1. Алгоритмы генератора почвенного климата SCLISS

С.С.Быховец, П.В.Фролов, А.С.Комаров, В.Н.Шанин, Е.В.Зубкова, О.Г.Чертов

1.1. Общее описание модели SCLISS

Модель SCLISS (Soil CLImate Statistical Simulator) предназначена для оценки средних месячных значений температуры и влажности почвы (лесной подстилки и минеральной почвы) в разных типах леса по стандартным метеорологическим наблюдениям: температуре воздуха, осадкам и, при наличии данных, по температуре почвы под травяным покровом, измеряемой на метеорологических станциях.

Модель SCLISS играет важную роль при работе с программой ROMUL для определения динамики органического вещества почв. Так как коэффициенты разложения органического вещества в модели ROMUL зависят от температуры и влажности лесной подстилки и минеральной почвы, то для работы с программой необходимо в качестве входных сценариев иметь файлы со среднемесячными температурами и влажностями лесной подстилки и минеральной почвы.. В данной программе расчет климатических параметров производится для лесной подстилки в целом, без разбивки на подгоризонты, а также для минеральной части профиля в целом. Это является заведомым огрублением, однако в этой версии, ориентируясь на почвы бореальной зоны при месячном шаге по времени, мы считаем такое разделение достаточным для модификации коэффициентов трансформации органического вещества в модели ROMUL.

Модель ROMUL использует в качестве входных данных как климатический сценарий средние месячные значения температуры и влажности лесной подстилки и минеральной почвы. На сети метеорологических станций обычно измеряются температура воздуха и осадки. На некоторых станциях измеряется также температура почвы под покровом травяной растительности. Но, температура и влажность лесной почвы и, в особенности лесной подстилки измеряются редко. Более того, такие данные чаще всего являются результатом кратковременных экспериментальных исследований, а не длительного мониторинга. Поэтому, для работы модели органического вещества почвы требуется обеспечение ее необходимыми входными данными с месячным шагом. Мы разработали простую статистическую модель для расчета этих данных. Более подробное описание имитатора почвенного климата и его верификации приведено в работе (Быховец, Комаров, 2002).

Имитатор SCLISS может использоваться для решения двух задач:

 Статистического моделирования (генерирования) реализаций долговременных рядов входных климатических данных с заданными статистическими свойствами (в случае необходимости); • Оценки температуры и влажности почвы (подстилки и минеральной почвы) на основе заданных (измеренных) или сгенерированных рядов входных климатических данных.

1.2. Моделирование температуры воздуха и осадков

Модель может либо использовать ряды метеорологических данных, полученных из внешних источников (данные измерений метеорологических станций или ряды, полученные в результате моделирования), либо генерировать такие ряды на основе ряда предположений вытекающих из анализа климатологической литературы:

- Средние месячные значения температуры воздуха подчиняются нормальному распределению со средним значением T_{a,m} и средним квадратическим отклонением σ_{T_{a,m}};
- Функцию распределения месячных сумм осадков *r_m* можно приближенно описать логнормальным распределением;
- Автокорреляция в рядах температуры воздуха может быть существенной, в отличие от рядов месячных сумм осадков;
- Существенной может быть и взаимная корреляция температуры и осадков, причем в бореальной зоне она имеет заметно выраженный годовой ход: зимой корреляция положительна, а летом отрицательна.

Таким образом, для месячных сумм осадков (*r_m*), считая распределение логнормальным, получим:

$$r_m = \exp\left(\mu_{r,m} + \nu_{r,m} \cdot n_1\right) \tag{1},$$

где $\mu_{r,m} = \overline{\ln r_m}$ и $v_{r,m} = \sigma_{\ln r_m}$ - параметры логнормального распределения. Они могут быть выражены через традиционно используемые климатологами и публикуемые в справочниках характеристики месячных сумм осадков: многолетнюю среднюю $\overline{r_m}$ и коэффициент вариации $Cv_{r,m} = \sigma_{r,m}/\overline{r_m}$ следующим образом:

$$\mu_{r,m} = \ln\left(\overline{r_m} / \sqrt{1 + Cv_{r,m}^2}\right), \qquad \nu_{r,m} = \sqrt{\ln\left(1 + Cv_{r,m}^2\right)}$$
(2),

а *n*₁ – нормально распределенная случайная величина *N*(0, 1).

При моделировании температуры воздуха учитывается автокорреляция с месячным сдвигом, а также корреляция температуры воздуха и осадков (в качестве «нормализованной» характеристики осадков используется логарифм их месячной суммы)

Таким образом, средняя месячная температура воздуха ($T_{a,m}$) выражается в виде:

$$T_{a,m} = \overline{T_{a,m}} + B_{aa,m} \cdot \left(T_{a,m-1} - \overline{T_{a,m-1}}\right) + B_{ar,m} \cdot \left(\ln r_m - \overline{\ln r_m}\right) + n_1 \cdot S_{Ta,m}$$
(3),

где $\overline{T_{a,m}}$ - многолетняя средняя температура воздуха m-го месяца, обычно публикуемая в климатологических справочниках; $B_{aa,m}$ и $B_{ar,m}$ – соответствующие коэффициенты регрессии, получаемые на основе многолетних рядов данных, $S_{Ta,m}$ - остаточное отклонение, n_1 – нормально распределенная случайная величина N(0, 1).

1.3. Моделирование температуры почвы

Температура почвы (*T_{s,m}*) также может моделироваться на основе нормального распределения с учетом как автокорреляции так и корреляции с температурой воздуха. Соответствующая статистическая модель имеет следующий вид:

$$T_{s,m} = \overline{T_{s,m}} + B_{ss,m} \cdot \left(T_{s,m-1} - \overline{T_{s,m-1}}\right) + B_{sa,m} \cdot \left(T_{a,m} - \overline{T_{a,m}}\right) + n_m \cdot S_{T_{s,m}}$$
(4),

где $\overline{T_{s,m}}$ - многолетняя средняя температура почвы; $B_{ss,m}$ and $B_{sa,m}$ – соответствующие коэффициенты регрессии, и $S_{T_{s,m}}$ – остаточное отклонение.

Как уже отмечено выше, имеющихся данных непосредственных измерений температуры почвы в лесу, как правило, недостаточно для оценки параметров данной модели. Но имеются достаточно многочисленные данные измерений температуры почвы под стандартным «естественным» покровом – травой на метеорологических станциях. И имеются данные сравнительно краткосрочных экспериментальных исследований в лесах, позволяющие оценить разности температур в лесу и на близлежащей метеорологической станции. Разности между температурой почвы под лесом и травой (Рис.1) довольно существенны, несколько различаются в зависимости от доминанты древостоя и сравнительно устойчивы в пределах достаточно большого региона. Это позволяет, в первом приближении, считать эти разности не зависящими от других факторов.



Рис. 1. Годовой ход разностей температуры почвы на глубине 20 см под лесом и под стандартным травяным покровом на метеорологической площадке (данные для березовых лесов имеются только для нескольких месяцев, для остальной части года они приняты равными разностям для сосновых лесов).

Таким образом, общая схема оценки температуры почвы с использованием статистической модели включает:

(1) оценку температуры почвы в «стандартных» условиях (под травяным покровом) на глубине 20 см, по модели, описанной выше, если это необходимо;

(2) учет соответствующей разности между температурой почвы в условиях леса и стандартных условиях метеорологической площадки ($\Delta T_{FS,m}$):

$$T_{FS,m} = T_{s,m} + \Delta T_{FS,m}$$
(5);

И

(3) оценку температуры лесной подстилки $T_{\rm FF}$, основанную на следующих допущениях:

$$T_{FF} = \begin{cases} T_{air} & \text{если } T_{air} > 0 \text{ и } T_{soil} > 0; \\ T_{soil} & \text{если } T_{air} < 0 \text{ и } T_{soil} < 0; \\ 0 & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$
(6)

1.3. Влажность почвы

Построить подобную «чисто статистическую» модель для влажности почвы в принципе возможно, но мы не располагаем для этого достаточным количеством данных. Более целесообразно использовать простой балансовый подход. Очевидно, изменение влагосодержания деятельного слоя почвы $\Delta W = W_2 - W_1$ можно принять равным

$$\Delta W = W_2 - W_1 = r - E - f$$
(7)

где r – осадки, E – эвапотранспирация (суммарное испарение), f – сток, W_1 и W_2 – запасы влаги в начале и конце ршага моделирования (месяца). За основу такой модели принят

метод оценки составляющих водного баланса, основанный на их зависимости то влажности почвы (Будыко, 1971).

Эвапотранспирация Е принимается равной

$$E = \begin{cases} E_0 & \operatorname{пp} W > W_0 \ (\text{или } W^{(P)} > W_0^{(P)}) \\ E_0 \frac{W^{(P)}}{W_0^{(P)}} = E_0 \frac{W - W_{WP}}{W_0 - W_{WP}} & \operatorname{пp} W < W_0 \ (\text{или } W^{(P)} < W_0^{(P)}) \end{cases}$$
(8)

где E_0 - потенциальная эвапотранспирация (суммарная испаряемость), W – запас влаги в корнеобитаемом слое, $W^{(P)} = W - W_{WP}$ – запас продуктивной влаги; W_{WP} – значение W при влажности устойчивого завядания, W_0 – критическое значение W (значение $W_0^{(P)} = W - W_{WP}$ изменяется от $W_{FC}^{(P)} = W_{FC} - W_{WP}$ в конце осени – начале весны до 0.75 $W_{FC}^{(P)}$ в середине лета).

Сток оценивается как

$$f = \mu \cdot r \cdot \frac{W^{(P)}}{W_k^{(P)}} = \mu \cdot r \cdot \frac{W - W_{WP}}{W_k - W_{WP}}$$

$$\tag{9}$$

где

$$\mu = \begin{cases} \alpha & \text{at } r < E_0 \\ \sqrt{\alpha^2 \left[1 - \left(1 - \frac{E_0}{r} \right)^2 \right] + \left(1 - \frac{E_0}{r} \right)^2} & \text{at } r > E_0 \end{cases}$$
(10)

 $\alpha \approx 0.2$ (для широты более 45°), эмпирический коэффициент;

 $W_{k} = \begin{cases} W_{FC} & для х хоро дренированных почв \\ W_{S} & в случае плохой дренированности. \end{cases}$

Оценка потенциальной эвапотранспирации по методу Будыко требует дополнительных входных данных: влажности воздуха, радиационного баланса и др. Поэтому мы в данной версии ограничились простой эмпирической формулой Блейни и Кридла, оценивающей потенциальную эвапотранспирацию по температуре воздуха:

$$E_0 = 25.4 \cdot k_m \cdot p_m \cdot (1.8 \cdot T_{a,m} + 32), \tag{11}$$

где: p_m продолжительность светлого времени суток за месяц, выраженная в процентах от годовой суммы, которая является функцией широты и легко может быть вычислена; k_m – эмпирический коэффициент, зависящий от времени года и растительности. Значения k_m были оценены нами для условий бореальной зоны. Полученные значения k_m =0.5 для вегетационного периода и k_m =0.2 для холодного времени года дают результаты, удовлетворительно согласующиеся с методом Будыко-Зубенок.

Подставляя уравнения (8) и (9) в (7) и полагая *W*=(*W*₁+*W*₂)/2 получаем для общего запаса влаги:

$$W_{2} = \begin{cases} W_{WP} + \frac{r + (W_{1} - W_{WP}) \cdot \left(1 - \frac{E_{0}}{2(W_{0} - W_{WP})} - \frac{\mu \cdot r}{2(W_{k} - W_{WP})}\right)}{\left(1 + \frac{E_{0}}{2(W_{0} - W_{WP})} + \frac{\mu \cdot r}{2(W_{k} - W_{WP})}\right)} & \text{at } W < W_{0} \\ W_{2} = \begin{cases} W_{WP} + \frac{r - E_{0} + (W_{1} - W_{WP}) \cdot \left(1 - \frac{\mu \cdot r}{2(W_{k} - W_{WP})}\right)}{\left(1 + \frac{\mu \cdot r}{2(W_{k} - W_{WP})}\right)} & \text{at } W > W_{0} \end{cases}$$

$$(12).$$

Поскольку величина $W=(W_1+W_2)/2$ на момент вычисления неизвестна, то W_2 первоначально рассчитывается по одному из вариантов формулы (12), а после проверки условия при необходимости пересчитывается по другому.

Расчеты по данной формуле производятся за теплый период года (при положительных температурах воздуха). Зимой, при отрицательных температурах воздуха, влажность почвы предполагается постоянной. Осадки (минус испарение равное испаряемости) в этот период накапливаются и поступают в почву в первый месяц с положительной температурой воздуха (прибавляясь к осадкам этого месяца).

Затем мы «делим» полученный запас влаги между двумя слоями (подстилкой и минеральной почвой) $W = W_{FF} + W_S$, полагая отношение их объемных влажностей $w_{FF,vol} / w_{S,vol} = C_f$ постоянным для конкретного местообитания. В этом случае:

$$W_{FF} = W \cdot L_{FF} \cdot C_f / (L_S + L_{FF} \cdot C_f),$$

$$W_S = W - W_{FF} = W \cdot Ls / (L_S + L_{FF} \cdot C_f);$$
(13)

или, для объемной влажности:

$$w_{FF,vol} = 0.1 \cdot W \cdot C_f / (L_S + L_{FF} \cdot C_f),$$

$$w_{S,vol} = 0.1 \cdot W / (L_S + L_{FF} \cdot C_f)$$
(14)

а для влажности в % массы ($w_{FF,mass}$ and $w_{S,mass}$),

$$w_{FF,mass} = w_{FF,vol} / D_{b,FF} ,$$

$$w_{S,mass} = w_{S,vol} / D_{b,S}$$
(15)

где W – общий запас влаги в почве, включая подстилку (мм); L_{FF} – толщина органического горизонта (подстилки), м (оцениваемая как запас подстилки деленный на ее плотность); L_{S} – толщина слоя минеральной почвы, учитываемого в модели (в данной версии - 1 м); $w_{FF,vol}$ и $w_{S,vol}$ - объемные влажности подстилки и минеральной почвы (% объема),

w_{FF,mass} и *w_{S,mass}* - «весовые» влажности подстилки и минеральной почвы (% массы)

 $D_{b,FF}$ и $D_{b,S}$ - плотности естественного сложения подстилки и минеральной почвы (г/см³ = 10⁻³ кг/м³);

 C_f – параметр, задающий отношение объемных влажностей подстилки и минеральной почвы ($w_{FF,vol}$ / $w_{S,vol}$), в общем случае зависящий от условий местообитания. По умолчанию (для средних условий увлажнения) принимается равным 0.5.

2. Описание входных файлов

Модели SCLISS в общем случае требуются 3 файла входных данных (в отдельных случаях – только два из них):

*.wed - файл, содержащий ряды ежемесячных метеорологических данных необходим для моделирования оценки температуры и влажности лесной подстилки и минеральной почвы в зависимости от древесного доминанта леса по входным метеорологическим данным (режим «weather from file»);

*.cld - файл, содержащий статистические параметры климата, необходим для режима «simulated weather»; для режима «weather from file» он требуется только при полном или частичном отсутствии данных по температуре почвы в *.wed файле;

*.sit – файл, содержащий данные о характеристиках местообитания (главным образом о гидрологических параметрах почвы) необходим в любом случае.

Все 3 входных файла являются текстовыми файлами с разделителями – запятыми (формат CSV), и могут быть подготовлены в любом текстовом редакторе. Но при этом следует проследить за тем, чтобы они сохранялись с требуемым расширением (например, *.sit), а не с присваиваемым по умолчанию (.txt или .csv). Наиболее универсальный способ добиться этого – это заключение имени файла вместе с требуемым расширением в кавычки (например, "spb.wed") в окне сохранения данных соответствующей программы. Название файла должно быть записано латинскими буквами без пробелов, можно использовать нижнее подчеркивание и цифры.

Предупреждение:

При подготовке входных файлов с Вашими данными создавайте резервные копии, не меняйте числа в исходных тестовых файлах проекта, пусть эти файлы-образцы всегда хранятся в nanke: SCLISS→test

Для подготовки входного файла в редакторе БЛОКНОТ:

- 1) откройте тестовый файл, находящийся в папке *SCLISS→test* с соответствующим расширением в редакторе *Блокнот*;
- 2) сохраните файл под другим именем, будьте внимательны, в названии необходимо указать расширение того файла, который Вы готовите (*.cld, *.sit или *.wed), так как текстовый редактор автоматически присваивает расширение *.txt, а такой файл программа SCLISS не распознает!

Подготовка файлов(*.sit) и (*.cld) также возможна средствами пользовательского интерфейса программы SCLISS.

Предупреждение:

Файл (*.wed) может быть достаточно большим, он включает метеорологические ряды, которые часто уже существуют в цифровом виде. Поэтому, этот файл удобнее создавать в электронной таблице (например, MS Excel) и сохранять в формате .csv, но с расширением .wed, для чего имя сохраняемого файла в окне вывода данных следует заключить в кавычки вместе с расширением, например: "spb.wed". Кроме того, в этом случае в региональных настройках системы должны быть установлены разделитель целой и дробной части «точка», и разделитель элементов списка «запятая».

Рекомендуется после самостоятельной подготовки файла до начала работы с ним проверить верность расстановки в файле разделителей в записи цифр (точка) и между данными (запятая). Это можно сделать, открыв файл программой Блокнот. При необходимости средствами этой программы можно заменить знаки на нужные.

2.1. Ежемесячные метеорологические данные *.wed

Этот файл необходим для моделирования динамики почвенных условий при наличии данных о действительных условиях погоды за конкретный интервал времени или данных, полученных из результатов вычислительных экспериментов глобальных климатических моделей (например, при работе со сценариями изменения климата). Пример записи данных приводится на рис. 2.

	0.	5.
Spb.wed - Notepad	🚺 Spb6190.wed - Notep	🚺 Spb09.wed - Notepad 💶 🗙
File Edit Format View Help	File Edit Format View Help	File Edit Format View Help
# StPetersbourg (1901-2010) 🔺	# StPetersbourg (1961-1990) 🛋	# StPetersbourg (2009-2010) 🔼
Year, Month, Tair, Prec, Tsoil 🕺 📃	Year,Month,Tair,Prec,Tsoil	Year, Month, Tair, Prec, Tsoil
1901,1,-3.3,28.6,-0.9	1961,1,-3.4,43.8,0.0	2009,1,-3.5,42.3,-99.9
1901,2,-10.2,41.8,-1.0	1961,2,-0.7,42.1,0.0	2009,2,-3.9,39.0,-99.9
1901,3,-5.7,23.7,-0.5	1961,3,0.1,58.9,0.2	2009,3,-0.8,27.3,-99.9
1901,4,3.3,65.4,1.3	1961,4,2.5,22.1,3.0	2009,4,4.3,28.5,-99.9
1901,5,9.4,24.6,8.0	1961,5,11.1,40.4,-99.9	2009,5,12.1,10.5,-99.9
1901,6,17.4,44.3,13.5	1961,6,18.3,63.3,-99.9	2009,6,15.0,112.7,-99.9
1901,7,19.3,32.5,18.3	1961,7,17.7,87.8,-99.9	2009,7,18.2,62.5,-99.9
1901,8,17.5,62.5,16.9	1961,8,15.8,112.7,16.6	2009,8,16.8,138.5,-99.9
1901,9,11.7,12.4,11.4	1961,9,10.3,45.5,11.3	2009,9,13.9,81.2,-99.9
1901,10,6.8,19.4,6.8	1961,10,8.3,12.0,8.3	2009,10,4.6,95.5,-99.9
1901,11,-2.5,53.8,1.2	1961,11,1.1,37.1,2.8	2009,11,2.4,73.4,-99.9
1901,12,-9.0,52.5,0.3	1961,12,-5.5,102.6,0.8	2009,12,-5.1,90.0,-99.9
1902,1,-9.3,59.5,-0.1	1962,1,-3.2,38.4,0.6	2010,1,-12.1,26.3,-99.9
1902,2,-7.6,29.5,0.1	1962,2,-5.2,27.9,0.0	2010,2,-8.4,69.0,-99.9
1902,3,-5.2,64.7,0.0	1962,3,-6.9,35.1,-0.6	2010,3,-2.4,58.3,-99.9
1902,4,-1.5,15.0,0.8	1962,4,6.0,39.4,3.4	2010,4,6.7,24.5,-99.9
1902,5,8.0,26.7,7.4	1962,5,9.6,41.3,9.2	2010,5,13.4,68.6,-99.9
1902,6,12.4,73.0,11.5	1962,6,12.3,110.5,12.5	2010,6,15.5,108.4,-99.9
1902,7,14.9,49.7,14.9	1962,7,16.1,71.6,15.3	2010,7,24.4,61.4,-99.9
1902,8,13.5,151.7,13.6	1962,8,14.0,107.9,13.6	2010,8,19.6,97.0,-99.9
1902,9,9.1,42.5,9.8	1962,9,10.8,93.8,10.9	2010,9,12.3,58.3,-99.9
1902,10,2.2,52.8,3.3	1962,10,6.8,47.0,7.4	2010,10,5.5,42.1,-99.9
1902,11,-3.2,35.1,0.0	1962,11,1.8,54.6,3.2	2010,11,0.4,118.3,-99.9
1902,12,-8.9,43.5,-2.6	1962,12,-5.2,22.0,0.1	2010,12,-8.3,81.1,-99.9
Ln 1, //	Ln 1, //	Ln 2t //

б

в

Рисунок 2. Пример записи данных в файле *.*wed* (а – полные данные без пропусков, б – с отдельным пропусками в ряду температуры почвы, в – без данных по температуре почвы)

Формат файла:

я

1^я строка. В начале файла необходимо поместить строку, содержащую название места (метеорологической станции) и/или иное текстовое описание данных. Строка должна быть закомментирована (начинаться с символа "#"). Она не будет читаться программой, но данная информация полезна для идентификации содержимого файла. Строка может иметь длину до 250 знаков и *не должна содержать* символов конца строки внутри текста (ставятся при нажатии клавиши [Enter]), при этом переход со строки на следующую строку происходит автоматически при достижении максимальной длина строки;

2^я строка – заголовки столбцов: "Year, month, Tair, Prec, Tsoil";

3^я и последующие строки – собственно ежемесячные метеорологические данные:

Последовательность данных в строке (столбцах):

- Year Номер года (фактический или условный);
- Month Номер месяца (1-12);
- Tair Средняя месячная температура воздуха, °С;
- Prec Месячная сумма осадков, мм;

Tsoil - Средняя месячная температура почвы на глубине 0,2 м под «естественной поверхностью» (травой) на метеорологической станции, °С; если эти данные отсутствуют, во всех полях без данных должно стоять число: -99.9.

Предупреждение:

Значения месяца и года должны быть записаны как целые числа, например: 1,2,3,4 остальные значения – как действительные числа, с разделителем целой и дробной части «точка» например: -3.4. Ноль записывается как «0.0».

Ряд месяцев должен содержать целое число лет, начинаясь с января и заканчиваясь декабрем.

Файл не должен содержать лишних пробелов и пустых строк, в т.ч. и в конце файла.

В файле *.wed, подготовленного для счета в режиме "Weather from file" (оценка температуры и влажности почвы в лесу по входным метеорологическим данным) должны обязательно присутствовать все данные о температуре воздуха и осадках.

Файл метеорологических данных может содержать как ряды фактических наблюдений в определенном месте за определенный интервал времени, так и данные модельных климатических сценариев (изменений климата и т.д.).

Данные по температуре воздуха и осадкам часто доступны на интернет-страницах национальных гидрометеорологических служб или их метеорологических институтов, а также международных климатических центров (http://www.ncdc.noaa.gov, http://eca.knmi.nl и др.). Температура почвы также часто измеряется на метеорологических станциях, но пока еще редко доступна онлайн. По-видимому, эти данные могут быть доступны в местных или национальных метеорологических учреждениях.

Для территории России такие данные частично доступны онлайн на интернет-страницах ВНИИГМИ-МЦД: http://meteo.ru/climate/sp_clim.php.

Сценарии предполагаемых изменений климата могут быть найдены на сайте Центра распространения данных МГЭИК (IPCC DDC), а также на сайтах разработчиков глобальных климатических моделей, но обычно они представляют собой гигантские файлы данных по всему земному шару, и получение из них локальных сценариев требует отдельного описания.

2.2. Статистические параметры климата *.cld

Этот файл содержит климатические данные, необходимые как для статистического генерирования входных метеорологических рядов, так и для вычисления отсутствующих значений температуры почвы по данным о температуре воздуха.



Рисунок 3. Пример записи данных в файле *. cld

Формат файла (Рисунок 3):

- 1^я строка: VAR VALUE (введена для совместимости с форматом входных файлов DLES).
- 2^я строка содержит название места (метеорологической станции) и/или иное текстовое описание данных, строка должна быть закомментирована, то есть начинаться с символа "#" и не будет читаться программой, но полезна для идентификации содержимого файла. Строка может иметь длину до 250 знаков, и не должна содержать символов конца строки внутри текста.
- 3^я и последующие строки содержат статистические характеристики климата. Каждая читаемая строка начинается с идентификатора, обозначающего данный параметр и содержит 12 значений этого параметра (за январь декабрь соответственно), а за ней следует закомментированная (начинающихся с символа "#") строка, содержащая развернутый комментарий к соответствующей переменной.

Список переменных:

av_Ta - многолетняя средняя месячная температура воздуха, °C;

std_Ta - среднее квадратическое отклонение средней месячной температуры воздуха, °С;

av_P - среднее значение месячной суммы осадков, мм;

Cv_P - коэффициент вариации месячных сумм осадков;

- av_Ts многолетняя средняя месячная температура почвы на глубине 0,2 м под стандартной «естественной поверх<u>н</u>остью» (травой) на метеорологической станции, °C;
- std_Ts среднее квадратическое отклонение средней месячной температуры почвы, °С;
- Ваа коэффициент регрессии $B_{aa,m}$,
- Вар коэффициент регрессии, B_{ar.m}. и
- Sa остаточное отклонение температуры воздуха S_{T_{a,m}} в регрессионной модели для генерирования ряда температуры воздуха (Уравнение 3 Описания модели);
- Bss коэффициент регрессии $B_{ss.m}$,
- Bsa коэффициент регрессии B_{sa,m}, и
- Ss остаточное отклонение температуры почвы *S*_{*T*_{*s,m}} в регрессионной модели для генерирования ряда температуры почвы, (Уравнение 4 Описания модели).</sub></sub>*

Где

$$B_{aa,m} = \frac{\sigma_{T_{a,m}}}{\sigma_{T_{a,m-1}}} \cdot \frac{\rho_{(T_{a,m},T_{a,m-1})} - \rho_{(T_{a,m},\ln r_m)} \cdot \rho_{(\ln r_m,T_{a,m-1})}}{1 - \rho^2_{(\ln r_m,T_{a,m-1})}}$$

$$B_{ar,m} = \frac{\sigma_{T_{a,m}}}{\sigma_{\ln r_{m}}} \cdot \frac{\rho_{(T_{a,m},\ln r_{m})} - \rho_{(T_{a,m},T_{a,m-1})} \cdot \rho_{(\ln r_{m},T_{a,m-1})}}{1 - \rho^{2}_{(\ln r_{m},T_{a,m-1})}}$$

$$S_{T_{a,m}} = \sigma_{T_{a,m}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \rho_{(T_{a,m},\ln r_{m})}^{2} - \rho_{(T_{a,m},T_{a,m-1})}^{2} - \rho_{(\ln r_{m},T_{a,m-1})}^{2} + 2 \cdot \rho_{(T_{a,m},\ln r_{m})} \cdot \rho_{(T_{a,m},T_{a,m-1})}}{1 - \rho_{(\ln r_{m},T_{a,m-1})}^{2}}}$$

И

$$B_{ss.m} = \frac{\sigma_{T_{s.m}}}{\sigma_{T_{s.m-1}}} \cdot \frac{\rho_{(T_{s.m},T_{s.m-1})} - \rho_{(T_{s.m},T_{a.m})} \cdot \rho_{(T_{a.m},T_{s.m-1})}}{1 - \rho^{2}(T_{a.m},T_{s.m-1})}$$

$$B_{sa,m} = \frac{\sigma_{T_{s.m}}}{\sigma_{T_{a.m}}} \cdot \frac{\rho_{(T_{s.m},T_{a.m})} - \rho_{(T_{s.m},T_{s.m-1})} \cdot \rho_{(T_{a.m},T_{s.m-1})}}{1 - \rho^{2}(T_{a.m},T_{s.m-1})}$$

$$S_{T_{s.m}} = \sigma_{T_{s.m}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \rho_{(T_{s.m},T_{a.m})}^{2} - \rho_{(T_{s.m},T_{s.m-1})}^{2} - \rho_{(T_{s.m},T_{s.m-1})}^{2} - \rho_{(T_{s.m},T_{s.m-1})}^{2} + 2 \cdot \rho_{(T_{s.m},T_{a.m})} \cdot \rho_{(T_{s.m},T_{s.m-1})}}{1 - \rho^{2}(T_{a.m},T_{s.m-1})}}$$

 $\sigma_{T_{a,m}}, \sigma_{T_{s,m}}, \sigma_{\ln r_m}$ – средние квадратические отклонения температуры воздуха,

температуры почвы и логарифма суммы осадков, $\rho_{(x,y)}$ – соответствующие коэффициенты корреляции (подробнее – см. (Быховец, Комаров, 2002).

Все эти параметры могут быть оценены на основе 20–30-летних (и более) рядов ежемесячных значений температуры воздуха, осадков и температуры почвы с любой метеорологической станции, близкой по климатическим условиям к объекту моделирования.

Параметры можно оценить, используя любое статистическое программное обеспечение или электронную таблицу. Но удобнее воспользоваться для этой цели возможностями программы SCLISS по расчету климатических параметров (файла *.cld) из исходных метеорологических рядов (файла *.wed) – опцией «Generate file» вкладки «Climatology». Для этого следует после запуска программы (до загрузки входных файлов на счет) или после нажатия клавиши (если после запуска уже выполнялась любая другая задача):

1. выбрать вкладку «Climatology» (таблица климатических параметров должна быть пустой);

2. Нажать кнопку «Generate file» внизу вкладки. Появится меню, в котором необходимо выбрать требуемый файл метеорологических данных (*.wed) и загрузить его. При этом будут рассчитаны климатические параметры и заполнена таблица вкладки «Climatology». Данные в таблице можно редактировать (в принципе, ее можно заполнить вручную данными, рассчитанными независимо, но это менее удобно). Возможность редактирования (заполнения) данных в таблице может потребоваться, например, если файл "*.wed" не содержит данных по температуре почвы, тогда эти параметры придется брать из другого файла «.cld» или оценивать отдельно.

3. Нажать кнопку «Save file» внизу вкладки и сохранить полученные параметры в файл климатических данных «*.cld».

Предупреждение:

1) файл метеорологических данных формата «*.wed», если он предназначен только для расчета климатических параметров (генерации файла климатических данных «*.cld ») может содержать отдельные пропуски в рядах всех метеорологических элементов (пропущенные значения должны быть заменены значениями -99.9); 2) такой «*. wed» файл (если он содержит пропуски в рядах температуры воздуха и осадков), нельзя использовать в качестве входных данных для режима «Weather from file». Для работы в этом режиме в файле формата «*. wed », должны быть все метеорологические данные (допустимы пропуски только в рядах температуры почвы).

Достаточно часто на метеорологической станции (а следовательно, и в файле *.wed) могут полностью отсутствовать данные по температуре почвы. В этом случае соответствующие параметры (av_Ts, std_Ts, Bss, Bsa, и Ss) не могут быть оценены непосредственно.

Если данные по температуре почвы на ближайших метеорологических станциях отсутствуют, соответствующие параметры (кроме м.б. самих средних значений температуры) могут быть оценены по любой станции с доступными данными из региона со сходными климатическими условиями, тогда как многолетние средние значения средней месячной температуры (на глубине 0,2 м под травой) можно оценить, используя простую аппроксимацию ее зависимости от температуры воздуха [Быховец, готовится к печати]:

$$t_{s} = \begin{cases} a_{0} + a_{1}t_{a} & npu \quad t_{a} \ge 0 \\ a_{0} + a_{2}t_{a} & " \quad t_{a} < 0 \end{cases}$$

С коэффициентами

Таблица

Коэффициенты уравнения ()												
Месяц	a_0	a_1	a_2	R ²	SEE							
I	2.53	0.57	0.45	0.753	2.48							
II	2.55	0.69	0.51	0.791	2.35							
Ш	1.66	0.86	0.59	0.894	1.68							
IV	-0.69	1.10	0.69	0.951	1.28							
V	-2.95	1.21	-	0.925	1.65							
VI	-4.26	1.26	-	0.861	2.02							
VII	-4.34	1.25	-	0.868	1.85							
VIII	-2.25	1.20	-	0.919	1.47							
IX	0.41	1.14	-	0.951	1.15							
Х	2.80	0.97	0.43	0.958	1.04							
XI	2.77	0.90	0.41	0.914	1.37							
XII	2.26	0.76	0.40	0.802	2.04							

2.3. Данные о местообитании (*.sit)

Этот файл содержит значения плотности естественного сложения и водно-физических констант лесной подстилки и минеральной почвы, а также некоторые другие характеристики местообитания. Файл может создаваться и редактироваться как в текстовом редакторе, например, Блокнот, так и средствами самой программы SCLISS.

📄 soil.sit - Notepad	
File Edit Format View Help	
VAR VALUE	
#Sandy Podzol well-drained	
Lat,60.0	
# Latitude, deg.	
M_#,3.0	
# organic layer mass per area [kg/m*2]}	
TU_T,U.09	
W WP # / O	
# organic layer moisture (% vol) at nermanent wilting point	
W FC ff 26.0	
# organic layer moisture (% vol) at field capasity	
W_Šat_ff,95.0	
# organic layer moisture (% vol) at saturation conditions	
D_ms,1.33	
#mineral soil bulk density [g/m ⁴ 3]	
W_WP_ms,2.6	
# mineral soil moisture at permanent wilting point [vol.%]	
t¥mineral soil moisture at field canasity [vol %]	
W Sat ms 49.9	
#mineral soil moisture at full saturation [vol.%]	
Wv0 ms.5.6	
#Initial value of mineral soil moisture [vol.%]	
Corr,D.5	
# correction factor for calculation Litter moisture, vol.%, from mineral soil moisture, vol.%	
Saturat,0	
# presence of ground water table in the 100 cm layer: 1 - yes, 0 - no	
Permatriu	
r# presence or Permairost T - yes, U - no	
#forest type: 1.spruce 2.nine 3.hirch 4.pak 0.non.defined (some overage parameters use	d)
in forest type. Trapidce, 2-pine, 3-birch, 4-bak, 0-hon-denned (some average parameters use	" ◄
Ln 1, Col 1	11.

Рисунок 4. Пример записи данных в файле *.sit

Формат файла (Рисунок 4):

1^я строка: VAR VALUE (для совместимости с форматом DLES).

- 2^я строка содержит текстовое описание местообитания и/или почвы; строка должна быть закомментирована (начинаться с символа "#") и не будет читаться программой. Строка может иметь длину до 250 знаков, и не должна содержать символов конца строки внутри текста.
- Также файл содержит развернутые комментарии к каждой переменной в закомментированных строках (начинающихся с символа "#"). Их рекомендуется помещать после строки с соответствующей переменной.
- 3^я строка и последующие строки: собственно значения параметров. Каждая читаемая строка должна начинаться с идентификатора, обозначающего данный параметр, и

содержать соответствующее значение, а за ней следует закомментированная (начинающихся с символа "#") строка, содержащая развернутый комментарий к соответствующей переменной.

Список переменных:

Lat - географическая широта места, град.

M ff - запас подстилки, кг/ m^2 ;

D_ff - плотность естественного сложения лесной подстилки, $r/cm^3 = 10^{-3} \text{ кr/m}^3$;

W WP ff - влажность устойчивого завядания лесной подстилки, % объема;

W FC ff - наименьшая полевая влагоемкость лесной подстилки, % объема;

- W Sat ff-полная влагоемкость (общая порозность) лесной подстилки, % объема.
- D_ms плотность естественного сложения (объемная плотность) минеральной почвы, $\Gamma/cm^3 = 10^{-3} \text{ kr/m}^3;$

W WP ms - влажность устойчивого завядания минеральной почвы, % объема;

W FC ms - наименьшая полевая влагоемкость минеральной почвы, % объема;

W Sat ms - полная влагоемкость (общая порозность) минеральной почвы, % объема;

- ₩v0_ms начальное значение влажности минеральной почвы, % объема. Если оно неизвестно, то можно принять значение, близкое к W_FC_ms для хорошо дренированных почв, или между W_FC_ms и W_Sat_ms для плохо дренированных. Даже если это не будет соответствовать действительности, зимой влияние возможных ошибок влажности на интересующие нас процессы не столь велико, а через полгода влияние начального значения на результат будет уже не столь существенным. Еще один более надежный способ исключить влияние начальных условий на результат - это начать расчет климатического сценария за год до начала основного моделирования, и исключить первый год результатов моделирования в SCLISS из окончательного сценария для модели ROMUL;
- Согг поправочный множитель для оценки влажности подстилки по влажности минеральной почвы (среднее отношение их объемных влажностей), обычно принимается за 0,5 для средних условий увлажнения, больше для переувлажненных местообитаний, меньше – для сухих (может использоваться как калибровочный параметр);

Saturat - присутствие грунтовых вод в 1-метровом слое почвы или плохая его дренированность: 1: да, 0: нет;

Permafr- наличие вечной мерзлоты 1: да, 0: нет;

Fortype- доминантный вид древостоя: 1: ель, 2: сосна, 3: береза, 4: дуб, 0: иное (другой вид, для которого соответствующие параметры не определены или смешанный лес, etc.).

Плотность естественного сложения почвы обычно известна, если проводились какиелибо количественные исследования данной почвы. Водно-физические константы для конкретного местообитания могут быть известны не всегда. Они могут быть взяты по данным другого подобного местообитания (если тип почвы и ее гранулометрический состав близки), или оценены по другим известным свойствам почвы, в частности, по гранулометрическому составу и содержанию органического вещества (Saxton et al., 1986).

W WP ms (%об.)=0.0260+0.0050*C+0.0158*H,

W FC ms (%o6.)=0.2576-0.0020*S+0.0036*C+0.0299*H,

W Sat ms ($\% o \delta$.)=0.3320-0.0007251*S+0.1276*log₁₀C,

где *С* – содержание глины (<0.002мм), *S* – содержание песка (0.05–2.0мм), *H* – содержание органического вещества (все в % массы).

Физические свойства лесной подстилки исследованы хуже. Можно попытаться оценить их на основе известных экспериментальных данных. Мы, собрав и проанализировав литературные данные о водно-физических свойствах подстилки, аппроксимировали их простыми функциями плотности естественного сложения D_b (г/см³), и получили для приближенной оценки:

$$\begin{split} & \texttt{WP_ff}(\% o \delta.) = 51.54 * \texttt{D_ff} & (\texttt{R}^2 = 0.72) \\ & \texttt{WFC_ff}(\% o \delta.) = 78.48 * (\texttt{D_ff})^{0.5003} \approx 78.48 * \sqrt{\texttt{D_ff}} & (\texttt{R}^2 = 0.21) \\ & \texttt{WSat_ff}(\% o \delta.) = 100.0 - 55.19 * \texttt{D_ff} & (\texttt{R}^2 = 0.79). \end{split}$$

Плотность естественного сложения лесной подстилки $D_{b,FF}$ (g/cm³) обычно изменяется в пределах 0.03 - 0.24 г/см³, в среднем около 0.10 г/см³. Для определенного местообитания она может быть оценена по запасу подстилки и ее толщине^{*}. Если и такие данные недоступны, в качестве грубого приближения можно принять среднюю плотность (0.10 г/см³) и соответствующие значения водно-физических констант (W_WP_ff (‰б.) \approx 5, W_FC_ff (‰б.) \approx 25, W_Sat_ff (‰б.) \approx 95).

^{*} В общем случае из трех величин (запас подстилки, ее толщина и плотность) достаточно знать любые 2, чтобы определить третью.

В программе SCLISS для создания нового файла *.sit после запуска программы следует (до загрузки входных файлов на счет) или после нажатия клавиши (если после запуска уже выполнялась любая другая задача) открыть вкладку «Site params», заполнить все числовые значения параметров в таблице, и выбрать значения Saturat, Permafr и Fortype, после чего сохранить файл с помощью кнопки «Save file» внизу вкладки. Также возможно редактирование и сохранение файла, введенного обычным образом.

2.4. Формат выходного файла (климатический сценарий для ROMUL)

Файл формата CSV (разделители – запятые) содержит 5 колонок данных (первая строка, «заголовки» колонок – имена портов, принятые в DLES): step – порядковый номер шага,

t_lit - среднемесячная температуры подстилки в С° (в наших обозначениях T_ff),

t_soil - среднемесячная температуры почвы в С° (T_ms),

m_lit – среднемесячная влажность подстилки в %, объема (W_ff),

m_soil - среднемесячная влажность почвы в % объема (W_ms).

Предупреждение:

В настоящей версии программы влажность почвы выводится в объемных процентах (в старых версиях модели ROMUL использовались весовые %). Для корректной работы программы ROMUL в качестве ее входных данных (файл Init_values) необходимо использовать те же значения водно-физических констант (в объемных процентах!), которые были использованы для расчета соответствующего сценария (для данного местообитания). Эти значения содержатся в нашем файле входных данных о местообитании *.sit:

W WP ff - влажность устойчивого завядания лесной подстилки, % объема;

W FC ff - наименьшая полевая влагоемкость лесной подстилки, % объема;

W Sat ff - полная влагоемкость (общая порозность) лесной подстилки, % объема.

W WP ms-влажность устойчивого завядания минеральной почвы, % объема;

W FC ms наименьшая полевая влагоемкость минеральной почвы, % объема;

W Sat ms- полная влагоемкость (общая порозность) минеральной почвы, % объема.

Использование несовпадающих значений этих параметров в SCLISS и ROMUL (а тем более - значений в разной размерности) может привести к ошибкам в оценке влияния влажности почвы на скорости преобразования органического вещества при работе с ROMULom.

3. Пользовательский интерфейс – инструкция по применению

SCLISS – программа, работающая в операционной среде Microsoft Windows (версии не ниже XP).

Возможны 2 режима моделирования:

- «Weather from file» оценка температуры и влажности лесной подстилки и минеральной почвы в лесу по входным метеорологическим данным (температуре воздуха и осадкам); при этом температура почвы под травой может либо задаваться во входном файле, либо рассчитываться при моделировании (см. пункт 2.2.).
- «Simulated weather» статистическое генерирование «входных» метеорологических данных с последующей оценкой температуры и влажности лесной подстилки и минеральной почвы в разных типах леса.

3.1 Установка и запуск программы

Программа не требует инсталляции. Запускается открытием исполняемого файла SCLISS.exe.

Предупреждение: Внешний вид отдельных элементов графического интерфейса может несколько различаться при работе в различных версиях OC Windows.

3.2 Общий вид интерфейса

- В заголовке главного окна (Рис. 5) отображается название программы (SCLISS), ниже расположена панель инструментов. Она включает следующие опции:
- Кнопка сохранения результатов моделирования в файл: 🖬 ;
- Кнопка инициализации программы: 🍱 ;
- Окно выбора продолжительности моделирования (в годах): Step (years):
- Кнопка запуска выполнения счета (моделирования): 🕨 ;
- Меню выбора данных, которые будут представлены на графике:

Data on the chart: Month by month 🔻

- Вспомогательное меню выбора года, данные которого будут представлены на графике.

	s						
	— 1 P						
Input s	ite params	Climatolog	gy Resu	lts		Input weather (Month by month)	
📀 Weat	her from file	[🗁 0;	pen files				
🔘 Simula	ated weathe	r 🕞 or	pen files			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	🗖 — Tair. °C
-							□ — Tsoil, °C
There are	e 30 years ir	n "weather.	wed"	_			🗖 — Prec
Year	Month	Tair, °⊂	Tsoil, °				
1961	Jan	-3.40	0.00				-
1961	Feb	-0.70	0.00		ŝ		° Fe
1961	Mar	0.10	0.20		IL 6'		ci pi
1961	Apr	2.50	3.00		rati		tati
1961	May	11.10	9.23		lo el		on
1961	Jun	18.30	15,48		em		В
1961	Jul	17.70	17.98		-		3
1961	Aug	15.80	16.60				
1961	Sep	10.30	11.30				
1961	Oct	8.30	8.30	~			
<			>)			
Save File						Number of months	
1 year					[

Кнопка выхода из программы 隆 .

Рисунок 5. Общий вид интерфейса программы

- В левой части главного окна находятся 4 вкладки ("Input", "Site params", "Climatology", "Results"), через которые осуществляется управление данными. В правой его части – после проведения счета будет активировано окно диаграмм, для отображения результатов моделирования и входных метеорологических данных. Под рабочей областью главного окна в информационной строке в процессе работы будет отображаться число лет моделирования.
- Вкладка *"Input"* (Рис.6) используется для выбора режима моделирования, загрузки входных данных из файлов и просмотра входных метеорологических рядов (в таблице во вкладке, а также на графике в окне диаграмм).
- При выборе первого режима расчета по входным метеорологическим данным, *«Weather from file»*, а затем опции *«Open files»*, последовательно открываются каталоги для загрузки трёх входных файлов: файла локальных данных о местообитании *.sit, файла входных метеорологических данных *.wed и файла климатических параметров *.cld. Последний в этом режиме нужен только для вычисления отсутствующих значений температуры почвы под травой, а при наличии этих данных и отсутствии пропусков в них не требуется.

- Входные метеорологические данные отображаются в таблице во вкладке «*Input*», а с началом счета и в окне диаграмм (при выбранной вкладке «*Input*»). Отсутствующие во входном файле значения температуры почвы оцениваются по модели и отображаются в таблице шрифтом красного цвета. Во вкладке «*Input*» отображается также продолжительность введенного ряда данных (в годах).
- При выборе второго режима ("Simulated weather") аналогичным предыдущему образом загружаются 2 файла: файл локальных данных о местообитании (*.sit) и файл климатических параметров (*.cld). Метеорологические ряды в этом случае генерируются после начала основного счета и отображаются в таблице в левой части окна шрифтом красного цвета.
- Полученные ряды метеорологических данных могут быть сохранены в новый *.wed файл. Для этого после выполнения счета нужно открыть вкладку «Input» и выполнить команду «Save file».

Input	Site params	Climatolog	y Results							
Weather from file Open files Simulated weather Open files										
There a	There are 110 years in "climprm.wed"									
Year	Month	Tair, ℃	Tsoil, ℃	Prec, mm 🔺						
1901	Jan	-3.30	-0.90	28.60						
1901	Feb	-10.20	-1.00	41.80						
1901	Mar	-5.70	-1.00	23.70						
1901	Apr	3.30	1.30	65.40						
1901	May	9.40	8.00	24.60						
1901	Jun	17.40	13.50	44.30						
1901	Jul	19.30	18.30	32.50						
1901	Aug	17.50	16.90	62.50						
1901	Sep	11.70	11.40	12.40						
1901	Oct	6.80	6.80	19.40						
•				•						
		E s	ave File							

Рисунок 6. Вкладка «Input»

Вкладка "Site params" (рис. 7) используется для просмотра, редактирования и сохранения файла локальных данных о местообитании *.sit (см. описание файла в п.2.3.). Количественные параметры, характеризующие главным образом физические свойства почвы и подстилки, отображаются в таблице, позволяющей их редактирование. Внизу вкладки расположены опции выбора значений «бинарных» (наличие - 1/отсутствие – 0) параметров «Saturation» - переувлажнение и «Permafrost» - мерзлота и выбора доминирующего вида древостоя «Select Forest type». Последнее необходимо для учета температурных поправок на доминанту древостоя. В программе возможен учет

следующих видов: spruce - ель, pine - сосна, birch - береза, oak - дуб, или other - «иное» (другой вид, не входящий в список, или смешанный лес).

Input Site params	Climatology Results						
Lat, deg.	58.00						
M_ff, kg/m²	2.00						
D_ff, g/cm ³	0.10						
W_WP_ff, vol.%	5.00						
W_FC_ff, vol.%	30.00						
W_SAT_ff, vol.%	95.00						
D_ms, g/cm ³	1.57						
W_WP_ms, vol.%	13.20						
W_FC_ms, vol.%	17.90						
W_SAT_ms, vol.%	27.90						
Wv0_ms, vol.%	20.00						
Corr	0.50						
Saturation Yes Permafrost Yes Select Forest type: Spruce	← No ← No ↓ Write file						

Рисунок 7. Вкладка "Site params"

Измененные данные могут быть сохранены в файл опцией «Save file».

Вкладка "*Climatology*" (Рис. 8) используется для создания, просмотра, редактирования и сохранения файла климатических параметров *.cld (см. описание файла). С помощью программы SCLISS в этой вкладке файл *.cld может быть сгенерирован из файла метеорологических данных *.wed (опция «Generate file»), но данную операцию следует выполнять отдельно, а не во время загрузки всех файлов для запуска основного счета. Если используемый для расчета климатических данных файл *.wed не содержит данных по температуре почвы, соответствующие параметры не будут рассчитаны, и их нужно будет оценить дополнительно (см. описание файла). Климатические данные, прочитанные из файла *.cld или сгенерированные из файла *.wed Сгенерированный могут быть отредактированы вручную. или отредактированный файл может быть сохранен (опция "Save file").

Input	Site param	s Climatolo	97 Results	1							
	av_Ta, ℃	std_Ta, ℃	av_P, mm	Cv_P	av_Ts, °⊂	std_Ts, ℃	Baa	Вар	Sa, ℃	Bss	Bsa
Jan	-7.07	3.98	39.30	0.45	-0.78	1.33	0.44	1.53	3.56	0.66	0.12
Feb	-7.05	3.88	34.31	0.45	-1.09	1.35	0.35	2.10	3.42	0.67	0.11
Mar	-2.90	2.93	33.34	0.52	-0.67	0.96	0.31	0.34	2.66	0.49	0.13
Apr	3.75	2.15	36.52	0.49	2.02	1.58	0.27	-0.06	1.98	0.47	0.53
May	10.14	2.27	46.52	0.55	9.17	1.95	0.34	-0.21	1.92	0.27	0.66
Jun	15.08	2.34	63.48	0.47	13.98	2.39	0.16	-1.15	1.73	0.44	0.70
Jul	17.92	2.50	70.49	0.50	17.24	2.41	0.19	-0.56	1.76	0.28	0.68
Aug	16.20	2.22	81.64	0.50	16.18	2.18	0.31	-0.88	1.37	0.37	0.57
Sep	11.08	1.92	64.84	0.55	11.85	1.77	0.30	-0.52	1.49	0.31	0.65
Oct	5.21	2.08	60.55	0.45	6.45	1.80	0.45	0.21	1.90	0.35	0.68
Nov	-0.13	2.20	52.30	0.45	2.27	1.24	0.26	1.18	2.05	0.29	0.37
Dec	-4.49	3.34	45.33	0.45	0.24	1.03	0.32	0.61	3.27	0.34	0.14
G	enerate file	🔡 Writ	e file								

Рисунок 8. Вкладка *"Climatology"* (в развернутом состоянии)

3.3. Выполнение расчетов

А. Предположим, нужно провести счет по уже готовым входным метеорологическим данным:

 Загрузите входные файлы: в меню *Input* выберите «Weather from file», после чего опцией «Open files» открывается доступ к папкам с входными файлами. Выберите папку «Test», отметьте курсором и загрузите файл почвенных данных «soil.sit» (Рисунок 9).

SCLISS							
🔚 📋 Step (years): 🕽	1	Data o	n the chart: Month by month	Select year:) ——	1	●
Input Site params Climate	Открыть файл					? 🔀	
💿 Weather from file 🛛 🔀	Папка:	🚞 Test		🖌 🕝 💋	• 🔝 🥙		
O Simulated weather	Сорони Недавние документы) soil					
	С Рабочий стол						
	Мои документы						
	Мой компьютер						
		Имя файла:	valdai		~	Открыть	
	Сетевое	Тип файлов:	sit files		~	Отмена	
0 Year							U

Рисунок 9. Загрузка входных файлов. Каталог входных файлов

- Правильная последовательность загрузки файлов с разными расширениями прописана в программе. Вначале открывается окно для загрузки первого файлов *.sit, затем, с расширением .wed и .cld ...Загрузите тестовые файлы: weather.wed, и climat.cld. При работе с собственными данными Вы будете выбирать файл каждого типа из списка подготовленных Вами файлов. После загрузки данных во вкладке *«Input»* выводится таблица с метеорологическими данными (в нашем примере из загруженного файла weather.wed). Размер окна регулируется.
- 2. Инициализация осуществляется кнопкой Выполните её после ввода входных данных. Инициализация также необходима, перед вводом новых входных данных, или когда нужно провести модельный эксперимент заново с нулевого шага.
- 3. В поле ввода продолжительности моделирования Step (years): Задайте задайте количество лет, на которые будет проводиться расчет при единичном запуске программы на счет (по умолчанию: 1 год).
- 4. Активизируйте счет кнопкой 🕨.

Примечание: повторное нажатие на кнопку извеличивает расчетный период на заданное Вами число лет. Количество лет, за которые расчет уже

выполнен, выводится в информационной строке внизу главного окна. В режиме расчета по входным метеорологическим данным («weather from file») общая продолжительность расчета ограничена длиной ряда входных данных. При завершении расчета для всего периода, заданного во входном *.wed-файле, в строке состояния справа внизу выводится сообщение: «The calculation was complete for the whole input data».

5. После проведения счета в окне диаграмм справа отметьте, какие параметры будут демонстрироваться на графике (рис. 10). При открытой вкладке «*Input*» производится вывод на график в окне диаграмм входных данных (рис. 11); при открытой вкладке «*Results*» - результатов моделирования (рис. 12). Результаты моделирования отображаются также в таблице во вкладке «Results» (Рис. 12).

😤 SCLIS	S													
	😤 Step (ye	ars):	0		10	۶	Data	on the cha	rt: 🛛	1onth by ma	onth 🔻	Selec	t year	r: []
Input g	Site params ther from file	ts	Ir	npu	it we	eather	. (M	lonth I	by m	ont	h)			
 Simul There ar 	ated weathe	r 🕞 o n "weather.	pen files wed"]	□ — Tair, °C □ — Tsoil, °C □ — Prec
Year	Month	Tair, ℃	Tsoil, °	*										
1961	Jan	-3.40	0.00		0								-	
1961	Feb	-0.70	0.00		Š.								rec	
1961	Mar	0.10	0.20		ure								팊	
1961	Apr	2.50	3.00		erat								at.	
1961	May	11.10	9.35		ď								,ĭ	
1961	Jun	18.30	16.40		Ter								₹	
1961	Jul	17.70	17.72										=	
1961	Aug	15.80	16.60											
1961	Sep	10.30	11.30	_										
1061	Oct	8 30	9.30	Ŧ										
		S S	ave File			L		Numb	er o	f months	•			
10 yea	r													

Рисунок 10. Выбор параметров для демонстрации на графике в окне диаграмм



Рисунок 11. Отображение входных данных моделирования



Рисунок 12. Отображение результатов моделирования

В подменю

Data on the chart: Month by month 💌

осуществляется выбор типа отображаемого

временного ряда: а) временной ряд в естественной последовательности («Month by

month»), б) годовой ход (*«Annual course»*), в) ряды годовых данных (*«Annual average»*), г) ряды данных за отдельный месяц года (*«January» – «December»*), причем опции (в) и (г) становятся доступными, когда смоделированы как минимум 2 года.

Годовой ход («Annual course»), выводится за один год. Год, данные которого выводятся

на графике можно выбрать в окне ^{Select year:} 2 на панели инструментов. Это окно подменю активируется при выборе годового хода (*«Annual course»*). Для режима «weather from file» - на графике отображаются конкретные годы, по которым имеются данные; в режиме *«simulated weather»* - годы от начала моделирования (рис.13).

🦙 so	USS					
	[∦ st	ep (years):			5 Data on the chart: Annual average Select year:	
Input	Site pa	arams Clin	natology R	esults	Pesults (Annual average)	
Year	Month	T_ff, ℃	T_ms, ℃	W_ ^	Results (Annual average)	
1961	Jan	0.00	1.10	2.:	7.5	
1961	Feb	0.00	0.70	2.8		
1961	Mar	0.10	0.90	3.0	$\Gamma \longrightarrow \Gamma_{ms}, \tau$	
1961	Apr	2.50	3.50	2.7		
1961	May	11.10	8.64	2.0	$\Box \longrightarrow W$ ff, %m.	
1961	Jun	18.30	12.91	2.0	\sim 7.1 \sim \sim W_ms, %m.	
1961	Jul	17.70	15.49	2.2	Ê 7 ·	
1961	Aug	15.80	14.40	2.€	토 6.9 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
1961	Sep	10.30	10.00	2.5	ê 6.8 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
1961	Oct	8.30	9.20	2.3	Ē ₆₇ / / / *	
1961	Nov	1.10	4.20	2.6		
1961	Dec	0.00	1.80	2.8		
1962	Jan	0.00	1.70	2.8	6.5 V	
1962	Feb	0.00	0.70	2.8	6.4	
1962	Mar	0.00	0.10	2.8	6.3	
1962	Apr	6.00	3.90	3.0		
1962	May	9.60	7.20	2.5 🔻	Number of years	
				•		
10	/ear					

Рисунок 13. Отображение результатов моделирования по годам

- Результаты моделирования сохраняются с помощью кнопки главного меню: . Сохранение результатов производится в файл "climate.csv", который может быть использован как входной файл для модели ROMUL.
- Сохранение рисунка в файл формата *Windows Metafile* (*.wmf) или *BitMap* (*.bmp) или же его печать осуществляется через всплывающее меню, вызываемое правой кнопкой мыши при положении курсора в окне диаграмм. Присваиваемое по умолчанию имя

файла содержит время его создания (впоследствии Вы можете переименовать его системными средствами по Вашему усмотрению).

Для выхода из программы служит кнопка **Р**, для повторного моделирования (с этими же или другими данными) следует нажать **Г**.

- Б. Предположим, нужно статистически сгенерировать ряды входных метеорологических данных с последующей оценкой температуры и влажности лесной подстилки и минеральной почвы.
- Загрузите входные файлы: в меню *Input* выберите «Simulated weather» опцией
 Copen files
 после чего открывается доступ к папкам с входными файлами (рис.1).
 Загрузите файлы: файл локальных данных о местообитании *.sit и файл климатических параметров *.cld (например, soil.sit и climat.cld). Файл *.wed в данном случае не требуется.
- 2. Последующие действия аналогичны режиму «weather from file».

Примечание: в режиме статистического генерирования входных данных ("Simulated weather"), продолжительность расчетного периода может достигать не более 500 лет (в данной версии).

Метеорологические ряды будут генерироваться после начала основного счета и отображаться шрифтом красного цвета. Сгенерированные ряды метеорологических данных могут быть сохранены в новый *.wed – файл. Это может быть полезно, например, если нужно получить сценарии почвенного климата для нескольких лесных местообитаний при одних и тех же модельных (сгенерированных) метеорологических условиях. Для этого после выполнения счета нужно открыть вкладку «*Input*» и выполнить команду «*Save file*».

В любом случае главным результатом моделирования будет файл "climate.csv", сохраняемый кнопкой «Save file» () панели инструментов. Он содержит результаты моделирования водно-тепловых условий лесной почвы и является входным климатическим сценарием для модели ROMUL.

Литература:

Будыко М.И. Климат и жизнь. Л., Гидрометеоиздат, 1971.

- Быховец С.С., Комаров А.С. Простой статистический имитатор климата почвы с месячным шагом. Почвоведение. 2002. № 4. С. 443–452.
- Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., Papendick, R.I. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *SSSAJ*, 1986. 50: 1031-1036.