

## ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КЛИМАТА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ОЗЕР НАРОЧАНСКОЙ ГРУППЫ

**Н. В. Дорожко**

кафедра общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и  
геоинформатики Белорусского государственного университета, Национальный научно-  
исследовательский центр мониторинга озоносферы Белорусского государственного  
университета  
г. Минск, natashka\_d10.05@mail.ru

**Е В. Матюшевская**

кандидат географических наук, кафедра физической географии мира и образовательных  
технологий Белорусского государственного университета

В статье представлены результаты анализа алгоритма для численного моделирования климатических процессов на территории озер Нарочанской группы. Приведена структурная схема алгоритма, с учетом изменения масштаба и подложки территории. Показана возможность применения алгоритма для анализа опасных метеорологических ситуаций на изучаемом регионе.

**Ключевые слова:** климатические модели; алгоритм; параметры; масштаб территории; подложка.

Вопросы моделирования климатических изменений и прогнозирования климата рассмотрены в многих работах [1-6]. Для целей прогнозирования и анализа климатических систем применяются компьютерные модели, которые позволяют оперативно и на должном научном уровне решить поставленные задачи. Для обеспечения лучшего понимания системы климата, компьютерные программы должны описывать модель взаимодействия компонентов климата. К ним относят общие модели циркуляции, которые широко используются для понимания климатических изменений, наблюдаемых в прошлом, настоящем и будущем. Большое внимание уделяется региональным климатическим изменениям, особый интерес представляют территории, занятые водными экосистемами. Для Республики Беларусь одним из таких регионов является район биосферного заповедника на территории Нарочанских озер.

Компьютерная модель атмосферы в широком смысле представляет собой программное представление динамических, физических, химических и радиационных процессов в атмосфере. Одним из обязательных компонентов при моделировании климатической системы любого масштаба в структурном комплексе программ являются графические схемы и алгоритмы путей моделирования. Графическое представление в виде блок-схем наиболее наглядный из существующих способов отображения алгоритмов. Каждая операция вычислительного процесса на такой схеме отображается определенной геометрической фигурой, внутри которой делается краткая запись содержания операции.

Для построения и анализа алгоритма моделирования климата на территории Нарочанских озер использовались средства математической статистики,

включая пакеты Excel, SPSS Statistics [7], язык программирования Python, средства валидации и визуализации данных, а также система численного прогноза погоды WRF [8].

В результате был построен алгоритм определения состояния атмосферы над территорией озер Нарочанской группы, с введением в схему расчета параметров, измеренных экспериментально (рисунок 1).

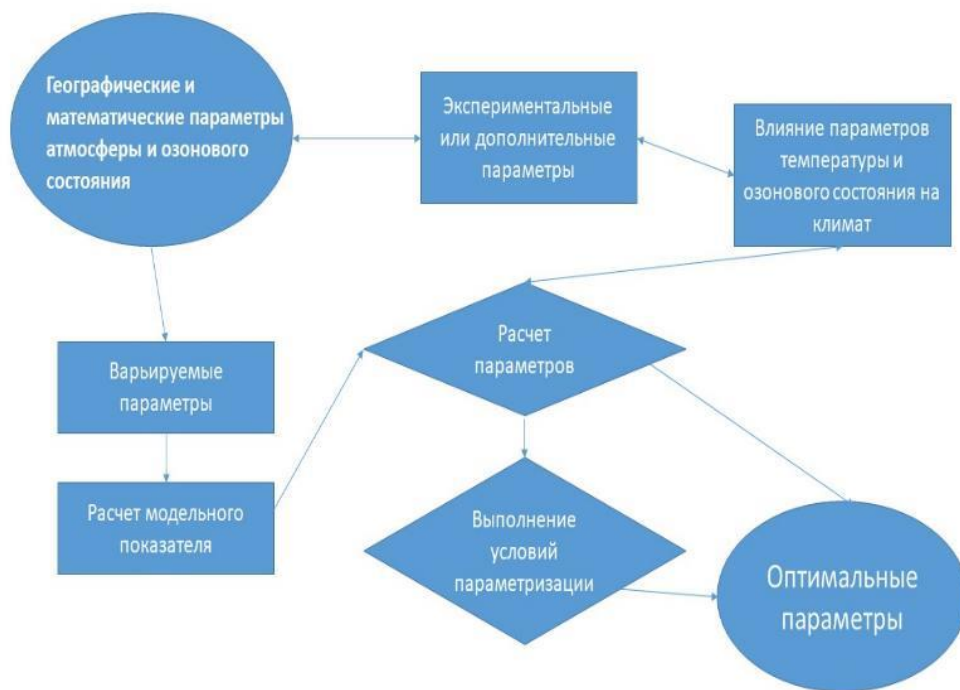


Рис. 1. Алгоритм определения параметров атмосферы с введением в схему расчета реальных экспериментальных параметров

Ключевой составляющей данного алгоритма является возможность изменения параметров в зависимости от изменения масштаба территории и подложки. Следует отметить, что важным при численном моделировании климатических процессов регионального масштаба является комплексное использование метод анализа данных, включая методы математической статистики, и включение результатов в схему алгоритма.

Искусственное моделирование параметров подложки позволяет исследовать геофизические параметры в большем временном интервале на региональном и локальном уровнях.

При построении алгоритмов климатической системы для территории Нарочанских озер были выполнены следующие этапы:

- проведен анализ усвоения задачи;
- выделены определенные операции (математические, физические и логические), которые нужно выполнить при численном моделировании;
- определены последовательности выполнения операций
- постановлены условия для выполнения задачи;

– проведена проверка выполнения условий, для выбора процесса моделирования;

– построены алгоритмы в виде блок-схемы.

Алгоритм определения составляющих атмосферы с введением в схему расчета параметров, измеренных экспериментально позволяет включать часть компонентов атмосферы и подстилающей поверхности, полученных из различных источников (измеренных экспериментально наземными, орбитальными, погружными системами и др.), включая компоненты водных экосистем. Данный алгоритм при введении дополнительных параметров, позволяет моделировать компоненты атмосферы экспериментально с различными условиями наблюдения. Основу алгоритма составляют блоки расчета показателей и выполнения условий параметризации к экспериментально измеренному, либо выбранному эталонному компоненту, путем «подгонки» варьируемых параметров атмосферы и подстилающей поверхности. Количество одновременно варьируемых данных может изменяться от 1 до 6. В интерактивном варианте предусмотрен выбор пользователем метода оптимизации.

Построенный алгоритм содержит определенные блоки: блок «процесса», блок «решения», блок «модификации». Первый блок применяется для обозначения последовательности действий, изменяющих значение климатических параметров, форму их представления и размещения. Блок «решения» используется для обозначения переходов управления по условию. Третий блок используется для организации циклических конструкций. Внутри блока записывается параметр цикла, для которого указываются его начальное значение, граничное условие и шаг изменения значения параметра для каждого повторения.

Алгоритм составлен в соответствии с требованиями:

– определенность. Представленные алгоритмы однозначны, исключая любое толкование отображаемого ими вычислительного процесса;

– результативность. Реализация вычислительных процессов приведенных алгоритмов, через определенное количество шагов, приведет к выдаче окончательных результатов или о невозможности решения поставленной задачи;

– массовость. Решение однотипных задач с различными исходными данными может осуществляться по одному алгоритму, что дает возможность создать общее программное обеспечение для анализа климатической ситуации на рассматриваемой территории.

– дискретность. Определяемые алгоритмами процессы могут быть разделены на отдельные, независимые друг от друга, этапы.

Построенный алгоритм относится к циклическим. Он предусматривает многократное повторение одного и того же действия. К циклическим алгоритмам сводится большинство методов вычислений, перебора вариантов климатического моделирования, особенно на территории водных экосистем. Цикл программы — последовательность команд, которая может выполняться многократно (для новых исходных данных) до удовлетворения некоторому условию. По приведенному алгоритму можно моделировать состояние водных систем. Результаты оценок сопоставлены с данными погружных приборов, разработанных в НИИЦ МО БГУ. Построенный алгоритм используется для построения

нейронных сетей, с целью распознавания опасных метеорологических явлений на различных территориях, включая водные системы, а также для мезомасштабного моделирования регионального климата.

Анализ приведенных в алгоритме параметров позволяет изучать и прогнозировать опасные метеорологические явления, проходящие через изучаемую территорию, использовать программное обеспечение для анализа климатической системы с учетом изменения подложки, а также проводить численный анализ климатических данных регионального масштаба с использованием озерных показателей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Дорожко, Н.В. Вопросы моделирования регионального климата на территории Беларуси / Acta Geographica Silesiana, 13/4 (36). – 2019. – С.5–12.
2. Дымников, В. П., Филатов А. Н. Основы математической теории климата. – М: ВИНТИ, 1994. – 252 с.
3. Дымников, В.П. Моделирование климата и его изменений / В.П. Дымников, В.Н. Лыкосов, Е.М. Володин, В.Я. Галин, А.В. Глазунов, А.С. Грицун, Н.А. Дианский. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.inm.ras.ru/wp-content/uploads/library/Climate/DymnikovLykosovetal.pdf> – Дата доступа: 15.02.2022 г.
4. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. – Минск: Тетра Системс. 2008 – 496 с.
5. Логинов, В. Ф. Изменение площадей агроклиматических областей на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования ; [редкол.: А. К. Карабанов (гл. ред.) и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 47–52.
6. М.А. Толстых, А.И. Чавро //Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования – Москва – т.2 Наука – 2005 – С. 38 – 175
7. WRF – Модель исследования и прогнозирования погоды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model> – Дата доступа: 15.02.2022 г.
8. Программа Statistics – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://spssstatistics.ru/> – Дата доступа: 15.02.2022 г.

*Статья выполнена в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограммы «Радиация и биологические системы», НИР «Динамика структурно-функционального состояния наземных и водных экосистем в условиях изменения климата и техногенного воздействия»*