

Введение

Рост антропогенной нагрузки на окружающую среду во второй половине XX века привел к обострению многих экологических проблем. Возможные перспективы их решения связаны с реализацией концепции "устойчивого развития" - стабильного сосуществования человечества и природы [80, 112, 118, 183, 185 и др.]. Важные элементы данной концепции - сохранение и воспроизводство ресурсной базы сельского хозяйства, оптимизация применения средств химизации земледелия, улучшение структуры землепользования на основе объективной характеристики агроэкологической ситуации. Это требует: а) разработки алгоритмов оценки устойчивости экосистем, б) изучения закономерностей их динамики, в) совершенствования методики оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), включающей эколого-экономический прогноз [147 - 148]. Ведущая роль в перечисленных исследованиях принадлежит количественным методам. Следует подчеркнуть роль системного анализа как основного инструмента исследования геоэкологических систем различного уровня, когда проведение широкомасштабных натурных исследований и экспериментов зачастую невозможно или затруднено [153]. Выпущенная в 1997 году Международным институтом прикладного системного анализа (IIASA, Laxenbourg, Austria) библиография насчитывает более 50 000 публикаций за последние 25 лет, что свидетельствует о постоянно растущем интересе к этим вопросам.

В данной работе рассматривается текущее состояние исследований в области применения информационных технологий и математического моделирования для решения преимущественно агроэкологических задач и оптимизации природопользования. Проведен анализ количественных методов описания динамики экологических систем, показаны возможности агроэкологических моделей при составлении агроэкологических прогнозов.

Методология моделирования и классификация агроэкологических моделей

Идея моделирования заключается в замещении изучаемого объекта его аналогом. Информационные модели представляют характеристики объекта в виде данных в некой системе. Математические - формализуют закономерности динамики объекта в виде численных соотношений. При этом реализуется фундаментальное понятие наблюдаемости, которое можно трактовать как возможность для внешнего наблюдателя получать информацию о прошлом состоянии объекта, на ее основе предвидеть его поведение в будущем и управлять им [75, 98, 119 и др.].

Описание динамики природных объектов опирается на представления об их системной организации. Системный подход к решению проблем природопользования предполагает комплексное изучение протекающих в ландшафтно-географической среде процессов. Решение данной задачи невозможно без привлечения методов прогнозирования. Математическое моделирование - один из основных инструментов системного анализа, позволяющий в ряде случаев избежать трудоемких и дорогостоящих натурных экспериментов. На основе результатов прогнозирования динамики геосистем решаются вопросы рационального применения удобрений и средств защиты растений,

проведения комплексной мелиорации и окультуривания полей, оптимизации структуры землепользования и другие [150]. Ведутся исследования в области организации "ландшафтного земледелия" - оптимизации сельскохозяйственного использования земель в зависимости от местных условий (рельефа, климата, почвенных условий, размещения других хозяйственных объектов) [8, 50, 54, 83, 158].

Диапазон и масштаб моделируемых процессов крайне велик - от глобальной экологии до прогнозирования динамики отдельных компонентов агроценозов, поэтому при классификации экологических моделей могут быть использованы различные подходы. Многие авторы выделяют статические и динамические модели [9, 39, 144]. Статические модели формализуют связь между показателями без учета переменной времени. Динамические модели используются для оценки явлений в развитии [15]. Функциональные модели отличаются от эмпирических тем, что учитывают механизм процесса. Это позволяет использовать их для прогноза не наблюдавшихся ранее состояний объекта [144, 153]. Различие между стохастическими и детерминированными моделями следует из их названия. При описании неопределенных процессов в природных системах (агрометеорологические условия, миграция веществ по профилю почв, трансформация пестицидов, выделение границ почвенных ареалов, возникновение вспышек болезней растений, динамика численности вредителей и иных) более предпочтительно использовать вероятностные подходы [34, 42, 109, 144]. Важнейшей задачей моделирования является прогнозирование и управление объектом, выделяются модели без управления и оптимизационные (с участием одной или нескольких сторон) [39].

Наиболее часто применяются: статистические, модели математической физики (диффузные), балансовые динамические, матричные модели, модели теории исследования операций, частные модели типа "ресурс-потребитель" и аналогичные им, а также целая группа дискретных математических моделей.

Статистические модели агроэкосистем

Статистические модели строятся при допущении, что исследуемый процесс случаен и может быть изучен с помощью статистических методов анализа систем [69]. Они включают: эмпирические- и динамические статистические модели, корреляционный и факторный анализ, многомерное шкалирование, анализ временных рядов. Для снижения размерности статистических моделей используется ряд методов, например выделение главных компонент в регрессионных уравнениях и гармонических рядах.

В истории разработки статистических моделей продуктивности агроценозов можно выделить несколько этапов: по обобщенным агроклиматическим показателям; эмпирическим уравнениям регрессионного типа; динамико-статистическим и физико-статистическим моделям; комплексным имитационным моделям [102].

Методы прогнозирования урожаев, основанные на учете агроклиматических ресурсов региона разрабатывались в агрометеорологии. Для оценки потенциальной продуктивности используются величины баланса фотосинтетически активной радиации (ФАР), а также комплексные показатели - биоклиматический и гидротермический потенциалы продуктивности (БКП, ГТП) [93].

Эмпирические модели продуктивности агроценозов в основном представлены так называемыми производственными функциями. Они представляют регрессионные уравнения, связывающие конечный результат (урожай и показатели его качества) с действующими величинами. К производственным функциям предъявляется ряд требований: модель должна учитывать основные факторы, оказывающие влияние на урожай; охватывать широкий диапазон их значений; аппроксимирующая функция должна максимально соответствовать реальным биологическим закономерностям [47, 56, 115]. Важный вклад в создание эмпирических моделей продуктивности внесли работы Т.И. Ивановой, А.П. Федосеева, И.М. Стребкова, Е.С. Улановой и других исследователей [47, 49, 51, 64, 72, 132, 139, 148].

К эмпирико-статистическим (регрессионным) относятся многие модели почвенной эрозии (Универсальная модель потерь почвы USLE или ее модификация - RUSLE), модели WEPP, CREAMS, Государственного гидрологического института) [30, 60 - 62, 120, 169 - 171, 180, 184 и др.]. Эмпирико-статистические модели применяются в фитопатологии для описания динамики эпифитотий [161].

Динамические модели предназначены для прогнозирования и оперативного управления производственным процессом с учетом складывающейся агрометеорологической обстановки. В основе динамического моделирования - описание системы с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, параметры которых определяют по эмпирическим данным. Известны динамические модели формирования урожая Г.Е. Листопада, А.А. Климова, О.Д. Сиротенко и другие [5, 23, 85, 92, 99, 104, 105, 102, 148], диагностики минерального питания растений [38, 92, 126, 127, 162, 176], накопления и распада поллютантов в агроэкосистемах (пестицидов, нефтепродуктов [1, 18, 53, 84], радионуклидов [103, 142, 143]), процессов в мелиорируемых почвах [2 - 3, 91].

Физико-статистические модели рассматривают систему как совокупность взаимодействующих элементов со случайными свойствами. В модель вводится функция распределения показателей состояния и глобальная характеристика взаимодействия компонентов (энтропия, энергия или вещественный результат). Область применения рассматриваемых моделей ограничивается описанием неструктурированных гомогенных систем, когда необходимо оценить воздействие многих факторов на результирующий признак [90, 101, 152]. Примером реализации данного подхода служат модели В.П. Дмитренко и В.А. Бровкина. В них урожай культур рассматривается как эмпирическая функция отклонения факторов среды (параметров агрохимической характеристики, влагозапасов, температуры воздуха) от оптимальных значений [16, 37, 148]. К физико-статистическим относятся и так называемые марковские модели [153]. Они представляют развитие системы в виде разветвленной сети состояний. Вероятности переходов в общем случае могут зависеть не только от текущего положения системы, но и от того, как система достигла его.

Комплексные имитационные модели призваны повысить адекватность агроэкологических прогнозов за счет качественно более полного использования эмпирических данных. Имитационные модели призваны формализовать с помощью ЭВМ любые эмпирические сведения об объекте. Причинно-следственные связи в имитационных моделях прослеживаются не до конца. Это позволяет анализировать системы в условиях большой размерности и неполной информации об их строении, более результативно использовать знания предметной области. Структура имитационных систем, как правило, включает аналитическое описание объекта, блоки экспертных оценок, имитации и обработки результатов вычислительного эксперимента [33, 69, 97, 153].

Показано, что при построении моделей геозкосистем регионального уровня наибольший эффект достигается использованием следующих классических свойств сложных систем [147, 150, 152]:

1) Сложным системам свойственно скачкообразно изменять свое поведение, переходя из одного квазистационарного состояния в другое.

2) Для характеристики сложной системы достаточно оценить некую группу ее свойств (системообразующих факторов), которые важны с точки зрения функционирования системы более высокого уровня. Их количественные оценки будут интегральными показателями основных, наиболее важных свойств системы, характеризующих ее состояние в целом.

Формализацией подобного поведения может быть дискретная схема, действующая по типу: критерий (интегральный показатель) > состояние (тип) + воздействие > отклик (изменение состояния). Абстрактное понятие "состояние" соответствует понятию "типа" (например, в географии, почвоведении), а изменение объекта (например, биогеоценоза) во времени представляется как переход от одного типа к другому.

Теоретически обоснована и построена общая концепция, позволяющая математически интерпретировать сущность интегральных показателей при имитации динамики гео- и агроэкологических систем и предложен алгоритм их построения: для климата, агрометеорологических условий, почвы и иных блоков. Специальными методами решена некорректная задача оценки численных значений параметров различных блоков. Выбраны и программно реализованы методы управляющих параметров в алгебро-дифференциальных уравнениях с "жесткой" структурой при их интегрировании.

Эти разработки использованы в Автоматизированной системе регионального экологического прогноза (АСРЭП) [147]. Она предназначена для оценки изменения состояния растительности (в том числе лесов и сельскохозяйственных культур), почв, запасов и качества грунтовых вод, гидросети, загрязненности природно-территориальных комплексов (ПТК) размером от 50 до 5 000 кв. км. Рассматриваются воздействия различных поллютантов (промышленных, пестицидов, радионуклидов и иных), вырубки лесов, изменение земельного фонда, внесение удобрений, поливы, лесопосадки, выпас скота, водозаборы, дренаж, различные мелиорации, изменения характеристик гидросети в

результате инженерной деятельности, межрегиональные влияния, тенденции смены климатических и погодных условий. Дается прогноз состояния возобновимых ресурсов сроком от 3 до 60 лет и оценивается ретроспектива развития ситуации; прослеживается динамика более трехсот параметров, характеризующих природную среду.

С помощью АСРЭП можно осуществлять информационную поддержку управления продуктивностью сельского хозяйства и проводить оценку воздействия на окружающую среду. Система сертифицирована органами государственного управления, рекомендована к использованию и широко применяется для решения практических задач, в том числе при экологическом обосновании стратегии развития земледелия в Центральном Черноземье на региональном уровне (Россия); для комплексного прогноза последствий аварии на Чернобыльской АЭС для сельского, водного и лесного хозяйства в загрязненных регионах (Белоруссия); для оценки воздействия на окружающую среду орошаемого земледелия в бассейне Арала (Туркмения) [147].

Распознавание образов (РО) - направление исследований, связанное с разработкой процедур определения принадлежности объекта к одному из заранее выделенных классов (образов) [69]. РО применяется для дешифрирования аэро- и космических фотоснимков, при дистанционной индикации почв. Дистанционная диагностика используется для идентификации очагов засоления, нефтяного загрязнения, содержания гумуса, исследования неоднородности почв и т.п. [2, 6, 12, 13, 21, 52]. Результаты диагностики используются при составлении экологических карт различного масштаба [149].

Анализ временных рядов - еще одна область применения статистических методов. Для прогноза периодических процессов по известному спектру частот используется фурье-анализ [41]. В агрометеорологии приняты расчеты многолетних циклов продуктивности агроценозов по повторяющимся астрономическим явлениям [139].

К статистическим моделям в агроэкологии можно также отнести банки данных, содержащие параметры статистических распределений показателей состояния почв (морфологических, химических, физических и других), а также результатов полевых агрохимических экспериментов [11, 28, 35, 36, 57, 63, 66, 90]. Имеется опыт использования агрохимических банков данных при построении моделей продуктивности агроценозов [49].

Динамические модели (модели математической физики, балансовые и иные)

"Диффузные" модели используют аппарат уравнений переноса (диффузии). Область их применения - расчет потоков вещества и энергии в относительно гомогенных или приближенных к ним средах. В почвоведении уравнения диффузии используются для расчета температурных, концентрационных и иных полей в почвенной массе [3, 4, 46, 48, 95, 96, 130 - 131]. Между тем, объекты со сложной внутренней структурой являются наиболее интересными для моделирования [153]. Адекватность расчетных оценок при работе с весьма сложной и гетерогенной средой, где параметры правой части

уравнений являются функциями времени и изменяются в трехмерном пространстве, достаточно низкая. Поэтому их использование ограничено преимущественно теоретическими задачами, а в сельскохозяйственной практике используются эмпирические зависимости [45, 81].

Балансовые модели описывают динамику систем как совокупность процессов переноса вещества и энергии. В качестве математического аппарата используются обыкновенные дифференциальные уравнения. Частным случаем являются так называемые компартментные модели. Они представляют объект в виде резервуаров (компартментов) и связующих их каналов [153].

Концептуально-балансовое (компартментное) моделирование имеет важное значение в изучении биологического круговорота элементов в почвоведении и геохимии. Модели геохимических циклов описывают миграцию и накопление зольных элементов в системе "почва-растение", формирование биомассы и изменение запасов органического вещества почвы [14]. Известны работы Н.И. Базилевич [10] по составлению комплексной модели биокруговорота для основных природных зон бывшего СССР.

Органическое вещество почв имеет ключевое значение в обеспечении буферности, устойчивости и безопасности агроэкосистем [31, 32, 88]. Предложенная И.М. Рыжовой [113 - 115] модель описывает баланс углерода в системе "почва-растение" с помощью системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Рассматривается изменение запаса гумуса в почве, подстилке, ежегодная продукция, скорости гумификации, минерализации растительных остатков и гумуса. Показано, что модель корректно описывает изменение содержания гумуса в зональных типах почв [94].

А.И. Морозов и В.О. Таргульян [89] предложили идеализированную модель процесса элювиально-иллювиальной дифференциации профиля почв и кор выветривания в кислых условиях. В основе модели - система дифференциальных уравнений, описывающая динамику разрушения минеральной части почвы и выноса органо-минеральных соединений вниз по профилю. Моделирование позволило воспроизвести основные кинетические характеристики процесса - константы диссоциации фульвокислот и величины устойчивости органо-минеральных соединений.

На основе балансовых расчетов построена глобальная модель эмиссии диоксида углерода почвами мира [58]. Показано, что в ближайшее время природный источник поступления CO₂ будет преобладать над техногенным. Поэтому процесс глобального потепления климата следует прежде всего связывать с разрушением органического вещества почв и их деградацией.

Ведутся работы по оценке устойчивости и безопасности агроэкосистем [18, 22, 25, 26, 27, 84, 86, 100, 124], прогнозированию последствий глобального изменения климата и химического состава природной среды [18, 19, 55 и др.]. Однако, результаты теоретических разработок (за исключением, радиационной безопасности), до сих пор не нашли отражение в критериях оценки реальных экологических ситуации и соответствующих нормативно-правовых документах [18].

Прогнозирование доступных растениям запасов почвенной влаги имеет важное значение в мелиоративных расчетах. Одним из используемых для этого подходов является послойно-балансовое моделирование. Е.М. Гусевым и О.Н. Насоновой [34] предложена методика определения влагозапасов на основе учета динамики составляющих водного баланса почвы в течение годового цикла.

Балансовые модели - основной инструмент изучения динамики гетерогенных систем, но они не способны передать смену их состояний и изменение кинетических характеристик [153]. Для этого предложены модели автоматного типа с дискретно-переменными скоростными коэффициентами [29, 44, 59, 68, 76, 82, 109 и др]. Другой особенностью комплексных систем является разнотемповость изучаемых процессов. Описывающие их системы дифференциальных уравнений получили название жестких. В последнее время для решения "жестких" систем предложены явные схемы с управляющими параметрами [71, 106 и др.].

Матричные модели представляют динамику объекта в виде последовательной смены состояний:

$$a(t+1)=A*a(t),$$

где a - вектор характеристик объекта, A -квадратная матрица воздействий, t - время.

В общем случае матрица A может быть переменной и ее элементы будут зависеть от времени. Матричные модели применимы, если динамика свойств объекта представима в виде линейной рекурсии. Это справедливо для квазистационарных состояний, когда режим функционирования системы не меняется [20, 40, 141, 159]. Рассматриваемый тип моделей используется преимущественно для описания динамики популяций в экологии популяций и фитопатологии [161].

Модели теории исследования операций (ТИО) решают задачу оптимального управления в условиях, когда доступные ресурсы ограничены, т.е. регламентированы значения переменных. Оптимизационные модели основа автоматизированного проектирования сельскохозяйственных технологий. Известны модельные разработки планирования хозяйственного использования земель в условиях радиоактивного загрязнения [43, 117, 142, 143], оптимизации агротехнологий по принципу "игр с природой".

Специфические индивидуальные модели служат для описания узкого круга процессов, например взаимодействий типа "хищник-жертва". Попытки их обобщения для прогнозирования динамики больших систем сталкиваются с существенными трудностями [87, 141, 153]. Популяционное моделирование используется в фитопатологии [161], эпизоотологии [134].

Информационное обеспечение агроэкологических моделей

Информационное обеспечение математических моделей включает системы поддержки принятия решений (СППР) [70, 73], геоинформационные системы (ГИС), системы управления базами данных (СУБД), системы основанные на знаниях (СОЗ) [67, 107, 154, 163, 164], автоматизированные системы управления (АСУ) [3, 4, 8], системы автоматизированного проектирования (САПР) [86], среды имитационного моделирования. Для персональных компьютеров и рабочих станций предложены системы, реализующие языки имитационного моделирования (SLAM II, GPSS, SIMULA, DINAMO) [68]. Для хранения и представления картографической информации используются геоинформационные системы (ГИС) [151]. В настоящее время в Российской Федерации ведется работа по созданию единого цифрового фонда общегеографических и тематических карт масштаба 1:10000-1:1000000, создан ряд региональных ГИС (Север, Байкал, Рязань) [24, 123, 129, 133, 149]. Версии для ПК имеют картографические системы: ARC/INFO, rMAP, IDIRSI (США), TERRASOFT, PAMAP, SPANS, COMPUGRID/STRINGS (Канада), CLIMEX (Австрия), SICAD (Германия) и другие. Имеется опыт использования электронных картографических материалов при составлении долговременных агроэкологических прогнозов.

Приобрели известность интегрированные банки моделей, где на единой методической основе обобщаются различные расчетные методы. Это существенно повышает эффективность агроэкологического прогнозирования.

Модель Polmod создана в ИСА РАН (авторы - И.Г. Малкина-Пых и Ю.А. Пых). Polmod объединяет блоки прогноза динамики запасов почвенного гумуса (Polmod.Hum), содержания пестицидов (Polmod.Pest) и радионуклидов (Polmod.Rad) в различных компонентах экосистем [77 - 79, 103].

Банк моделей плодородия ПЛОМОД (Почвенный институт им. В.В. Докучаева) объединяет модели плодородия почв агроценозов природных зон бывшего СССР. Систематизация моделей осуществлена на основе единой схемы почвенно-географического и природно-сельскохозяйственного районирования [7, 110 - 111].

Проект CAMASE, реализуемый под эгидой ЕС, предусматривает создание банка моделей плодородия, ориентированного на проектирование сельскохозяйственных технологий. Все модели банка (более 250) поддерживают единый формат представления данных и взаимодействия с геоинформационной системой (ГИС) [183].

Заключение

Количественное описание динамики агроэкосистем связано с трудностями методического, информационного и алгоритмического характера. Методические проблемы вызваны несовершенством средств и методов агроэкологических исследований. Информационные проблемы связаны с трудностями обобщения экспериментальных данных, алгоритмические создания математических моделей агроэкосистем на основе результатов натурных исследований. Использование агроэкологических моделей имеет ряд особенностей: экстраполяция прогнозных оценок в ряде случаев затруднена, хотя интерполяция может выполняться с требуемой точностью. Предъявляются особые требования к экспериментальному обеспечению: данные должны быть собраны за сравнительно короткий срок по единой методике. Вызывает трудности оценка качественных величин. Это заставляет совершенствовать средства прогнозирования и принципы интерпретации его результатов. В идеальном случае при принятии конкретных решений на практике могут найти применение практически все рассмотренные выше типы моделей.

Литература

1. Агапов В.И. Динамика, пространственное распределение и моделирование содержания симазина в почве. Автореф. дисс. канд. биол. наук. -М.: МГУ, 1985. -24 с.
2. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного баланса орошаемых земель. -М.:Агропромиздат, 1985. -235 с.
3. Айдаров И.П. Экологические проблемы мелиорации засоленных земель // Почвоведение, 1995, N 1. -с.с. 93-99.
4. Алиев Т.А., Новиков В.Н., Найда А.И. Автоматизированная система управления уровнем грунтовых вод на осушительно-увлажнительных системах // Вестник РАСХН, 1996, N 5. -с.с. 47-50.
5. Амелин А.А. Новый методологический подход в исследованиях азотного обмена // 2-я Открытая городская конференция молодых ученых города Пущино. Тезисы докладов. -Пущино, 1997. -с.с. 217-218.
6. Андроников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. М.: Колос, 1979. -280 с.
7. Аннотированный перечень моделей в автоматизированном банке "Пломод". М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1995. Вып. 3. -116 с.
8. Антипова Т.И., Решеткина Н.И. Экологические принципы агро-мелиорации // Вестник РАСХН, 1995, N3. -с.с. 42-47.
9. Багоцкий С.В., Базикин А.Д., Монастырская Н.П. Математические модели в экологии. Библиографический указатель отечественных работ. -М.: ВИНТИ, 1981. -226 с.
10. Базилевич Н.И., Гребенщикова О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. -М.: Наука, 1986. -296 с.
11. Белобров В.П., Рожков В.А., Столбовой В.С. База данных о структурах почвенного покрова для их классификации // Почвоведение, 1993, N 7. -с.с. 83-88.
12. Биосфера: Методы и результаты дистанционного зондирования / К.Я. Кондратьев, В.В. Коходеров, П.П. Федченко, А.Г. Топчиев. -М.: Наука, 1990. -224 с.
13. Богатырев Б.Г., Кириленко А.П., Тарко А.М. Пространственно распределенные модели биосферы. -М.: ВЦ АН СССР, 1988. -22с.
14. Богатырев Л.Г., Рыжова И.М. Биологический круговорот и его роль в почвообразовании. -М.: Изд-во МГУ, 1994. -80 с.
15. Бондаренко Н.Ф., Жуковский Е.Е., Мушкин И.Г. Моделирование продуктивности агроэкосистем. -Л.: Гидрометеиздат, 1982. -142 с.
16. Бровкин В.А., Денисенко Е.А., Шульгин Е.А. Моделирование конечной продуктивности агроценозов на основе функции состояния системы "агроценоз-внешняя среда" // Журнал общей биологии, 1991, т. 52, N 6. -с.с. 855 - 862.
17. Бровинский П.А. Прогнозирование продуктивности зерновых культур с использованием динамической модели // Сибирский экологический журнал, 1995, N6. -с.с. 456-460.
18. Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы. -СПб.: Наука, 1997. -247 с.
19. Величко А.А., Карпачевский Л.О., Морозова Т.Д. Влагозапасы в почвах при глобальном потеплении климата, опыт прогнозирования на примере Восточной Европы // Почвоведение, 1995, N 8. -с.с. 933-942.
20. Виленкин Б.Я. Взаимодействующие популяции // Математическое моделирование в экологии. -М.: Наука, 1978. -с.с. 5-16.
21. Виноградов Б.В. Дистанционная индикация засоленных почв. // Почвоведение, 1996, N 11. с.с. 1352-1360.
22. Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв / Под ред. Л.А. Гришиной. -М.: Изд-во МГУ, 1990. -205 с.
23. Войтович Н.В. Плодородие почв Нечерноземной зоны и его моделирование. -М.: Колос, 1997. -388 с.
24. Воробьев С.Н., Изерская Л.А. Рюмкин А.И., Добрынина Н.В. Электронная почвенная карта Томской области // Почвоведение, 1996, N 7. -с.с. 830 - 832.
25. Географическое прогнозирование и охрана природы. / Под ред. Т.В. Звонковой и Н.С. Касимова. -М.: Изд-во МГУ, 1990. -177 с.
26. Глазовская М.А. Качественные и количественные методы оценки сенсорности и устойчивости природных систем к техногенным воздействиям // Почвоведение, 1994, N 1. -с.с. 134-140.
27. Глобальное потепление: Доклад Гринпис / Под ред. Дж. Леггета. Перевод с англ. -М.: МГУ, 1993. -272 с.
28. Горячкин С.В. Моделирование генезиса и эволюции почвенного покрова. // Почвоведение, 1996, N 1. -с.с. 89-98.
29. Грабовский В.И. Клеточные автоматы, как простые модели сложных систем // Успехи соврем. биол., 1995, т. 115, N 4. -с.с. 412-419.
30. Григорьев В.Я., Сидорчук А.Ю. Прогноз дождевой эрозии тундровых почв полуострова Ямал. // Почвоведение, 1995, N3. -с.с. 351-357.
31. Григорьева Е.Е. Гумус дерново-подзолистых почв. -М.: ЦИНАО, 1995. -73с.
32. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусовое состояние почв. -М.: Изд-во МГУ, 1986. -243 с.
33. Грязнов В.П., Гришин Н.Н. Разработка компьютерной системы "Экоterra" для учета экологического фактора при выработке решений //Экол. основы оптимизации урбан. и рекреацион. среды: Тез. докл. межд. раб. совещ. Тольятти: 1992, 30 мая - 2 июня. -с.с. 33-36.
34. Гусев Е.М., Насонова О.Н. Моделирование годовой динамики влагозапасов корнеобитаемого слоя почвы для агроэкосистем степной и лесостепной зон // Почвоведение, 1996, N 10. -с.с. 1195-1202.
35. Давлятин И.Д., Беспяева Р.С., Черныцына Л.Н. Статистические параметры содержания гумуса в черноземах обыкновенных Северного Кавказа // Почвоведение, 1996, N 2. -с.с. 208-212
36. Демин А.П. Оценка природных ресурсов зоны хлопководства методом факторного анализа // Вестник с.-х. науки, 1990, N 10. -с.с. 34-40.
37. Денисенко Е.А., Полянок С.П., Семенов М.А. Модель агроценоза яровой культуры. -М.: ВЦ АН СССР, 1988. -28 с.
38. Деревянко А.Н. Погода и качество зерновых культур -Л.: Гидрометеиздат, 1989. -127 с.
39. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М.: Мир, 1981. -256 с.

40. Дикусар В.В. Методы теории управления при численном интегрировании обыкновенных дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения, 1994. Т. 30, N 12. -с. 2116-2121.
41. Дмитриев А.А. Алгоритм прогноза по известному спектру частот // Вопросы агроэкологического прогнозирования // Науч.-техн. бюл. /РАСХН. Сиб. отд-е. СибНИИЗХим. -Новосибирск, 1991. Вып. 5. -с. 33-37.
42. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. -М.: Изд-во МГУ, 1995. -320 с.
43. Ефремычев В.А., Купчиненко А.В., Сухорукова Н.В. Эколого-экономические аспекты использования загрязненных радиацией земель. / Вестник РАСХН, 1996, N3. -с. 32-34.
44. Жирмунский А.В., Кузьмин В.И. Критические уровни в развитии природных систем. Д: Наука, 1990. -250 с.
45. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. -М.: Изд-во МГУ, 1996. -384 с.
46. Зейлигер А.М., Тамари С. Способы формального представления гидрофизических характеристик водоудерживания и влагопроводности почв. // Почвоведение, 1995, N 2. -с. 192-199.
47. Иванова Т.М. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. -М.: Агропромиздат, 1989. -235 с.
48. Икконен Е.Н., Толстогузов О.Н. Диффузия углекислого газа в торфяной почве верхового болота // Почвоведение, 1996, N 7. -с. 868-872.
49. Искандарян Р.А. Прогнозирование продуктивности агроценозов с использованием банков данных полевых опытов. // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам "Ломоносов 98". Тезисы докладов. Почвоведение. -М.: Изд-во МГУ, 1998. -с. 34-35.
50. Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швецб Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. М.: Колос, 1994. -128 с.
51. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. -М.: Агропромиздат, 1989. -318 с.
52. Керженцев А.С. Изменчивость почвы в пространстве и во времени -М.: Наука, 1992с. -108с.
53. Киреева Н.А., Водопьянов В.В. Математическое моделирование микробиологических процессов в нефтезагрязненных почвах. // Почвоведение, 1996, N 10. -с. 1222-1226.
54. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. -М.: Колос, 1996. -367с.
55. Кислов А.В., Суркова Г.В. О модели регионального климата // Метеорология и гидрология, 1995, N5. -с.23-31.
56. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. -М.: Статистика, 1978. -218 с.
57. Крупенников И.А., Любченко М.А., Махлин Т.Б., Шилихина Н.Н., Энтензон М.М. Статистические параметры состава и свойств почв Молдавии. -Кишинев: Штиинца, 1981. -252 с.
58. Кудряев В.Н., Касимов Ф.И., Деева Н.Ф., Ильина А.А., Кузнецова Т.В., Тимченко А.В. Оценка дыхания почв России. // Почвоведение, 1995, N 1. -с. 33-42.
59. Кудряев В.Б., Алешин С.В., Подколзин А.С. Введение в теорию автоматов. -М.: Наука, 1985. -320 с.
60. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. -М.: Изд-во МГУ, 1996. -335 с.
61. Кузнецов М.С., Пушкарева М.М., Флесс А.Д., Литвин Л.В., Блохин Е.Л., Демидов В.В. Прогноз интенсивности водной эрозии и миграции радионуклидов в загрязненных районах Брянской обл. // Почвоведение, 1995, N 5. -с. 617-625.
62. Кузнецов М.С., Рожков А.Г., Глазунов Г.П. Современное состояние и перспективы развития исследований по защите почв от эрозии в России. // Почвоведение, 1994, N 4. -с. 53-57.
63. Кузьмин В.А., Башалханов И.А. Статистический анализ состава подзолистых почв Ангаро-Лено-Байкальского района. // Почвоведение, 1993, N 8. -с. 31-38.
64. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. -М.: Агропромиздат, 1990. -219 с.
65. Кулаковская Т.Н. Балльная оценка продуктивности зерновых культур. -М., 1987. -28 с.
66. Куликов А.И., Л.В. Андрианова, Т.П. Нихилеева. Статистические модели строения и свойств почв Забайкалья и их численная классификация для прикладных целей (на примере гидротермических параметров). -Улан-Уде, 1993. -62 с.
67. Кульков О.В., Петрова М.В. Обеспечение измерительной информацией и средствами измерения компьютерных систем. // Вестник РАСХН, 1996, N 1. -с. 23 - 25
68. Курковский А.П., Прицкер А.А.Б. Системы автоматизации в экологии и геофизике: Методология проектирования и оценка архитектурных решений на основе методов имитационного моделирования. -М.: Наука, 1995. -238 с.
69. Лапко А.В., Крохов С.В., Ченцов С.И., Фельдман Л.А. Обучающиеся системы обработки информации и принятия решений. -Новосибирск: Наука, 1996. -284 с.
70. Ларичев О.И., Мошкочев Е.М. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений. -М.: Наука, Физматлит, 1996. -208 с.
71. Лебедев В.И. Как решать явными методами "жесткие" системы дифференциальных уравнений // Вычислительные процессы и системы. -М.: Наука, 1991. Вып. 8. -с. 237-291.
72. Литвак Ш.И. Системный подход к агрохимическим исследованиям. -М.: Агропромиздат, 1990. -220 с.
73. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта: Пер. с франц. -М.: Мир, 1991. -568 с.
74. Лунев М.И. Моделирование и прогнозирование поведения пестицидов в окружающей среде: Обзорная информация. -М.: ВНИИЭИ, 1988. - 58с.
75. Ляпунов А.А., Багриновская Г.П. О методологических вопросах математической биологии. // Математическое моделирование в биологии. -М., 1975. -с. 5-19.
76. Малинецкий Т.Г., Шакаева М.С. Клеточные автоматы в математическом моделировании и обработке информации. // Препр/ Ин-т прикладной математики РАН, 1994, N 57. -с. 1-33.
77. Малкина-Пых И.Г. Модель формирования гумуса в естественных и сельскохозяйственных экосистемах // Почвоведение, 1995, N 7. -с. 902-914.
78. Малкина-Пых И.Г., Пых Ю.А. POLMOD.HUM - модель динамики гумуса в естественных экосистемах, при сельскохозяйственном использовании почв и в глобальных изменениях климата. М., 1994. -84 с.
79. Малкина-Пых И.Г., Пых Ю.А. Модель миграции пестицидов в элементарной экосистеме. М.:ИНЭКО, 1992. -72 с.
80. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. -М.: Наука, 1982. -319 с.
81. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. -М.: Агропромиздат, 1989. -383с.
82. Математическая кибернетика и ее приложения к биологии / Под ред. Л.В. Крушинского, С.В. Яблонского, О.Б. Лупанова. -М.: Изд-во МГУ, 1987. -146 с.
83. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. -М.: Колос, 1993. -415 с.
84. Мирцхулава Ц.Е. Надежности функционирования агроэкологических систем // Вестник с.-х. науки, 1990, N 12. -с. 80-83.
85. Моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур / Под ред. Фриза Ф-де. -Л.: Гидрометеиздат, 1986. -320 с.
86. Моделирование управления плодородием почв в системах земледелия (принципы и подходы): Методические рекомендации /РАСХН. Сиб. отд-е. СибНИИЗХим.-Новосибирск, 1994. -28 с.
87. Молчанов А.М. Математические модели в экологии. Роль критических режимов. // Математическое моделирование в биологии. -М., 1975. -с. 133-142.
88. Морозов А.И., Самойлова Е.М. О Методах математического моделирования динамики гумуса. // Почвоведение, 1993, N 6. -с. 24-32.

89. Морозов А.И., Таргульян В.О. Идеальная модель развития элювиального горизонта в почвах и корах выветривания. // Почвоведение, 1995, N 7. -с. 897-903.
90. Назир Н.А., Хитров Н.Б., Чижилова Н.П. Статистическая характеристика свойств почв, влияющих на произрастание шафрана в Кашмире. // Почвоведение, 1995, N 1. -с. 226-238.
91. Николаева С.А., Розов С.Ю. Моделирование процессов ионного обмена в орошаемых черноземах Предкавказья. // Почвоведение, 1994, N 6. -с. 54-59.
92. Новиков А.И. Планирование, моделирование и оптимизация процессов диагностики состояния почв и растений на основе автоматизированных систем. -СПб: АФИ, 1994. -36 с.
93. Образцов А.С. Системный метод: применение в земледелии. М.: Агропромиздат, 1990. -303 с.
94. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. -244 с.
95. Пачепский Я.А. Математические модели процессов в мелиорируемых почвах. -М.: Изд-во МГУ, 1992. -85 с.
96. Пачепский Я.А. Математические модели физико-химических процессов в почвах. -М.: Наука, 1992. -120 с.
97. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. Л.: Гидрометеиздат, 1991. -217 с.
98. Петросян Н.А., Захаров В.В. Введение в математическую экологию. -Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. -222 с.
99. Полевой А.Н., Хохленко Т.Н. Моделирование формирования урожая сельскохозяйственных культур в условиях орошения черноземов Приднестровской провинции. // Почвоведение, 1995, N 12. -с. 1518-1524.
100. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв: Учеб. пособие /Под ред. Д.С. Орлова, В.Д. Васильевской. -М.:Изд-во МГУ, 1994. -272 с.
101. Природа моделей и модели природы /Под ред. Д.М. Гвишиани, И.Б. Новика, С.А. Петрова. -М.:Мысль, 1986. -270 с.
102. Прохорова З.А., Фрид А.С. Изучение и моделирование плодородия почв на базе длительного полевого опыта. -М.: Наука, 1993. -189 с.
103. Пых Ю.Г., Малкина-Пых И.Г. ПОЛМОД (версия 1.0)-Модель миграции загрязняющих веществ в элементарной экосистеме (На примере радионуклида Sr90). -М., 1992, -63 с.
104. Разжевайкин В.Н., Шпитонков Г.Ю., Мальцев Г.Ю. Моделирование метаболических процессов, связанных с факторами среды. -М.: ВЦ РАН, 1994. -19 с.
105. Разжевайкин В.Н., Шпитонков М.И. Вопросы эволюционного моделирования в задачах корреляционной адаптометрии. М.:ВЦ РАН, 1995 -38с.
106. Ракитинский Ю.В., Устинов Ю.М., Ченоруцкий И.Г. Численные методы решения жестких систем. -М.: Наука, 1979. -258 с.
107. Рассолов Б.К., Агарков В.В., Топоров В.И. Экспертная система оценки воздействия погодных условий на формирование урожая с.-х. культур. // Вестник с.-х. науки, 1990, N 12. -с. 34-36.
108. Региональные экологические информационно-моделирующие системы (отв. ред. Ф.Г. Унгер). -Новосибирск: Наука, 1993. -132 с.
109. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам / Пер. с англ. А.М. Раппопорта, С.И. Травкина. Под ред. А.И. Теймана. -М.:Наука, 1986. -496 с.
110. Рожков В.А. Почвенная информатика. -М.: Агропромиздат, 1989. -221 с.
111. Рожков В.А., Рожкова С.В. Почвенная информатика. -М.: Изд-во МГУ, 1993. -189 с.
112. Романова Э.П., Куракова Л.И., Ермаков Ю.Г. Природные ресурсы мира. -М.: Изд-во МГУ, 1993. -304 с.
113. Рыжова И.М. Анализ гумусонакопления в зональных природных экосистемах на основе нелинейной модели // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1991, N 1. -с. 25-33.
114. Рыжова И.М. Анализ чувствительности системы почва-растительность к изменениям параметров круговорота углерода на основе математической модели // Почвоведение, 1993, N 10. -с. 52-56.
115. Рыжова И.М. Математическое моделирование почвенных процессов. М.: Изд-во МГУ, 1987. -86 с.
116. Свиричев Ю.М. О математических моделях биологических сообществ и связанных с ними задачах управления и оптимизации. // Математическое моделирование в биологии. М., 1975. -с. 30-53.
117. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Алексахина Р.М., Корнеева Н.А. -М.: Экология, 1992. -45 с.
118. Сельскохозяйственное производство: некоторые подходы к системному моделированию устойчивости развития и экологических последствий (по материалам IIASA): Обзор / Лещенко Л.Л. -Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1990. -22 с.
119. Сельскохозяйственные экосистемы /Пер. с англ. А.С. Каменского, Ю.А. Смирнова, Э.Е. Хавкина, Под ред. Л.О. Карпачевского - М.:Агропромиздат, 1987. -223 с.
120. Сидорчук А.Ю., Колосов В.Н. Калибровка моделей почвенной эрозии на основе изучения выпадающих из атмосферы радионуклидов. // Почвоведение, 1995, N 7. -с. 862-869.
121. Сизов А.П., Хомяков Д.М., Хомяков П.М. Проблемы борьбы с загрязнением почв и продукции растениеводства. -М., 1990. -51 с.
122. Силин А.Д. О смене парадигмы в методологии математического моделирования динамических процессов в земледелии // Вестник РАСХН, 1994, N 1. -с. 40-42
123. Симакова М.С., Тонконогов В.Д., Шимов Л.Л. Почвенные ресурсы Российской Федерации. // Почвоведение, 1996, N 1. -с. 77-88.
124. Смагин А.В. К теории устойчивости почв // Почвоведение, N 12. -с. 26-34.
125. Соколов М.С., Галиулин Р.В. Микробиологическое самоочищение почвы от пестицидов: Обзорная информация. -М.: ВНИИТЭИ, 1987. -44 с.
126. Соколов О.А., Амелин А.А., Козлов М.Я, Кирикой Я.Т. Модель поведения минерального азота в почве. // Почвоведение, 1995, N1. -с. 56-62.
127. Соколов О.А., Семенов В.М. Методология оценки азотного питания сельскохозяйственных культур // Агрохимия, 1994, N 9. -с. 137-149.
128. Соловьев Г.А. Агрохимические условия питания растений и биосинтез витаминов. М.: Изд-во МГУ, 1985. -103 с.
129. Столбовой В.С., Савин И.Ю. Опыт использования технологии SOTER для создания цифровой базы данных почв и суши России // Почвоведение, 1996, N 11. -с. 1295 - 1302.
130. Стотланд Д.М. Математическое моделирование влажностного режима в оттаивающих почвах и торфяниках // Почвоведение, 1996, N 9. -с. 1124-1133.
131. Стотланд Д.М. Прогнозирование теплового режима и глубины промерзания почвы, грунтов и торфяников // Почвоведение, 1995, N 9. -с. 1101-1108.
132. Стребков И.М., Кирикой Я.Т., Халанская Т.П. Методическое руководство по использованию принципов системного подхода в агрохимических исследованиях действия удобрений. -М., 1988. -70 с.
133. Тазыбаев М.Г., Рюмкин А.И., Рудченко В.В. Опыт использования геоинформационных систем в почвоведении // Почвоведение, 1996, N 12. -с. 1530-1534.
134. Таршис М.Г., Константинов В.М., Богомолова М.Г. Математические модели эпизоотического процесса: Обзорная информация. -М.: ВНИИТЭИ, 1987. -60с.
135. Тооминг Х.Г. Математическое моделирование продуктивности посевов сельскохозяйственных культур // Вестник с.-х. науки, 1991, N 11. -с. 45-53.
136. Топчиев А.Г. Аэрокосмический мониторинг наледных геосистем: методология и практика. Автореф. дисс. докт. техн. наук., - М.:ЦНИИГАИК, 1993. -46с.
137. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере / Под ред. В.Э. Фигурнова. -М.: ИНФРА-М, Финансы и статистика, 1995. -384 с.

138. Тютюнников А.И., Борзенков В.А. Основные принципы и методические подходы к энергетической оценке эффективности реализации материально-технических ресурсов и технологий в сельском хозяйстве. -М., 1995. -92 с.
139. Уланова Е.С., Забелин В.Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. -Л.: Гидрометеиздат, 1990. -206с.
140. Урикова Н.В. Концепция равновесия экосистемы планеты // Севастоп. гос. техн. ун-т. -Севастополь, 1995. -60 с.
141. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. -М.: Изд-во МГУ, 1980. -462 с.
142. Фесенко С.В., Санжарова Н.И., Алексахин Р.М., Спиридонов С.И. Изменение биологической доступности ¹³⁷Cs после аварии на ЧАЭС. // Почвоведение, 1995, N 4. -с. 508-513.
143. Фесенко С.В., Яцало Б.И., Спиридонов С.И. Применение математических моделей в радиоэкологии. // Вестник РАСХН, 1996, N4. -с. 29-31.
144. Франс Дж., Торнли Дж. Х.М. Математические модели в сельском хозяйстве / Пер. с англ. А.С. Каменского; под ред. Ф.И. Ерешко. Предисл. Ф.И. Ерешко и А.С. Каменского. -М.: Агропромиздат, 1987. - 400с.
145. Хабиров И.С. Применение кинетических методов для оценки трансформации азота в почве // Почвоведение, 1993, N 12. сс. 112-119.
146. Хомяков В.Н. Объективная оценка состояния агроценоза. -Л.: Гидрометеиздат, 1989. -175 с.
147. Хомяков Д.М. Имитационное моделирование влияния абиотических факторов на гео- и агроэкосистемы для экологической экспертизы и управления продуктивностью земледелия // Автореф. дисс. докт. техн. наук. -М.: ИПУ РАН, 1995. -42 с.
148. Хомяков Д.М. Оптимизация системы удобрений и агрометеорологические условия. -М.: Изд-во МГУ, 1991. -86 с.
149. Хомяков Д.М. Экологическое картографирование для решения практических задач землепользования и агрохимии // Геодезия и картография, 1997, N 1. -с. 39-43.
150. Хомяков Д.М., Искандарян Р.А. Информационные технологии и математическое моделирование в задачах природопользования при реализации концепции устойчивого развития // Экологические и социально-экономические аспекты развития России в условиях глобальных изменений природной среды и климата. -М.: Геос, 1997. -с. 102-119.
151. Хомяков Д.М., Молдаванов О.И., Косырева С.В. Совершенствование информационных технологий при оценке воздействий на окружающую среду для объектов нефтегазового комплекса // Строительство трубопроводов, 1996, N 3. -с. 30-32.
152. Хомяков Д.М., Хомяков П.М. Моделирование влияния антропогенных и метеорологических факторов на агроценозы. М.: Изд-во МГУ, 1995. 80 с.
153. Хомяков Д.М., Хомяков П.М. Основы системного анализа. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та. МГУ, 1996. -107 с.
154. Швецова И.А. Экспертная система почвозащитной технологии возделывания с.-х. культур // Вестник РАСХН, 1995, N 2. -с. 35-37
155. Шишкин И.А., Болотнов А.Л., Куранов В.Д., Аносова Н.Д. Модели в экологии / под ред. Н.С. Москвитиной, В.А. Батурина. -Томск: Изд-во Томского ун-та, 1992. -77 с.
156. Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н. Критерии и модели плодородия почв. -М.: Агропромиздат, 1987. -184 с.
157. Шоцкий В.П. Проблемы экономической оценки геосистем в планировании народного хозяйства и их значение в развитии современной экономической географии. -в сб.: Топологические аспекты учения о геосистемах. -Новосибирск: Наука, 1973. -с. 241-274.
158. Штепа Б.Г. Системные исследования в мелиорации. -М.: ВО Агропромиздат, 1984. -200 с.
159. Щербаков А.П., Володин В.М. Агроэкологические принципы земледелия (теория вопроса) // Агроэкологические принципы земледелия. -М.: Колос, 1993. -с. 12-28.
160. Щербаков Р.А., Корсуновская Л.П., Пачепский Я.А. Стохастическая модель порового пространства почвы. // Почвоведение, 1994, N 4. -с. 53-57.
161. Эпифитотии болезней растений: (Математический анализ и моделирование) / Пер. с англ. В.П. Федосеева. Под ред. и с предисл. К.М. Степанова, Б.И. Гуревича. -М.: Колос, 1979. -208с.
162. Явтушенко В.Е. Арутюнова Л.В., Морозова И.Б. Прогнозирование урожайности озимой пшеницы по запасам в почве влаги и минерального азота. // Вестник РАСХН, 1995, N 2. -с. 38-40
163. Якушев В.П., Белоносков А.В., Ломакин Р.С. Экспертная система поддержки агротехнологических решений при программировании урожая. // Вестник с.-х. науки, 1989, N 4. -с. 34-36
164. Barrett J.R. Jones D.D. Knowledge Engineering in Agriculture // Am. Soc. of Agric. Eng. 1989, N 8. -pp. 56-67.
165. Dent J.B., Blackie M.J. System simulations in agriculture. -London: Appl. sci. publ., 1979. -180 p.
166. Forrester J.W. World Dynamics. -Cambridge:Wright-Allen press, 1971. -142 p.
167. Grant R.F. Simulation of Ecological Control on Nitrification. // Soil Biology and Biochemistry, 1994, vol. 26. N 3. -pp. 305-315.
168. Jansen J. Analysis of Counts Involving Random Effects Witj Application in Experimental Biology // Biometr. J., 1993, vol. 35, N 6. -pp. 745-757.
169. Kachanoski R.G. Comparison of Measured Soil Caesium-137 losses and erosion rate // Canadian Journall of Soil Science, 1987, vol. 67, N 2. -pp. 199-203.
170. Knisel W.G. CREAMS - a Field Scale Model for Chemical Runoff and Erosion From Agricultural Managements. // USDA Conservation Research Report, N 26. -640 p.
171. Laflen J.M., Jane L.J. Foster G.R. WEPP: a New Generation in Erosion Prediction Technology // J. of Soil and Water Conservation. 1991, v. 46. -pp. 34-38.
172. Laszlo E. Goals for Mankind: A report to the Club of Rome on the New Horizons of Global Community. -New York: Dutton, 1977. -374 pp.
173. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project On The Predicament of the Mankind. -NewYork: Universe Books, 1972. -205 p.
174. Mesarovic M., Pestel Ed. Mankind at the Turning Point: The Second Report to the Club of Rome. -NewYork: Signet. -210 p.
175. O'Connor J. Fractal Representation of Heterogeneous Systems Structure. -New-York: FDA, 1997. -200 p.
176. Olsen R., Frank K. Impact of residual mineral N in soil on grain protein yields of winter wheat and corn // Agronomy journal, 1976, vol 68, N 5. -pp. 769-779.
177. Oppenheimer M. Context Connection and Opportunity in Environmental Pronlem Solving // Environment (USA), 1995, vol 37. N5. -pp. 10-15, 34-38.
178. Opsomer J., Speckman P., Kaiser M., Jones J. Statistical models for limiting factors in ecology, J. Amer. Statist. Assoc., 1994, Vol 89. -pp. 410 -423.
179. Parekk J.K. Sustainable Development in Agriculture. -Laxenbourg: IIASA, 1988 -80 p.
180. Renard K.G., Foster G.R. RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation // J. of Soil and Water Conservation, 1991, vol. 46. -pp. 30-33.
181. Riebrame W. Modelling Land Use and Cover as Part of Gloval Environmental Usage // Clim. Change, 1994, N 28. -pp. 1-2
182. Shugart H.H., Smith T.M. Modelling Boreal Forest Dynamics in Response to Environmental Change / UNASYLVA, 1992, vol. 43, N 170. -pp. 30-38.
183. Strategies for Sustainable agriculture. Proc. of 1-st Multinational Workshop on Sustainable Agriculture. -London, 1993. -80 p.
184. Wisheimer W.H., Smith O.P. Predicting Rainfall Erosion Losses a Guide to Conservation Planning // USDA Handbook N 237. -Washington, 1978. -65p.
185. Zudema G., Borm G.J. Van den Alcamo J. Simulating Changes in Global Land Cover as Affected by Economic an Climatic Factors. // Water, Air and Soil pollution, 1994, vol 76, N. 1-2. -pp. 163-198.