

## I. Идентификация модели:

Институт, ведомство, страна:

Институт вычислительной математики РАН, Москва, Россия.

Название модели:

INMCM3.0

Год создания модели:

2004.

Основные публикации:

Алексеев и др., 1998.

Дианский и др., 2002.

Дианский, Володин 2002.

Публикации, отражающие основные изменения в модели с 2001г.

Володин, Дианский 2004.

Галин и др., 2003.

Чувствительность модели к удвоению  $\text{CO}_2$  ( $\text{KBT}^{-1}\text{M}^2$ ) в эксп. С 50-м. океаном:

0.52 K BT-1 м2

Контакты для:

1. совместной модели

Володин Евгений Михайлович, [volodin@inm.ras.ru](mailto:volodin@inm.ras.ru)

2. атмосферы

[volodin@inm.ras.ru](mailto:volodin@inm.ras.ru)

3. океана

Дианский Николай Ардальянович, [dinar@inm.ras.ru](mailto:dinar@inm.ras.ru)

4. морского льда

[volodin@inm.ras.ru](mailto:volodin@inm.ras.ru)

5. поверхности суши

[volodin@inm.ras.ru](mailto:volodin@inm.ras.ru)

6. вегетации

[volodin@inm.ras.ru](mailto:volodin@inm.ras.ru)

7. атмосферной радиации

Галин Венер Ягафарович, [galin@inm.ras.ru](mailto:galin@inm.ras.ru)

**II. Какие блоки включены в модель интерактивно кроме атмосферы, океана, морского льда и приписанной вегетации?**

- A. Атмосферная химия? нет
- B. Интерактивная биогеохимия? нет
- C. Какие аэрозоли, есть ли непрямого эффект?  
Сульфатный и вулканический аэрозоль, нет непрямого эффекта.
- D. Динамическая вегетация? нет
- E. Континентальный лед? Заданное распределение континентального льда.

**III. Международные сравнения, в которых участвовала модель.**

**AMIP II (DNM)**

**CMIP II (INMCM)**

**IV. Характеристика компонент модели:**

**A. Атмосфера**

**1. разрешение:**

5x4 градуса по долготе и широте, 21 уровень по вертикали. (Алексеев и др., 1998).

**2. численная схема/сетка (адвективная и по времени; верхняя граница модели; вертикальная координата и число уровней выше 200 гПа и ниже 850 гПа):**  
Конечно-разностная схема (Arakawa 1977), полуняевная схема по времени (Robert 1972).

Верхняя граница модели 10 гПа

Вертикальная координата - сигма.

8 уровней выше 200 гПа, 5 уровней ниже 850 гПа.

**3. Прогностические переменные:**

U и V-компоненты скорости, температура, удельная влажность, давление на поверхности.

**4. Основные параметризации:**

**a. облачность.**

Диагностическое вычисление балла облачности. Балл слоистой облачности вычисляется как кусочно-линейная функция относительной влажности (формула Смагоринского). Включен учет подынверсионной облачности на верхней границе пограничного слоя.

Балл конвективной облачности равен 0.5 для мелкой конвекции и зависит от конвективных осадков для глубокой конвекции.

**b. конвекция**

Глубокая и мелкая конвекция Betts (1986), с измененными реперными профилями.

Крупномасштабная конденсация, испарение крупномасштабных осадков.

**c. Пограничный слой.**

Аэродинамические формулы для вычисления потоков на поверхности, к-ты обмена зависят от стратификации и сдвига ветра. Вертикальная диффузия в пограничном слое с коэффициентом, зависящим от числа Ричардсона (Алексеев и др., 1998)

- d. Радиация  
18 спектральных интервалов в коротковолновой области, 10 интервалов в длинноволновой области (Галин 1998)
- e. Искусственное торможение ветра на верхнем расчетном уровне. Нет.
- f. Гравитационно-волновое сопротивление.  
Орографическое (Palmer et al, 1986) и неорографическое (Hines 1997) гравитационно-волновое сопротивление.

## В. Океан

- 1. разрешение:  
2.5x2 градуса по долготе и широте, 33 сигма-уровня по вертикали.
- 2. численная схема:  
С-сетка Аракавы, неявная схема по времени, расщепление по координатам и физическим процессам, вертикальная координата – сигма, приближение твердой крышки, поток солености и тепла на верхней границе (Дианский и др. 2002).
- 3. Прогностические переменные:  
U и V-компоненты скорости, потенциальная температура, соленость, баротропная функция тока.
- 4. Основные параметризации:
  - a. Параметризация вихрей:  
Горизонтальная диффузия 2 порядка (Лаплас) для температуры и солености на z-поверхностях. Горизонтальная диффузия 4 порядка (Лаплас\*\*2) для u, v на сигма-поверхностях.
  - b. Придонный пограничный слой: линейное трение у дна.
  - c. Параметризация перемешанного слоя:  
Вертикальная диффузия (Pacanowski, Philander 1981).
  - d. Проникновение солнечного света:  
58% солнечного света поглощается поверхностью, оставшиеся 42% затухают в e раз на 20 м.
  - e. Приливное перемешивание: нет.
  - f. Перемешивание в устьях рек: нет.
  - g. Перемешивание изолированных морей с океаном:  
Поток солености из красного, Черного, Балтийского морей, Персидского залива. Нет потока тепла.
  - h. Трактовка сингулярности на полюсе: Фильтрация, искусственный остров.

## С. Морской лед

- 1. Горизонтальное разрешение, количество уровней, количество градаций:  
2.5x2 градуса по долготе и широте, 1 уровень по вертикали, 1 градация.

2. Численная схема:  
Нет адвекции, только тепловой баланс, явная схема по времени.
3. Прогностические переменные:  
Масса льда, сплоченность, масса снега.
4. Динамика, реология, трактовка снега на льду:  
Нет динамики, только таяние и замерзание. Накопление и таяние снега на льду.
5. соленость льда: 4 промиля.
6. трактовка сингулярности на полюсе:  
искусственный остров.

#### D. Суша.

Описание параметризации процессов в почве и растительности можно найти в Алексеев и др., 1998, Володин и Лыкосов (1998)

1. разрешение:  
5x4 градуса по долготе и широте, 23 уровня для температуры и влаги.
2. трактовка мерзлоты:  
рассматривается таяние/замерзание почвенной влаги.
3. трактовка поверхностного стока и рек  
Поверхностный сток вычисляется по осадкам, снеготаянию и состоянию верхнего слоя почвы. Сток в бассейне реки мгновенно переносится в устье и влияет на соленость морской воды.
4. трактовка снега на суше.  
4 слоя для решения уравнения теплопроводности.
5. описание учета почвенной влаги.  
23 уровня для почвенной влаги до 10 м., уравнение включает влагопроводность, термовлагопроводность, гидравлический поток, замерзание-таяние.  
Подповерхностный сток зависит от количества почвенной влаги.
6. расчет альбедо поверхности:  
Альбедо океана зависит от зенитного угла Солнца.  
Для суши альбедо бесснежной поверхности задано согласно (Dorman, Sellers 1989) для 4 сезонов, настоящее альбедо вычисляется с учетом площади ячейки, покрытой снегом. Альбедо снега и льда зависит от температуры.
7. учет вегетации:  
Заданное распределение потенциальной вегетации 13 типов с различными значениями параметров устьичного сопротивления, глубины корневой системы, потенциала завядания. Нет динамической вегетации.
8. прогностические переменные:  
температура почвы, влага, замерзшая влага.
9. параметризация континентального льда:  
снег поверх льда не рассматривается, аккумуляция и таяние, а также динамика льда не рассматривается. Сток с ледников не рассматривается.

#### E. Стыковка блоков моделей.

1. частота обмена информацией:  
1 час между атмосферой и морским льдом; 6 часов между атмосферой и открытым океаном
2. Выполняется ли закон сохранения тепла и воды при стыковке? Да.
3. список переменных, передаваемых от одного блока к другому:
  - а. атмосфера - океан:  
поток тепла,

- коротковолновая радиация, проникающая в воду,
  - поток пресной воды,
  - компоненты напряжения трения.
  - b. атмосфера - почва:
    - температура поверхности, поток воды в почву.
  - c. Суша - океан: речной сток.
  - d. морской лед - океан: поток пресной воды.
  - e. Морской лед - атмосфера: температура и площадь морского льда
4. Коррекция потоков:  
Коррекция потока пресной воды в Гренландско-Норвежском, Баренцевом и Карском морях (1.75 мм/сут из океана в атмосферу). Нет коррекции потока тепла и импульса.

## V. Детали численного эксперимента:

### 1. Моделирование 20 столетия (XX).

В качестве начальных данных взята климатология Левитуса для температуры и солености в океане, нулевые скорости, отсутствие морского льда и состояние атмосферы из предыдущих расчетов по модели атмосферы. С этих начальных данных был сосчитан 200-лентий эксперимент с постоянными внешними воздействиями, соответствующими концу 20 столетия. После этого, был проведен 80-летний счет с внешними воздействиями, соответствующими 1871г., взятыми с [ftp://sprite.llnl.gov/pub/covey/IPCC\\_4AR\\_Forcing](ftp://sprite.llnl.gov/pub/covey/IPCC_4AR_Forcing) (4ARF). Конец 80-летнего счета (0 часов 1 января) был взят в качестве начального условия для эксперимента XX.

Временные изменения CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, солнечной постоянной были взяты из 4ARF (PCM1\_A1.nc). Зонально осредненное распределение вулканического аэрозоля взято из rcm\_volcanic\_1890-2000\_T42.nc, Сульфатный аэрозоль задан в виде двумерного распределения. Для получения мгновенных значений использовалась линейная интерполяция во времени. CFC11, CFC-12 не рассматривались. Изменения концентрации озона не рассматривались, климатический годовой ход озона задан так же, как для AMIP II (Wang et al, 1995).

### 2. A1B.

В качестве начального условия взят конец эксперимента XX (0 часов 1 января 2001г). Временной ход CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O взяты из 4ARF (PCM1\_A1.nc). Задавался временной ход сульфатного аэрозоля на двумерной сетке в соответствии с 4ARF, сценарий A1B. В 2101-2200г.г. все внешние воздействия соответствовали 2100г. CFC11, CFC-12 не рассматривались. Изменения озона не рассматривались, среднемесячная климатология озона задана согласно (Wang et al, 1995). Солнечная постоянная и концентрация вулканического аэрозоля взяты как в 2000г. эксперимента XX.

### 3. B1.

В качестве начального условия взят конец эксперимента XX (0 часов 1 января 2001г).

Временной ход  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  взяты из 4ARF (PCM1\_B1.nc). Задавался временной ход сульфатного аэрозоля на двумерной сетка в соответствии с 4ARF, сценарий B1. В 2101-2200г.г. все внешние воздействия соответствовали 2100г. CFC11, CFC-12 не рассматривались. Изменения озона не рассматривались, среднемесячная климатология озона задана согласно (Wang et al, 1995). Солнечная постоянная и концентрация вулканического аэрозоля взяты как в 2000г. эксперимента XX.

#### 4. A2.

В качестве начального условия взят конец эксперимента XX (0 часов 1 января 2001г). Временной ход  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  взяты из 4ARF (PCM1\_A2.nc). Задавался временной ход сульфатного аэрозоля на двумерной сетка в соответствии с 4ARF, сценарий A2. В 2101-2200г.г. все внешние воздействия соответствовали 2100г. CFC11, CFC-12 не рассматривались. Изменения озона не рассматривались, среднемесячная климатология озона задана согласно (Wang et al, 1995). Солнечная постоянная и концентрация вулканического аэрозоля взяты как в 2000г. эксперимента XX.

#### 5. COMM.

В качестве начального условия взят конец эксперимента XX (0 часов 1 января 2001г). Все внешние воздействия взяты как в 2000г. эксперимента XX.

#### 6. Контрольный эксперимент CNT.

Начальное условие задано так же, как для эксперимента XX.

Все внешние воздействия соответствовали 1871г. эксперимента XX.

#### 7. 1% рост $\text{CO}_2$ до удвоения ( $2\text{CO}_2$ ).

Начальное условие такое же, как для эксперимента XX

Задавался рост  $\text{CO}_2$  на 1% в год от уровня 1871г. до удвоения через 70 лет, + 150 лет с удвоенным  $\text{CO}_2$ . Остальные внешние воздействия как в 1871г.

#### 8. 1% рост $\text{CO}_2$ до учетверения ( $4\text{CO}_2$ ).

Начальное условие такое же, как для эксперимента XX

Задавался рост  $\text{CO}_2$  на 1% в год от уровня 1871г. до учетверения через 140 лет, + 150 лет с учетверенным  $\text{CO}_2$ . Остальные внешние воздействия как в 1871г. первые 70 лет эксперимента  $4\text{CO}_2$  совпадают с первыми 70 годами эксперимента  $2\text{CO}_2$ .

#### 9. CNT50M.

Для получения начального условия задавалась наблюдаемая ТПО и отсутствие морского льда, с этого состояния проведен счет на 30 лет до достижения квазиравновесного состояния. Конец этого счета взят за начало данного эксперимента. Все внешние воздействия соответствуют концу 20 столетия.

10. 2CO250M.

Начальное условие задано как для CNT50M Все воздействия как для CNT50M, но концентрация CO<sub>2</sub> удвоена.

## ЛИТЕРАТУРА

Алексеев В.А., Володин Е.М., Галин В.Я., Дымников В.П., Лыкосов В.Н. Моделирование современного климата с помощью атмосферной модели ИВМ РАН. М., Препринт ИВМ РАН. 1998. 180с.

Володин Е.М., Дианский Н.А. Воспроизведение Эль-Ниньо в совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана. Метеорология и гидрология, 2004, N 12, с.5-14.

Володин Е.М., Лыкосов В.Н. Параметризация процессов тепло- и влагообмена в системе растительность-почва для моделирования общей циркуляции атмосферы. 1. Описание и расчеты с использованием локальных данных наблюдений. Изв. РАН. Физика атмосферы и океана, 1998, Т.34, N4, с.453-465.

Галин В.Я. Параметризация радиационных процессов в атмосферной модели ИВМ. Изв. РАН. Физика атмосферы и океана, 1998, Т.34, N3, с.380-389.

Галин В.Я., Володин Е.М., Смышляев С.П. Модель общей циркуляции атмосферы ИВМ РАН с динамикой озона. Метеорология и гидрология, 2003, N 5, с.13-23.

Дианский Н.А., Багно А.В., Залесный В.Б. Сигма-модель глобальной циркуляции океана и ее чувствительность к вариациям напряжения трения ветра. Изв. РАН. ФАО. 2002. Т.38. N4. С.537-556.

Дианский Н.А., Володин Е.М. Воспроизведение современного климата в совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана. Известия РАН. ФАО. 2002. Т.38, No. 6, с. 732-747.

Arakawa A., Lamb V.R., 1977. Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model. In: Methods in computational physics, V.17. J. Chang (ed.). New York, Academic Press, p.173-265.

Betts A.K., 1986. A new convective adjustment scheme. Part I. Observational and theoretical basis. Quart. J. Roy. Met. Soc., V.112, p.677-691.

Dorman J.L., Sellers P.J., 1989. A global climatology of albedo, roughness length and stomatal resistance for atmospheric general circulation models as represented by the simple biosphere model (Sib). J. Appl. Met., V.28, p.833-855.

Hines C.O., 1997. Doppler spread parameterization of gravity wave momentum deposition in the middle atmosphere. Pt 2. Broad and quasimonochromatic spectra, and implementation. J. Atm. Sol. Terr. Phys. V.59, p.387-400.

Robert A.J., Henderson J., Turnbull C., 1972. An implicit time integration scheme for baroclinic modes in the atmosphere. *Mon. Wea. Rev.*, V.100. p.329-335.

Pacanovsky R.C., Philander G., 1981. Parameterization of vertical mixing in numerical models of the tropical ocean. *J. Phys. Oceanogr.* V.11, p.1442-1451.

Wang W.C., Liang X.Z., Dudek M.P., Pollard D., Thompson S.L. 1995. Atmospheric ozone as a climate gas. *J. Atmos. Res.* V.37, p.247-256.