

УДК 622:004.67:519.254

А.Н. Якубович

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Проанализирована структура геоинформационной системы прогнозирования и управления процессами самовосстановления природных комплексов, нарушенных при производстве горных работ. Выделены и рассмотрены основные структурные элементы: алгоритмы и информационные массивы.

Ключевые слова: геоинформационная система, моделирование, алгоритм, природные комплексы, горнопромышленные территории.

Семинар № 15

A.N. Yakubovich

THE ALGORITHMIC BASICS OF BUILDING THE GEOINFORMATION SYSTEM OF MINING TERRITORY SELF- REGENERATION MANAGEMENT

Make analyze of geo-information system structure, which create for forecast and control under regeneration of natural complexes, which destroyed after mining operations. Extract and view main building blocks of system: algorithms and data arrays.

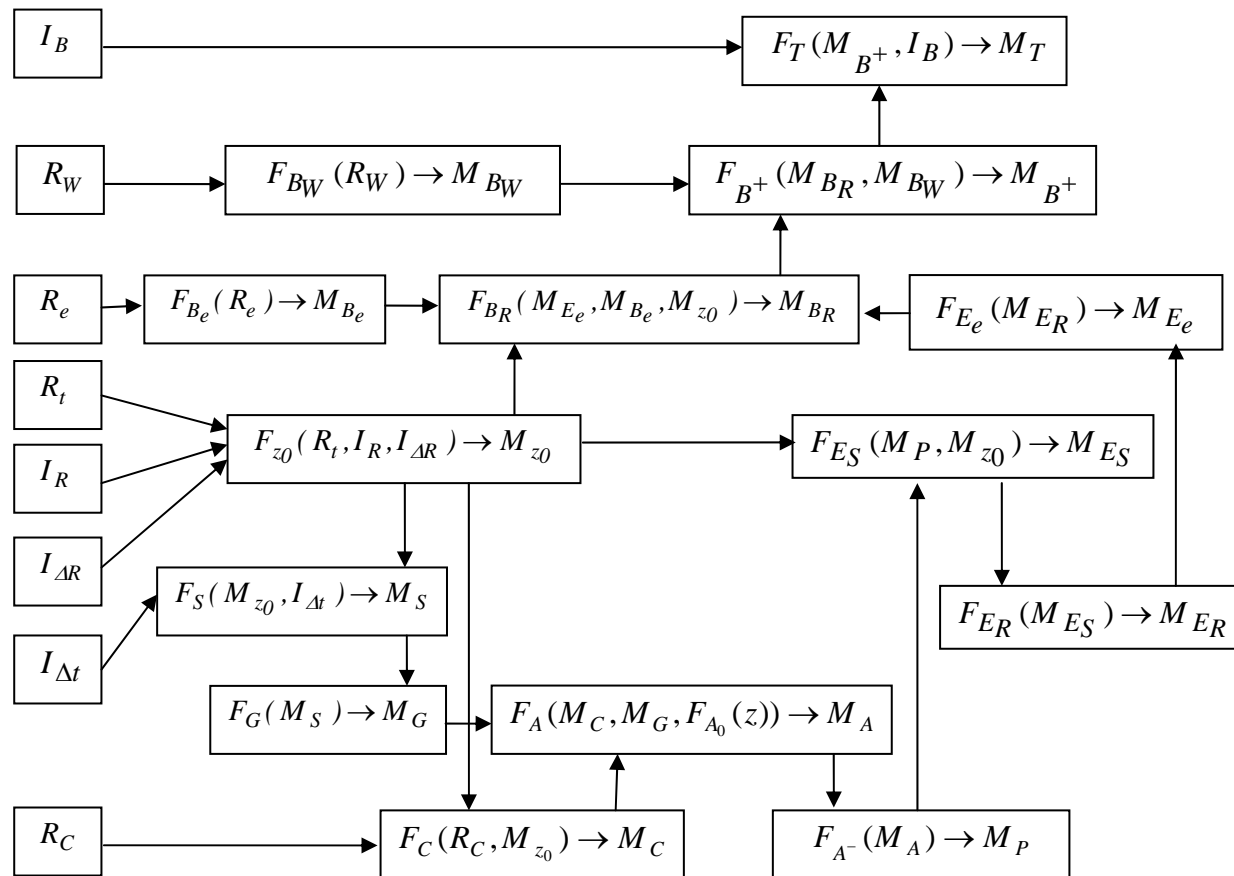
Key words: geo-information system, model analysis, algorithm, natural complexes, mining lands.

В целях поддержки принятия управленческих решений при планировании и организации горнопромышленных работ с учетом требований к экологическому состоянию территории, разработана и программно реализована геоинформационная система прогнозирования и управления процессами самовосстановления природных комплексов горнопромышленных территорий. Алгоритмическую основу геоинформационной системы составляет модель зависимости динамики восстановления биопродуцированных параметров почвенных комплексов от среднего-

довой динамики приходящей на территорию солнечной радиации, позволяющая получать количественные оценки периодов самовосстановления природных комплексов. Формализованная структура геоинформационной системы приведена на рисунке.

Фактографической основой геоинформационной системы являются региональный банк пространственно-координированных данных R и параметры моделирования I .

Региональный банк данных структурно состоит из 4 элементов, программно реализуемых в составе геоинформационной системы как наборы геоинформационных слоев. Многолетняя статистика климатических данных R_c служит основой для выполняемого алгоритмической частью ГИС моделирования среднегодового состояния атмосферы и определения степени рассеяния и поглощения в атмосфере солнечной радиации. Атрибутивные таблицы слоев R_c содержат усредненные по годам наблюдений данные, характеризующие среднегодовое состояние климата в отдельных точках региона (в районах



Структура геоинформационной системы прогнозирования и управления процессами самовосстановления природных комплексов

расположения станций наблюдения) – атмосферное давление, температуру воздуха, относительную влажность воздуха, облачность, наличие туманов.

Топооснова территории региона R_i создается на основе региональных топографических карт; масштаб карт может лежать в пределах от 1:1000000 (при выполнении геоинформационного картографирования регионального уровня по показателям самовосстановительного потенциала) до 1:200000, когда территориальные границы ограничены конкретным горнопромышленным полигоном. Непосредственно для дальнейшей оценки периодов самовосстановления используются информационные слои с изолиниями высотных отметок рельефа; слои с дополнительными сведениями (о речной сети, заболоченных участках местности и т.д.) служат иллюстративным целям.

В геоинформационных слоях с эталонными участками территории R_e содержится формализованное описание природно-генетического потенциала почв в терминах их биопродуционных параметров. Для каждого участка фиксируется образующий его тип почвенных комплексов и соответствующие данному участку гомеостазисные (равновесные) значения биопродуционных параметров. Достижение биопродуционными параметрами своих гомеостазисных значений считается показателем завершения самовосстановительных процессов на рассматриваемом участке.

Информация об участках производства горных работ R_w , помимо территориальной привязки участков содержит сведения о видах и объемах выполняемых работ с точки зрения их воздействия на биопродуционные параметры почвы. В атрибутивных таблицах также фиксируются типы поч-

венных комплексов по отдельным участкам. Данные геоинформационные слои позволяют объективно характеризовать состояния участков в начале периода самовосстановления их природных комплексов и количественно оценить гомеостазисные значения биопродуционных параметров.

Территориальные границы анализируемой области I_R задаются отдельным геоинформационным слоем с полигональной топологией. При формировании данного слоя необходимо учитывать, что I_R должен являться пространственным подмножеством как R_i , так и R_c . В пределах задаваемых посредством I_R границ осуществляется оценка прогнозного периода самовосстановления природных комплексов и геоинформационное картографирование территории по показателям самовосстановительного потенциала.

Параметры временной дискретизации $I_{\Delta t}$ определяют временной квант, в течение которого все производные параметры, вычисляемые алгоритмической частью геоинформационной системы, считаются неизменными. При оценке динамики прихода солнечной радиации на территорию целесообразно назначать временной квант в пределах от 15 до 60 мин; соответственно, с такими же интервалами будут вычисляться последовательные расположения Солнца на эклиптической, осредненные параметры состояния реальной атмосферы и т.д. При этом общая продолжительность интервала времени, в течение которого определяется динамика прихода солнечной радиации, от $I_{\Delta t}$ не зависит и составляет 1 среднестатистический год. При моделировании изменения во времени биопродуционных параметров почвы как следст-

вия протекания самовосстановительных процессов квант времени назначается равным 1 году.

Параметры пространственной дискретизации $I_{\Delta R}$ служат для создания в пределах I_R сети опорных точек. Значения данных параметров должны соответствовать точности, с которой создана региональная топооснова R_i . С учетом технологических особенностей создания цифровых слоев на основе топографических карт нецелесообразно создавать сеть точек чаще, чем 0,001 от масштаба топоосновы. Для использованных в настоящей геоинформационной системе масштабов исходных картографических данных пространственная дискретизация лежит в пределах от 1 км при M 1:1000000 до 200 м для M 1:200000.

Критериальные значения биопродукционных параметров I_B определяют степень той близости текущих значений биопродукционных параметров почвы к своим гомеостазисным значениям, при которой процесс самовосстановления природных комплексов считается практически завершенным. Необходимость задания критериальных значений обусловлена асимптотическим характером моделируемой динамики биопродукционных параметров почвы, при которой восстановление биопродукционных параметров до своих гомеостазисных значений теоретически требует бесконечно большого периода времени. В геоинформационной системе использованы критериальные значения, равные 75% (природные комплексы в основном восстановлены) и 90% (природные комплексы практически полностью восстановлены) от гомеостазисных значений.

Алгоритмическую часть геоинформационной системы составляют 15 укрупненных алгоритмов (обозначаемых на рис. 1 как F), каждый из

которых реализуется в виде одной или нескольких программных процедур. Результатом выполнения алгоритмов являются обобщенные массивы данных M , реализованные в форме таблиц реляционной базы данных либо в форме атрибутивных таблиц информационных слоев ГИС. Обобщенные массивы M являются интерфейсом между последовательно выполняемыми алгоритмами и наряду с региональным банком данных R и параметрами моделирования I используются соответствующими укрупненными алгоритмами в качестве исходных данных.

Алгоритм геомоделирования земной поверхности F_{z_0} разбивает рассматриваемую территорию I_R на отдельные элементарные участки квадратной формы; размеры участков определяются параметрами пространственной дискретизации $I_{\Delta R}$. Для угловых и центральных точек участков по данным региональной топоосновы R_i аппроксимируются значения абсолютных высот z_0 ; тем самым осуществляется построение цифрового рельефа территории M_{z_0} как совокупности плоских треугольников, по 4 в пределах каждого элементарного участка. В дальнейшем все величины (динамика прихода солнечной радиации, тип почвенных комплексов, значения биопродукционных параметров и т.д.) определяются и фиксируются для центральных точек и в пределах каждого участка считаются постоянными.

После формирования совокупности элементарных территориальных участков для каждого участка определяются основные климатические параметры, характеризующие среднее состояние атмосферы на уровне земной поверхности. Этой цели служит алгоритм F_C , использующий много-

летнюю статистику из регионального банка R_C ; в результате моделирования формируется массив M_C . Значения климатических параметров в обобщенном массиве M_C структурированы как территориально (в соответствии с положением центральных точек участков) так и во времени, аналогично структуре атрибутивных таблиц R_C .

Геомоделирование движения Солнца по эклиптике осуществляется с использованием алгоритма F_S . Первоначально положение Солнца определяется в первой экваториальной системе координат; промежуток времени между последовательными точками положения Солнца задается параметрами временной дискретизации $I_{\Delta t}$; общая продолжительность моделируемого периода равна одному тропическому году. В дальнейшем осуществляется переход к горизонтальной системе координат, в которой положение Солнца определяется азимутом A_z и высотой h . Результатом реализации алгоритма F_S является обобщенный массив координат Солнца на эклиптике M_S , в котором содержатся азимуты и высоты светила для всех пространственных и временных точек.

Алгоритм геомоделирования траекторий импульсов солнечной энергии F_G формирует массив с геометрическими характеристиками траекторий M_G . В пределах от z_0 (для точки достижения импульсом земной поверхности) до 32 км (принятая высота атмосферы) траектория каждого импульса разбивается на отдельные участки таким образом, чтобы проекция каждого участка на земную поверхность полностью лежала в границах какого-либо одного элемента терри-

тории из M_{z_0} . Для каждого участка вычисляются и заносятся в M_G пространственные координаты его начальной и конечной точек, а также характеристика времени.

Геомоделирование состояния атмосферы в пределах каждого участка солнечных лучей осуществляется алгоритмом F_A . Изменение параметров состояния атмосферы с высотой основано на уравнениях статики атмосферы и состояния идеального газа. Привлекается модель стандартной атмосферы (на рис. 1 F_{A_0}): до высоты 11 км (тропосфера) атмосфера принимается политропной, свыше 11 км (стратосфера) атмосфера считается изотермической. В общей сложности для каждого участка определяется 7 параметров, оказывающих непосредственное влияние на рассеяние и поглощение солнечной радиации.

В алгоритме геомоделирования рассеяния и поглощения солнечной радиации в атмосфере F_A учтено 5 основных факторов: молекулярное рассеяние и рассеяние на аэрозолях, поглощение водяным паром, кислородом и атмосферным озоном. Для каждого фактора строится своя функция пропускания, дифференцированная по частотам спектра. В результате применения алгоритма F_A для каждого солнечного импульса формируется интегральная функция пропускания атмосферы как совокупность значений оптической толщины атмосферы по отдельным участкам спектра, сосредоточенных в массиве M_p .

Итоговая оценка количества приходящей на территорию солнечной энергии осуществляется алгоритмом F_{E_s} на основании интегральных функций пропускания атмосферы и значений спектральных плотностей

солнечной энергии. Для центральных точек элементарных участков определяется последовательность величин энергии, пришедшей в течение каждого кванта времени (определяемого в I_M) на протяжении всего периода моделирования (тропического года). При определении удельного количества пришедшей энергии (на 1 кв. м. поверхности) учитываются особенности рельефа территории – углы наклона и ориентация в пространстве плоских треугольников, образующих цифровую модель рельефа M_{z_0} . Итоговые последовательности значений солнечной энергии, сконцентрированные в обобщенном массиве M_{E_s} , могут служить основой для построения временных графиков поступления солнечной энергии по отдельным точкам территории.

С использованием временной последовательности значений из M_{E_s} алгоритмом F_{E_R} осуществляется определение обобщающих показателей динамики поступления солнечной энергии в течение тропического года. Данные показатели характеризуют продолжительность периода формирования фитомассы природных комплексов, среднесуточное количество получаемой энергии, степень неравномерности поступления солнечной энергии и ряд других факторов, влияющих на динамику биопродуционных параметров почвы и, в конечном счете, на темпы протекания самовосстановительных процессов природных комплексов.

Для определения значений биопродуционных параметров по отдельным участкам территории используются данные по эталонным участкам R_e . Алгоритмом F_{B_e} для них определяются гомеостазисные значения био-

продуционных параметров, соответствующие типам почвенных комплексов и природно-климатическим условиям; этими значениями характеризуются неповрежденные (или полностью восстановленные) природные комплексы на территории. Гомеостазисные значения параметров относятся к центральным точкам эталонных участков; координаты центральных точек, значения параметров и показатели типов почвенных комплексов формируют массив данных M_{B_e} .

С целью выявления зависимости между образующими участки типами почвенных комплексов, динамикой прихода солнечной радиации (ДПСЭ) и гомеостазисными значениями биопродуционных параметров, для центральных точек эталонных участков с помощью алгоритма F_{E_e} определяются обобщающие показатели ДПСЭ. Поскольку территориально множество эталонных участков R_e является подмножеством области моделирования I_R , реализация алгоритма F_{E_e} заключается в поиске в обобщенном массиве M_{E_R} моделируемых участков, в пределах которых расположены центральные точки эталонных участков, извлечения обобщающих показателей ДПСЭ и формировании итогового массива M_{E_e} .

Алгоритмом F_{B_R} , на основе данных по эталонным участкам, осуществляется построение зависимостей для определения гомеостазисных биопродуционных параметров моделируемых участков. Данная процедура включает выбор наиболее подходящей аппроксимирующей зависимости и определение ее параметров; в качестве аргументов используются характеристики типов почвенных комплексов и обобщенные показатели ДПСЭ. Ре-

результатом применения алгоритма F_{B_R} являются моделируемые значения гомеостазисных параметров, размещаемые в массиве M_{B_R} .

Выполнение на территории тех или иных видов горных работ приводит к различной степени разрушения природных комплексов, что в рамках геоинформационной системы учитывается уменьшением значений биопродуционных параметров почвы. Алгоритм F_{B_W} , на основании содержащейся в региональном банке данных информации о видах и объемах выполненных работ R_W , определяет и заносит в массив M_{B_W} итоговые значения биопродуционных параметров по окончанию процессов горных работ; эти значения одновременно являются стартовыми для самовосстановительных процессов на территории.

Определение биопродуционных параметров в динамике осуществляется алгоритмом F_{B^+} . На основе дифференциальных зависимостей, связывающих годовые темпы прироста фитомассы и органического вещества, а также учитывающих частичные трансформации фитомассы в органическое вещество и наоборот, определяются ежегодные изменения в биопродуционных параметрах; значения параметров по отдельным годам и участкам заносятся в массив M_{B^+} . Важной особенностью используемой модели динамики биопродуционных параметров является ее асимптотический характер; по мере приближения

параметров к своим гомеостазисным значениям моделируемые годовые изменения уменьшаются. Таким образом, получаемые в результате моделирования сроки самовосстановления природных систем до уровней выше 95% от гомеостазисного состояния, оказываются заметно завышенными.

Завершающим алгоритмом F_T на основе динамики биопродуционных параметров M_{B^+} определяются прогнозируемые периоды самовосстановления природных комплексов до уровней, задаваемых критериальными значениями I_B . В случае задания критериальных значений более чем для одного параметра, период самовосстановления длится до достижения своих критериальных значений всеми этими параметрами.

Разработанная геоинформационная система является инструментом для управления экологическим состоянием горнопромышленных территорий. Управляемыми параметрами являются значения биопродуционных показателей территории по окончании горных работ, которые варьируются в зависимости от видов, объемов и темпов выполнения работ, а также от перечня реализуемых рекультивационных мероприятий. С использованием геоинформационной системы становится возможным назначение научно обоснованных минимально допустимых начальных значений биопродуционных показателей, обеспечивающих экологически целесообразные сроки восстановления природных комплексов. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Якубович А.Н. – директор политехнического института Северо-Восточного государственного университета; 54081@mail.ru