;

3) непригодные или малопригодные для использования в сельском хозяйстве в естественном состоянии;

4) уникальные, малопригодные под пашню, но по своим уникальным свойствам пригодные для выращивания некоторых видов технических культур, многолетних насаждений, ягодников (табак, чай, виноград, рис и другие культуры).

Информация распределения земель по классам дает объективное представление о качестве земель всей страны. Ее можно использовать для выявления и охраны лучших и особо ценных земель, для принятия других управленческих решений на уровне ведомств и правительства страны, например для конкретных объектов эффективного приложения капитала. Периодическое обновление материалов (каждые 5 - 10 лет) позволит следить за состоянием земельного фонда, выявлять и устранять негативные тенденции, свидетельствующие об ухудшении качества земель. Полученная информация дает возможность отслеживать классификацию земель во времени, придать ей мониторинговый характер. Использование классификации для мониторинга плодородия земель значительно повышает его эффективность, поскольку позволяет дать реальную производственную оценку негативным последствиям, которые могут иметь место при интенсивном использовании земель, особенно если эти земли подвержены прогрессирующим процессам водной эрозии, дефляции, подтопления и т. п.

Информация о наличии, характере и степени проявления негативных свойств дополняет качественную оценку почв. Почвы, вошедшие в состав различных классов, группируют по подклассам, каждый из которых означает специфическое негативное воздействие (эрозия, заболачивание, засоление и т. д

Таким образом, классификация земель является методическим инструментом, обеспечивающим возможность эффективно решать вопросы, связанные с оценкой качества сельскохозяйственных угодий, их зонированием для установления видов разрешенного использования, планированием сельскохозяйственного производства на различных уровнях управления, расчетом убытков при изъятии земель сельскохозяйственного назначения.

Этапы работ при формировании цифровой картографической основы выстраиваются следующим образом:

1) исходной информацией для векторизации материалов служат карты почвенных обследований М 1 : 10000 или 125000. Материалы почвенных обследований, выполненные в субъектах страны (в 80-е годы прошлого века), находятся в государственном фонде данных землеустроительной документации;

2) для точного позиционирования используется слой "кадастровое деление" из базы данных (далее - БД) государственного кадастра недвижимости (далее - ГКН);

3) после создания БД в ГИС выполняется векторизация границ почвенных контуров.

Создание цифровой картографической основы земельных участков, поставленных на государственный кадастровый учет, позволяет определить качественное состояние земель конкретного участка.

Единый информационный ресурс должен включать показатели паспорта плодородия земельного участка.

Паспорт плодородия земельного участка является документом, характеризующим уровень почвенного плодородия и его изменения в процессе хозяйственного использования земельного участка.

Паспорт также содержит качественные характеристики (состояние почв, степень развития негативных процессов, пригодность почв для сельскохозяйственного использования), интегральный показатель плодородия (балл бонитета сельскохозяйственных угодий, кадастровая стоимость), предписания и первоочередные требования к сохранению земель сельскохозяйственного назначения.

Создавать информационные ресурсы для земель сельскохозяйственного назначения следует на всех уровнях власти - федеральном, региональном и муниципальном.

**№ 100 Моделирование в экологии**

Условно можно считать, что математическая экология (математическое моделирование и прогноз экологических процессов) возникла не с появлением экологии как науки, а значительно раньше. Например, известное моделирование плодовитости кроликов (1228 г., итальянский математик Фибоначчи) представляет одну из первых попыток математического прогноза динамики биологических процессов.

Первые математические модели учитывали закономерности естественного развития экологических систем. Полагалось, что компоненты экосистем, взаимодействуя, стремятся к стабильности своего системного образования и подчиняются законам эволюции. Под стабильностью экосистемы понимается ее способность к изменению своей структуру без разрушения системы в целом, а под сохранением - способность сохранять се основные характеристики. Экосистема в целом является саморегулпруемым комплексом, который стремится достиг путь стабильного состояния. Это возможно благодаря наличию как прямых, так и внутренних или внешних обратных связен. Простое саморегулирование, основанное па отрицательных обратных связях, осложняется наличием вторичных реакции и существованием предельных воздействий на экологические объекты.

В дальнейшем появились модели техносферы и модели, учитывающие антропогенное воздействие на компоненты планетарной экосистемы с проведением численных экспериментов и формированием качественных и количественных прогнозов. Модели стали базироваться на массовых данных динамического контроля, которые в той или иной степени отвечали требованиям пространственно-временной, качественной и количественной репрезентативности. При наличии обратных связей равновесие экосистемы имеет многозначный характер:

- стабильное равновесие, когда имеет место тенденция системы реставрировать условия предыдущего равновесия, которые были нарушены извне;

- нестабильное (дискретностабильное) равновесие, когда незначительное внешнее воздействие ведет к изменениям, заканчивающимся достижением нового устойчивого равновесия;

- динамическое равновесие - режим сбалансированных колебаний системы относительно постоянно развивающихся во времени и в определенном направлении условии функционирования системы, причем амплитуда этих колебании значительно превышает размах изменений среднего состоянья системы.

Время, необходимое для перехода системы из неравновесного состояния, вызванного антропогенными или естественными причинами, в повое или прежнее равновесное состояние, называют временем релаксации. Время релаксации зависит от устойчивости и состояния элементов системы, структуры системы, направленности экологических Изменений.

Системный экологический анализ позволяет исследовать характер, формы и масштабы экологических взаимосвязей и взаимодействий, проанализировать устойчивость и адаптацию объектов экосферы. В качестве инструментария системного экологического анализа наиболее часто используют математическое и физическое моделирование, методы оптимизации, теорию множеств и преобразовании и др.

В настоящее время существует множество методов прогнозирования. Их различают по количественной или качественной природе, точности, надежности, применяемому математическому аппарату, характеристикам объекта прогнозирования и др. В процессе развития прогностика шла эмпирико-индуктивным путем, т. е. закономерности формулировались на основе анализа и обобщения методов прогнозирования определенных объектов.

Методы экологического моделирования можно условно разделить на ***физические*** и ***математические***. При физическом моделировании изучаемое явление воспроизводится в том или ином масштабе с сохранением его физической природы. Математическое моделирование представляет собой способ исследования экологических явлений путем изучения процессов, имеющих различное физическое содержание, но описываемых одинаковыми математическими соотношениями. Важным моментом является составление математической модели на основании формализованной (содержательной) схемы изучаемого явления. Математическая модель сложной системы (куда относят экологические системы) состоит из математических моделей подсистем, их элементов и математических моделей взаимодействуя между подсистемами. Процесс построения моделей экологических объектов является трудоемким и требует от разработчиков как знаний об объекте моделирования, так и навыков в системотехнике и моделировании.

Основным признаком отнесения системы к сложной является содержание в ней процесса решения (а следовательно, наличие цели). Необходимо также наличие следующих признаков:

- множество взаимосвязанных и взаимодействующие элементов;

- многофакторность цели;

- возможность разбиения системы на подсистемы;

- управление множеством информационных, энергетических, вещественных потоков в системе;

- взаимодействие с внешней средой.

Условное изображение объекта сложной экологической системы представлено на рис.1.

*
Рис. 1. Структурно-функциональная схема объекта сложной экологической системы*

При современном экологическом состоянии актуальное значение приобретает количественная оценка состояния объектов контроля и управления. Естественным желанием исследователей является возможность получать оценку по одному обобщенному (интегральному) показателю, хотя набор подобных показателей видится наиболее полной характеристикой. Полный набор интегральных показателей наиболее качественно будет характеризовать экологическое состояние на альтернативном (да - нет) или множественном (относительные или абсолютные значения состояния объекта) уровнях.

Известен ряд зависимостей потоков вещества и энергии в экосистемах, но мало известно об информационном взаимодействии. Выявление информационных законов в системе живого и неживого позволит выявить дополнительные управляющие воздействия и управляемые последствия, для чего необходимо создание обновляющихся баз данных.

Математическое моделирование экосистем является научным направлением, которое становится действенным аппаратом познания экологических процессов, приближает к осуществлению практики управления ими. Причем математическое моделирование и экспериментальные наблюдения взаимно дополняют и развивают друг друга.

Первый тип моделей основан на фундаментальных законах материального мира (законы сохранения энергии, массы, количества движения, переноса, трансформации и др.). Исследователь проводит отбор наиболее существенных законов для конкретного объекта, осуществляет их формализованную запись, решает записанные уравнения и производит интерпретацию получаемых решений. К этому перечню зачастую добавляется процесс верификации моделей.

Подобные модели содержат в себе информацию как априорную, заключенную в структуре математической модели (тип дифференциального, интегрального, разностного, балансового или другого уравнения), так и информацию, содержащуюся в параметрах (коэффициентах) модели, которые определяются из опытных данных. Необходимо отметить, что и при отсутствии натурных данных о коэффициентах исследование решений математических уравнений модели позволит получить качественные, прогностические результаты.

В качестве примера математической модели пространственной турбулентной диффузии примесей в атмосфере или водной среде можно использовать дифференциальное уравнение в следующем виде:

**

где t - время;

X - координата;

Р - концентрация примеси в объеме среды;

КХ - коэффициент одномерной продольной диффузии (обмена);

υ - средняя скорость потока в среде;

k - коэффициент неконсервативности примеси (коэффициент, определяющий изменение концентрации примеси в среде за счет физико-химических превращений примеси; коэффициент самоочищения среды);

F(X, t) - пространственно-временная функция, описывающая источник примеси.

Отметим, что данное уравнение может усложняться за счет многомерности, многофакторности, разнообразия граничных и начальных условий, специфики среды, примесей и других факторов, а упрощение достигается, например, при возможности неучета функции источника примеси (F=0) или стационарности процесса поступления примеси в среду, т. е. δυ/δt=0, F(X, t)=F (X) при постоянстве скорости пли коэффициента обмена КХ. Отметим, что рост коэффициента КХ означает замедление обмена, т. е. вредные примеси будут стремиться к накоплению, и при\* превышении норм самоочищения будет наблюдаться процесс дегенерации среды.

В качестве примера математической модели закономерностей формирования кислорода в придонном слое внутреннего водоема можно использовать дифференциальное уравнение в таком виде (предполагается, что поступление кислорода из вышележащих слоев в придонный слой происходит с постоянной скоростью):

**

где Q - концентрация растворенного кислорода в придонном слое;

δQ/δt - скорость изменения содержания кислорода в придонном слое;

υ - скорость поступления кислорода в придонный слой;

h - толщина придонного слоя;

kυ - коэффициент биохимического потребления кислорода водой и осадками.

Решение этого уравнения относительно величины υ представимо в виде следующего выражения:

**

где Q0 и Qt - концентрация растворенного кислорода придонного слоя в начальный и конечный момент вертикального водообмена.

Зная или задаваясь значениями kυ и h, контролируя датчиками содержание кислорода Q0 и Qt можно определять величину υ. При прогнозировании динамики величины υ можно варьировать значения как kυ и h, так и Q0 и Qt

Решая задачу прогнозирования минерализации внутренних водоемов на основании уравнений солевого и водного баланса, можно получить упрощенную расчетную формулу ожидаемой средней минерализации воды

**

где S0, S+, S- - средние значения минерализации водоема в начале расчетного периода, притоковых и стоковых вод;

W0, W+, W- - объем водоема в начале расчетного периода, объем притоковых и стоковых вод;

Wисп - потери воды на испарение с поверхности водоема за расчетный период.

Трудности первого типа моделирования заключаются, с одной стороны, в неадекватности упрощенной модели ее реальному образу, а с другой стороны, в сложности обозримого представления реального образа многопараметрической моделью. К этим затруднениям присовокупляется влияние в реальной экологической ситуации случайных трудноучитываемых факторов, что делает головоломным формирование правдоподобных гипотез.

В результате преодоления этих сложностей получил развитие второй тип математических моделей, основанных на установлении закономерностей функционирования экологических систем путем статистического выявления взаимосвязей в этих системах или объектах. Разработка подобных моделей заключается в выборе метода статистического анализа, планировании процесса получения данных контроля, компоновке данных об экологической системе, алгоритмировании и расчете компьютерными средствами статистических соотношений. Изменение закономерностей развития экологической ситуации требует повторения описанной процедуры, но уже в новом качестве.

Статистическое нахождение математической модели включает в себя выбор вида модели и определение ее параметров. Причем искомая функция может быть как функцией одной независимой переменной (однофакторной), так и многих переменных (многофакторной). Задача выбора вида модели - задача неформальная, т. к. одна и та же зависимость может быть описана с одинаковой погрешностью самыми различными аналитическими выражениями (регрессионными уравнениями). Рациональный выбор вида модели может быть обоснован при учете ряда критериев: компактность (например, описанная одночленом или многочленом), интерпретируемость (возможность придания содержательного смысла коэффициентом модели) и др. Задача расчета параметров выбранной модели зачастую чисто формальная и осуществляется на ЭВМ.

Формируя статистическую гипотезу об определенной экологической системе, необходимо иметь массив разнообразных данных (базу данных), который может быть неоправданно велик. Адекватное представление о системе связано в этом случае с отделением несущественной информации. Сокращению могут подлежать как перечень (тип) данных, так и количество данных. Одним из методов осуществления подобного сжатия экологической информации (без априорных предположений о структуре и динамике наблюдаемой экосистемы) может стать факторный анализ. Сокращение данных проводят методом наименьших квадратов, главных компонент и другими с использованием в дальнейшем, например, кластерного анализа.

Отметим, что первичная экологическая информация обладает в той или иной степени следующими особенностями:

- многомерностью данных;

- нелинейностью и неоднозначностью взаимосвязей в исследуемой системе;

- погрешностью измерений;

- влиянием неучтенных факторов;

- пространственно-временной динамикой.

При решении первой задачи (выбор вида модели) полагают, что известны m входных (х1, х2, ..., хm и n выходных (y1, y2, ..., y) данных. В этом случае возможны, в частности, следующие две модели в матричной записи:

**

где X и Y - известные входные (выходные) и выходные (входные) параметры экологического объекта ("черного ящика") в векторной форме записи; А и В - искомые матрицы постоянных коэффициентов модели (параметров модели).

Наряду с указанными моделями рассматривается более общий вид статистического моделирования:

CY=F=DX,

где F - вектор скрытых влияющих факторов; С и D - искомые матрицы коэффициентов.

При решении экологических задач целесообразно использовать и линейные и нелинейные по переменным математические модели, т. к. многие экологические закономерности мало исследованы. В результате будут учтены многомерность и нелинейность моделируемых взаимосвязей.

На основе обобщенной модели можно выделить внутренние скрытые факторы изучаемых экологических процессов, которые не известны инженеру-экологу, но их проявление отражается на компонентах векторов X и Y. Эта процедура наиболее целесообразна в случае, когда между величинами X и Y ре наблюдается строгой причинно-следственной связи. Обобщенная модель с учетом воздействия скрытых факторов устраняет определенное противоречие между двумя моделями с матрицами А и В, когда фактически две различные модели могли бы быть использованы для описания одного и того же экологического процесса. Это противоречие вызвано противоположным смыслом причинно-следственной зависимости между величинами А и Y (в одном случае X - вход, а Y - выход, а в другом - наоборот). Обобщенная модель с учетом величины F - списывает более сложную систему, из которой обе величины X и Y являются выходными, а па вход действуют скрытые факторы F.

Немаловажным при статистическом моделировании является использование априорных данных, когда еще в процессе решения могут быть установлены некоторые закономерности моделей и сужено их потенциальное количество.

Предположим, необходимо составить модель, с помощью которой за 24 ч можно численно определить плодородие определенного типа почвы с учетом ее температуры Т и влажности W. Ни пшеница, ни яблоня за 24 ч дать урожай не могут. Но для пробного сева можно использовать бактерии с коротким жизненным циклом, а в качестве количественного критерия интенсивности их жизнедеятельности пользоваться количеством Р выделенного СО2 в единицу времени. Тогда математическая модель исследуемого процесса представляет собой выражение

P=P0f(T, W),

где P0 - численный показатель качества почвы.

Кажется, что у нас нет никаких данных о виде функции f(T, W) потому, что у инженера-системотехника нет нужных а грономических знаний. Но это не совсем так. Кто не знает, что при Т≈0°С вода замерзает и, следовательно, СO2выделяться не может, а при 80°С происходит пастеризация, т. е. большинство бактерий погибает. Априорных данных уже достаточно для утверждения, что искомая функция имеет квазипараболический характер, близка к нулю при Т=0 и 80°С и имеет экстремум внутри этого интервала температур. Аналогичные рассуждения относительно влажности приводят к фактофиксации максимума экстремума искомой функции при W=20% и приближении ее к нулю при W=0 и 40%. Таким образом, априори определен вид приближенной математической модели, а задачей эксперимента является лишь уточнение характера функции f(T, W) при Т=20 ... 30 и 50 ... 60°С, а также при W=10 ... 15 и 25 ... 30% и более точное установление координат экстремума (что уменьшает объем экспериментальных работ, т. е. объем статистических данных).

Определение параметров регрессионных моделей производят преимущественно методом наименьших квадратов, методом главных компонент и их разновидностями.

Потребность в долгосрочном прогнозировании поведения сложных экологических систем вызвала создание третьего типа математического моделирования - имитационного, вобравшего в себя идеи первого типа и опыт построения второго типа моделей. Суть имитационного моделирования заключается в изучении сложной математической модели с помощью экспериментирования с моделью и обработке результатов этих экспериментов. Имитация позволяет воссоздавать причинно-следственные связи экологических явлений и процессов, предоставляя возможность не только теоретически изучать поведение сложных экосистем, но и исследовать альтернативные стратегии управления экологической ситуацией. При отсутствии точных формальных правил создаваемая модель не является единственной даже при одинаковых исходных данных.

Как отмечают ведущие специалисты по имитационному моделированию сложных экологических систем, разработка самой модели - только первый шаг. Не менее важным является организация комплекса программ, реализующих модель, структуру и механизм проведения машинных экспериментов. Поэтому правильнее говорить об имитационной системе: человеко-машинной системе, обеспечивающей проведение имитационных экспериментов в режиме диалога.

Назовем основные этапы создания имитационной системы:

1) формулирование задач изучения экологической системы и определение вектора состояния системы;

2) введение системного времени (временного шага), моделирующего ход времени в реальной экосистеме;

3) декомпозиция объекта исследования и построение блочной конструкции имитационной системы;

4) формирование законов и правдоподобных гипотез функционирования экосистемы в целом и по блокам;

5) разработка программ, реализующих блочные составляющие;

6) верификация блоков по фактическим (опытным) данным;

7) объединение блоков на базе стандартного или специально разработанного математического обеспечения;

8) верификация модели в целом и проверка ее адекватности с учетом мнении специалистов-экспертов;

9) планирование математических экспериментов;

10) анализ результатов машинного экспериментирования с пополнением исходного байка данных.

****

**Литература**

1.   Агроэкология / Черников В. А., Алексахин Р. М., Голубев А. В. и др. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

2. Вальков В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений. - М.: Агропромиздат, 1986.

3.   Биогеохимические основы экологического нормирования / Башкин В. Н., Евстафьева Е. В., Снакин В. В. и др. – М.: Наука, 1993 – С. 147-211.

4.   Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. (Печальный опыт России). – Новосибирск, СО РАМН, 2002. – 230 с.

5.   Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. шк., 1988. – 328 с.

6.   Глазовской Н. Ф. Современные подходы к оценке устойчивости биосферы и развитие человечества // Почвы. Биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды. К 100-летию со дня рождения. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 403 с.

7.   Гришина Л. А., Копцик Г. Н., Моргун Л. В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 82 с.

8.   Завилохина О. А. Экологический мониторинг РФ. 2002. http://www.5ballov.ru

9.Ковда В.А, Керженцев А. С. Экологический мониторинг: концепция, принципы организации // Региональный экологический мониторинг. – М.: Наука, 1983. – 264 с.

10.Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / Глазовская М. А., Касимов Н. С., Теплицкая Т. А. и др. – М.: Наука, 1989. - 264 с.

11.Мотузова Г. В. Содержание, задачи и методы почвенно-экологического мониторинга / Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 80-104.

12.Садовникова Л. К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. – М.: Высш. Шк., 2006. – 333 с.

13.Черныш А. Ф. Мониторинг земель. Минск: БГУ, 2003. – 98 с.

14.Чертко Н. К. Геохимическая структура ландшафтов // Геохимия биосферы: Доклады научной конференции. Москва, 15-18 ноября 2006 г. – Смоленск: Ойкумена, 2006. – 400 с.

15.Чупахин В. М. Экологические аспекты современного использования и роль комплексного мониторинга в оптимизации природно-антропогенных систем / Природно-антропогенные системы.–М.:МФГО СССР, 1989.–С. 3-30.