



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (МинОбрНауки России)
Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований
Российской Академии Наук (ФИЦ ПНЦБИ РАН)

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН

Институт математических проблем биологии РАН – филиал Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики
им. М.В. Келдыша Российской академии наук»

Материалы Восьмой Национальной научной конференции
с международным участием

Математическое моделирование в ЭКОЛОГИИ

9–11 ноября 2023 года
г. Пушкино, Московская область

$$\text{Leslie} = \begin{bmatrix} b_1 & \dots & 0 & b_n \\ s_1 & 0 & 0 & \\ 0 & & s_{n-1} & 0 \end{bmatrix}$$

$$GPP = uAPAR \cdot \epsilon_{eff}$$

$$f(\varphi) = \left(\frac{\varphi - \varphi_{min}}{\varphi_{opt} - \varphi_{min}} \right)^{a(\varphi_{opt} - \varphi_{min})} * \left(\frac{\varphi_{max} - \varphi}{\varphi_{max} - \varphi_{opt}} \right)^{a(\varphi_{max} - \varphi_{opt})}$$

<http://ecomodelling.ru/conferences/emm2023>

УДК 57+51-7
ББК 28в6
М34



Ответственные редакторы
доктор физико-математических наук П.Я. Грабарник
профессор, доктор физико-математических наук Д.О. Логофет

Математическое моделирование в экологии / Материалы Восьмой Национальной
научной конференции с международным участием, 9–11 ноября 2023 г. –
Пущино, ФИЦ ПНЦБИ РАН, 2023. 122 с.

Материалы Восьмой Национальной научной конференции с международным участием «Математическое моделирование в экологии» (ЭкоМатМод-2023) представляют современный уровень российских научных разработок в этой области знаний и содержат широкий спектр подходов к моделированию, применяемых для решения экологических задач. В сборнике представлены материалы докладов, посвященных различным проблемам математического моделирования экологических систем на организменном, популяционном, биогеоценотическом, региональном и глобальном уровнях организации живого покрова. Приведены подробные примеры применения математических моделей в экологических исследованиях. В ряде работ предложены новые математические методы, применяемые для решения задач в экологии. Сборник предназначен для математиков, экологов, биологов различных специальностей, почвоведов, географов, занимающихся анализом и прогнозированием развития биологических систем разных уровней организации, а также для студентов, магистрантов, аспирантов и широкого круга читателей, интересующихся современным состоянием моделирования в экологии.

Уважаемые коллеги!

9–11 ноября 2023 г. в г. Пущино прошла Восьмая Национальная конференция с международным участием «Математическое моделирование в экологии» (ЭкоМатМод-2023), которая была организована Институтом физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленным подразделением ФИЦ ПНЦБИ РАН совместно с Институтом математических проблем биологии РАН - филиалом ФИЦ «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН».

Тематика этой конференции, как и все предыдущие конференции ЭкоМатМод, затрагивает основные вопросы моделирования экосистем, решение которых основано на междисциплинарных взаимодействиях. Качественные изменения в области экологии и охраны окружающей среды во многом связаны с использованием экосистемного подхода к управлению природными ресурсами, направленного на устойчивое развитие и сохранение биоразнообразия экосистем. Применение математических методов и моделей как инструмента поддержки принятия решений в задачах охраны окружающей среды в настоящее время востребовано на разных уровнях управления биоресурсами.

Основными направлениями экологического моделирования в нашей стране традиционно являются моделирование циклов элементов в экосистемах, моделирование процессов роста и развития, моделирование динамики популяций и сообществ, прогноз изменения биоразнообразия. Важными задачами остаются моделирование катастрофических воздействий на окружающую среду: моделирование инвазии видов и эпидемий, моделирование последствий техногенных загрязнений, лесных пожаров, всплеск численности насекомых, влияние наводнений и засух.

Программа ЭкоМатМод-2023 включала следующие направления:

- Моделирование процессов роста и развития живых организмов, динамики популяций и сообществ.
- Моделирование экологической сложности, статистическое и пространственное моделирование.
- Моделирование циклов элементов и потоков вещества в экосистемах, в том числе, на региональном и глобальном уровнях.
- Математические модели в почвоведении и ландшафтоведении. Математические модели как инструмент поддержки принятия решений в задачах управления биологическими ресурсами, решения проблем изменения климата и рационального природопользования

В Оргкомитет ЭкоМатМод-2023 поступило более 50 материалов докладов из России и других стран. Окончательный состав Сборника материалов определен членами Программного комитета. По необходимости, в тексты материалов были внесены технические редакторские правки, которые не отражались на содержании научных текстов. Сборник дает возможность полно и всесторонне оценить современный состав и возможности нашего научного сообщества.

Оргкомитет Конференции выражает благодарность всем, откликнувшимся на инициативу по ее проведению. Мы считаем, что важным результатом ЭкоМатМод-2023 было хорошее представительство основных российских научных центров и активное участие молодежи. Материалы Конференции отражают высокий уровень этого научного направления в отечественной науке.

Сопредседатели Программного комитета
д.ф.-м.н. П.Я. Грабарник
проф., д.ф.-м.н. Д.О. Логофет

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абакумов А.И., Пак С.Я.</i> Исследование эффектов клеточно-структурных взаимодействий в фитопланктоне	8
<i>Адамова В.В.</i> Моделирование изменения распространения <i>Cochlodina laminata</i> (Mollusca, Gastropoda, Clausiliidae) в восточной Европе в условиях изменения климата	10
<i>Белотелов Н.В., Бровко А.В.</i> Некоторые особенности конкуренции структурированных популяций	14
<i>Быховец С.С., Фролов П.В., Шанин В.Н.</i> Пространственная неоднородность светового режима в смешанном древостое и ее воспроизведение новой системой моделей лесной экосистемы	17
<i>Войтеховский Ю.Л., Гунченкова А.</i> Расположение листьев на ветке – кристаллографический взгляд	20
<i>Гасанов М.Э., Петровская А.Ю., Никитин А.А.</i> Пространственный анализ чувствительности имитационной модели урожайности по отношению к почвенным свойствам	22
<i>Гибадуллин Р.Р., Мухартова Ю.В., Ольчев А.В., Керимов И.А.</i> Применение трёхмерной математической модели для оценки потоков CO ₂ и CH ₄ над неоднородной поверхностью	24
<i>Зеленчук П.А., Цибулин В.Г.</i> Сценарии идеального свободного распределения для модели хищник-жертва на неоднородном двумерном ареале	26
<i>Зубкова Е.В., Фролов П.В., Никонов А.В.</i> Новые возможности CAMPUS_standalone	28
<i>Иванова Н.В., Шашков М.П., Лебедев А.В., Криницын И.Г.</i> Кологривский лес до и после массового ветровала 2021 года: разведочный анализ по дистанционным данным	30
<i>Кивалов С.Н., Лопес де Геренью В.О., Хорошаев Д.А., Мякшина Т., Сапронов Д., Иващенко К.В., Курганова И.Н.</i> Оптимизация эмпирических моделей для контроля и оценки зимнего дыхания почвы	33
<i>Ковалев А.В., Горошко А.А., Тарасова О.В., Суховольский В.Г., Цикалова П.Е.</i> Прогноз вспышки массового размножения сибирского шелкопряда по дистанционным данным	36
<i>Колобов А.Н., Фрисман Е.Я.</i> Разработка оптимальных схем лесопосадки при создании высокопродуктивных лесных плантаций	40
<i>Левашова Н.Т., Сергеев И.Д.</i> Использование метода Монте-Карло для моделирования распределения солнечной радиации в элементах растительности	42
<i>Леоненко В.Н., Харлуни А.А.</i> Учёт неопределённости в моделировании динамики популяций на примере численности больных эпидемическими ОРВИ в городах РФ	44

<i>Логофет Д.О.</i> Последний раз о структурно-мультипликативном среднем неотрицательных матриц: точное решение задачи осреднения	47
<i>Локшина Л.Я., Вавилин В.А.</i> Динамическая модель внутриклеточного нитрит - зависимого анаэробного окисления метана бактерией <i>M. oxyfera</i> : решающая роль переноса электронов	49
<i>Мазина С.Е., Федоров А.С., Кривошеева Е.А., Ледащева Т.Н.</i> Подходы к моделированию зарастания ламповой флорой поверхностей субстратов в пещерах	52
<i>Молчанов А.Г.</i> Использование уравнения Монси и Саэки для расчета зависимости фотосинтеза от солнечной радиации у подростка под пологом леса и на открытом месте в разных условиях водообеспечения	55
<i>Мухартова Ю.В., Ольчев А.В., Гибадуллин Р.Р., Согочев А.Ф., Керимов И.А.</i> Обратная задача по оценке потоков парниковых газов над подстилающей поверхностью со сложным рельефом и неоднородной растительностью	58
<i>Надпорожская М.А., Стадник Е.П., Якконен К.Л.</i> Подготовка входных параметров для почвенного сценария в модели ROMUL	60
<i>Низамутдинов Т.И., Надпорожская М.А., Быховец С.С., Абакумов Е.В.</i> Баланс органического вещества в пахотных почвах Ямала: вычислительные эксперименты с моделью ROMUL	62
<i>Остроумов В.Е., Волокитин М.П., Шабает В.П., Быховец С.С.</i> Модель для калибровки неизвлекаемых датчиков потенциала почвенной влаги	64
<i>Парфенова Е.И., Чебакова Н.М.</i> Моделирование ареалов основных лесообразующих хвойных пород Сибири с помощью программы MaxEnt	66
<i>Петросян В.Г., Осипов Ф., Варшавский А., Дергунова Н., Хляп Л.</i> Ансамблевые модели пространственного распространения инвазионных околоводных млекопитающих России	68
<i>Портнов А.М., Шубин А.С., Фролова Г.Г.</i> Детекция деревьев в зимних зарастаниях с помощью нейросети YOLOv4	70
<i>Припутина И.В., Фролов П.В., Шанин В.Н., Быховец С.С.</i> Моделирование биогенного круговорота углерода в лесных экосистемах с учетом пространственной структуры растительных сообществ и неоднородности почвенных условий	73
<i>Пузаченко М.Ю., Байбар А.С.</i> Расчёт параметров порядка и динамических параметров для различных состояний растительности на основе серии МДДЗ.	76
<i>Романов М.С., Мастеров В.Б.</i> Новый метод щадящего изучения реакции птиц на беспокойство	79
<i>Рузин И.М., Рожнова Г.</i> Модели иммунного ускользания вирусов, эволюционные последствия вакцинации против SARS-CoV-2 и выводы на будущее для стратегий вакцинации	81
<i>Сабреков А.Ф., Литти Ю.В., Глаголев М.В., Терентьева И.Е.</i> Расчётная оценка интенсивности анаэробного окисления метана в инкубационных	84

экспериментах

<i>Сандлерский Р.Б., Пержик Н.М.</i> Термодинамические параметры горных лесных экосистем Северного Прихубсугулья по данным дистанционного зондирования	86
<i>Соколов А.В.</i> Проверка гипотез о функционировании объекта на основе обработки экспериментальных данных	88
<i>Суховеева О.Э.</i> Ретроспектива и прогноз дыхания почвы в Южном Подмоскowie	90
<i>Суховеева О.Э., Карелин Д.В., Золотухин А.Н.</i> Расчет потоков углерода в агроэкосистемах Курской области	92
<i>Суховольский В.Г., Ковалев А.В., Тарасова О.В., Иванова Ю.Д., Цикалова П.Е., Овчинникова Т.М.</i> Вспышки массового размножения лесных насекомых и трансформация фитомассы в лесных экосистемах	94
<i>Суховольский В.Г., Красноперова П.А., Ковалев А.В., Иванова Ю.Д., Аханаев Ю.Б., Мартемьянов В.В.</i> Флуктуационно-диссипационная теорема и оценка устойчивости деревьев в насаждениях к нападению насекомых-вредителей	96
<i>Титлянова А.А.</i> Широтное распределение степей и величин их надземной продукции в Северной Евразии	98
<i>Топаж А.Г.</i> О теореме отбора в системах с наследованием	100
<i>Устинова Е.Н., Лысенков С.Н.</i> Математическое моделирование распространения полезной мутации в контексте взаимодействия насекомых-фитофагов с инвазивными растениями	102
<i>Урманьски Я.Я.</i> Использование общих ресурсов – простые причины отличаться от других	104
<i>Фролов П.В., Быхолец С.С.</i> Модификация функции зависимости микробиологической активности от влажности почвы в модели Romul_Num	108
<i>Фурсова П.В., Ризниченко Г.Ю., Конюхов И.В., Погосян С.И.</i> Агентная модель динамики численности диатомовых водорослей: влияние параметров среды	112
<i>Ханина Л.Г., Волобуев С.В., Шелякин П.В., Тутукина М.Н., Бессонова Т.А., Бобровский М.В.</i> Разнообразие ксилобионтных грибов на валеже в смешанном широколиственном лесу зависит от стадии разложения и видовой принадлежности упавших деревьев	114
<i>Хрущев С.С., Плюснина Т.Ю., Дегтерева Н.С., Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б.</i> Использование математических моделей фотосинтетического аппарата для оценки состояния природного фитопланктона по данным оптических измерений	117
<i>Цхай А.А., Агейков В.Ю.</i> Моделирование биогенных циклов в крупном водоеме (на примере Новосибирского водохранилища)	119

Шешницан С.С., Шешницан Т.Л.

121

Математическое моделирование экологического статуса микроэлементов в биогеохимической пищевой цепи "почва-растения-животные" в агроэкосистемах степной части Северо-Западного Причерноморья