

- размерно-качественные характеристики сортиментов,
- количество сортогрупп сортиментов,
- возможности лесозаготовительных предприятий по переработке круглых лесоматериалов;

3) конструктивные особенности харвестера и форвардера:

- соответствие типоразмера технологического оборудования (харвестерной головки и грейферного захвата),
- управление производительностью двигателя и гидравлической системы компьютером исходя из текущей нагрузки на машину и настроек работы технологического оборудования,
- наработка машин (моточас),
- соблюдение графика технического обслуживания,
- эргономика кабины и средств управления технологическим оборудованием, а также возможность их настройки.

Каждый из приведенных факторов имеет немаловажное значение, и при комплектовании системы машины «харвестер + форвардер» они должны быть учтены по степени их значимости и влияния.

Наибольший интерес для дальнейших исследований представляют первая и третья группы факторов. При формировании системы машин необходимо принимать во внимание не только средние величины этих факторов, но и их границы для того, чтобы избежать той ситуации, когда машины будут эксплуатироваться на пределе своих возможностей и как следствие с большим расходом дизельного топлива. Предполагается также сравнить расход дизельного топлива в зависимости от количества перемещений технологического оборудования и самих машин.

УДК 630*181.351

Маг. П.П. Курдин
Рук. В.А. Азаренок
УГЛТУ, Екатеринбург

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ОАО «СУМЗ» НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ БИЛИМБАЕВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Леса являются эффективным природным средством предотвращения эрозии, сохранения и повышения плодородия почв и одним из основных факторов формирования глобального и регионального климата.

Нами представлена математическая модель воздействия атмосферных выбросов предприятия цветной металлургии на лесные экосистемы. Объектом статьи является модель сильного техногенного воздействия Средне-

уральского медеплавильного завода, расположенного в южно-таёжной подзоне.

Математическое моделирование позволит провести [1]:

- 1) оценку риска воздействия на природную среду в регионе при различных вариантах проектирования предприятий цветной металлургии;
- 2) расчет биологического ущерба, нанесенного лесной экосистеме;
- 3) составление карт потенциального разрушения лесов;
- 4) прогнозирование направления и скорости восстановления лесов при снятии антропогенной нагрузки.

Характеристика Билимбаевского лесничества. В лесничестве преобладают насаждения сосны – 35966,9 га, берёзы – 36094,8 га, которые занимают 32,3 и 32,5 % покрытой лесом площади соответственно. Средний класс бонитета по лесничеству II, что свидетельствует о достаточно высокой продуктивности насаждений [2].

На территории Билимбаевского лесничества широкое распространение имеют рубки леса сплошнолесосечным способом. После проведения сплошных рубок основным лесообразователем является берёза, возобновляющаяся почти во всех типах леса. Площадь березняков превышает 32 %. Осина занимает 11 % площади, ольха – 1,1 %. Возобновление хвойными породами происходит с преобладанием ели (53 %), пихты (39 %) и сосны (3 %). Состав лесонасаждения – 3С 3Б 2Е 1Пх 1Ос.

Модель воздействия углекислого газа на лесные экосистемы. За основу исследования взята модель динамики углерода в лесной экосистеме [1]. В модели описана динамика углерода в лесной экосистеме. Вся растительность разделена на три типа: растительность травяно-кустарничкового яруса, лиственные деревья, хвойные деревья (рисунок).

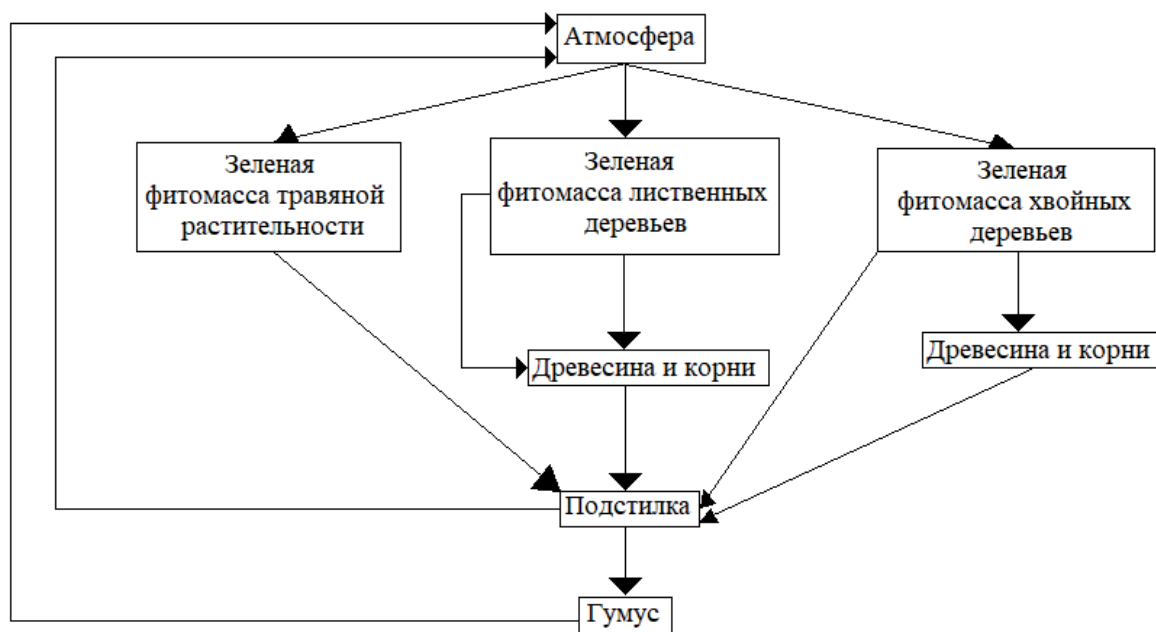


Схема круговорота углерода, принятая в модели

Отмирание фитомассы лиственных и хвойных деревьев пропорционально величине фитомассы, коэффициенты пропорциональности нелинейно зависят от величины загрязнения. Интенсивность отмирания древесины и корней лиственных и хвойных деревьев задается линейными соотношениями, интенсивность разложения подстилки уменьшается с увеличением величины загрязнения. В модели учитывается интенсивность смыва подстилки и гумуса. Предполагается, что корни удерживают подстилку и гумус от вымывания, но при сильном уменьшении их массы до некоторой предельной величины начинается смыв.

При увеличении загрязнения продуктивность растительности уменьшается: происходит последовательная гибель хвойных деревьев, лиственных деревьев, затем травяно-кустарничковой растительности [3].

Модель воспроизводит восстановление растительного покрова после прекращения действия загрязнений. В первый год восстанавливается травяно-кустарничковая растительность, древесная растительность появляется после того, как накопится достаточно мощная подстилка, при этом масса травяной растительности на некоторое время уменьшается, а затем восстанавливается и продолжает увеличиваться [4].

Анализируемые литературные данные показали, что модель способна достаточно гибко отражать реальное многообразие ответов на воздействия.

Математическая модель воздействия выбросов предприятий цветной металлургии на лесные экосистемы Билимбаевского лесничества. Предполагалось, что древостой состоит из возрастных групп возрастом от 20 до 120 лет. Считалось, что конкуренция между деревьями различных возрастных групп отсутствует.

Производилось моделирование действия загрязнений для трех пород деревьев. Учитывалось, что масса каждого дерева растет с его возрастом до достижения некоторого насыщения, определяемого породой древостоя и климатическими характеристиками, связанными с географическим положением. Загрязнение тормозит рост дерева, действуя на годичный прирост, вплоть до полной остановки роста, приводящей к гибели дерева.

Модель разрабатывалась в два приема. Сначала для каждой породы была идентифицирована модель без учета влияния загрязнения, а затем — с учетом его действия.

Поскольку в модели рассматривается одно дерево (усредненный по всем деревьям запас древесины), то считается, что дерево самовольно не отмирает.

Модель представляется в виде системы уравнений (одного дифференциального и одного алгебраического):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dX}{dt} = \alpha X^{\alpha} (1 - \beta p^{\gamma}) \\ p = \frac{k_0}{k_2} \frac{q(t)}{u} \text{poss}(j) \frac{e^{-\frac{k^2}{2 \cdot k_2^2 \cdot l^2}}}{l^2}, \end{array} \right.$$

где X – надземная масса одного дерева (воздушно-сухая масса) возраста τ ($\tau = 20, 21, \dots, 120$ лет),

p – величина загрязнения;

k_0 – поправочный коэффициент, описывающий влияние осадков;

k_1 – высота трубы;

k_2 – коэффициент турбулентной диффузии;

u – среднегодовая скорость ветра;

$q(t)$ – функция зависимости выброса вредных веществ по годам;

j – номер направления ветра;

$\text{poss}(j)$ – вероятность ветра по направлению j ;

l – расстояние от начала отсчета до точки измерения, км;

a, α, β, γ – коэффициенты.

Коэффициенты a, α, β, γ характеризуют силу действия загрязнения, и их необходимо подобрать так, чтобы они как можно точнее описывали происходящее в реальной жизни [5].

Модель роста растительности в Билимбаевском лесничестве при отсутствии загрязнений. Сначала сравнивались массы дерева в максимальном возрасте на большом расстоянии от источника загрязнения (фон), где действие загрязнений практически отсутствует. Затем значения масс всех возрастов в регионе, подверженном загрязнению, умножались на соответствующий коэффициент (табл. 1, 2).

Таблица 1

Значения параметра a при условии, что параметр $\alpha=0,6$ фиксирован

Порода дерева	a	α	Точность, %
Ель	0,115	0,6	59
Сосна	0,213	0,6	49
Береза	0,342	0,6	24

Таблица 2

Значения параметра a при условии, что параметры a и α варьируются

Порода дерева	a	α	Точность, %
Ель	1,350	0,123	34
Сосна	1,869	0,168	24
Береза	0,876	0,482	9

Модель роста растительности в Билимбаевском лесничестве в режиме действия загрязнений ОАО «СУМЗ». После определения параметров модели в отсутствие загрязнений производилась идентификация модели при наличии загрязнений. Для того чтобы «включить» действие загрязнений, необходимо было сделать параметр β отличным от нуля. Действие загрязнения описывается коэффициентами β и γ (табл. 3, 4).

Таблица 3

Значения параметра β при условии, что параметр $\gamma = 2$ фиксирован

Порода дерева	β	γ	Точность, %
Ель	0,0000000792	2	37
Сосна	0,00000000001	2	97
Береза	0,000000003	2	73

Таблица 4

Идентификация модели в случае, когда параметры β и γ варьируются

Порода дерева	β	γ	Точность, %
Ель	0,0000014112	1,636	37
Сосна	0,0000005	1	97
Береза	0,00000046	0,901	73

Представленная математическая модель воздействия атмосферного загрязнения металлургического завода на лесную экосистему с учетом трех лесобразующих пород (ель, сосна и береза) позволяет сделать вывод, что при одинаковых природных условиях сосна в наибольшей степени подвержена действию загрязнения, в меньшей степени подвержена ель, береза самая выносливая из трех пород. Чем севернее находится порода дерева, то есть произрастает в менее благоприятных условиях, тем в большей степени она подвержена действию загрязнения. Показано, что гибель растительности в условиях техногенного загрязнения происходит в следующей последовательности: хвойные деревья – лиственные деревья – травяно-кустарничковая растительность.

Для обеспечения непрерывного лесопользования в условиях Билимбаевского лесничества в зависимости от состава лесонасаждений, отводимых в рубку, необходимо предусмотреть применение различных видов постепенных рубок [6]:

- для сосновых лесонасаждений – двухприемные равномерно-постепенные рубки;
- для смешанных лесонасаждений (лиственно-хвойные лесонасаждения) – реконструктивные рубки;
- для елово-пихтовой растительности – дифференцированные рубки.

Также необходимо предусмотреть лесную сертификацию. Сертификация лесоправления обеспечивает переход к интенсивному ведению лесного хозяйства и лесопользования. Процесс добровольной лесной сертификации, как правило, поддерживается заинтересованными сторонами, включая администрацию и лесопромышленников, на региональном уровне.

Предприятия, изъявившие желание сертифицироваться, принимают на себя обязательства следовать этим принципам. Оценка деятельности дается аудитором, который направляется компанией – аудитором по договору с предприятием. Это особенно важно для предприятий, находящихся в промышленно развитых регионах, а также предприятий, экспортирующих свою продукцию на внешние рынки [7].

Библиографический список

1. Рудкова А.А. Пути воздействия загрязнения атмосферы соединениями серы на наземные растения / Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 1981. Т. IV. С. 68–75.
2. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения / В.А. Усольцев, И.Е. Бергман, Е.Л. Воробейчик. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 366 с.
3. Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение / Т. В. Черненко. М.: Наука, 2002. 191 с.
4. Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги / А.В. Степанов, Р.Р. Кабиров, Т.В. Черненко и др. М.: ВНИЦ лесресурс, 1992. 246 с.
5. Казимиров Н.И., Морозова Р.М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 176 с.
6. Азаренок В.А. Экологизированные рубки леса / В.А. Азаренок, С.В. Залесов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 97 с.
7. Добровольная лесная сертификация: учеб. пособие для вузов / А.В. Птичников, Е. В. Бубко, А. Т. Загидуллина и др.; под общ. ред. А.В. Птичникова, С.В. Третьякова, Н.М. Шматкова // Всемирный фонд дикой природы (WWF России). М., 2011. 175 с.