

4. Методические указания по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней / Л.И. Прищепа и др. – РУП «Институт защиты растений», 2008. – 56 с.

5. Положение о порядке государственной регистрации средств защиты растений и удобрений и ведения Государственного реестра средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Утверждено Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.07.2010 № 1140.

УДК 630*4

А.Г. Прохорова, асп.;
В.Б. Звягинцев, доц., канд. биол. наук
(БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КАРАНТИННЫХ ОРГАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Масштабные по охватываемой площади и вредоносности инвазии фитопатогенных организмов реализуются только при совместной реализации трех благоприятных факторов: наличие вектора переноса; наличие восприимчивого хозяина; наличие благоприятных условий окружающей среды. Как показывают последние исследования, относительно аскомицетов перемещение споровой инфекции может происходить с воздушными массами и достигать огромных скоростей – до 100 км. в год [1]. Распространяющиеся преимущественно водным путем оомицеты также могут преодолевать значительные расстояния за короткое время [2]. Таким образом, важнейшим вопросом в прогнозировании вероятности инвазии на территорию Беларуси новых карантинных фитопатогенов является оценка соответствия условий местообитания экологическим предпочтениям чужеродных патогенов, уже проникших на континент и расширяющих свой ареал в сторону границ нашей страны.

После появления в 1980-х годах первого пакета моделирования BIOCLIM прогнозирование распределения видов (SDM – Species Distribution Models) стало мощным инструментом экологических исследований и оценки роли факторов, влияющих на распространение видов [3]. Анализ пространственного распределения видов основан на двух различных концептуальных подходах. Коррелятивные SDM, основанные на нахождении статистических зависимостей между факто-

рами окружающей среды и данными о встречаемости видов, являются самыми доступными и простыми, в отличие от процессно-ориентированных, где оценка коэффициентов интенсивности размножения, смертности и расселения является обязательной [4].

Для оценки пригодности новых условий местообитания для конкретных инвайдеров на основе только точек присутствия, нами был выбран представитель первой группы – метод максимальной энтропии Maxent, хорошо зарекомендовавший себя в других исследованиях [5]. В качестве модельных объектов использованы все виды опасных карантинных дэндропатогенов отсутствующих на территории стран ЕАЭС, но уже выявленные в Европе и наносящие существенный экономический и экологический ущерб *Phytophthora ramorum* Weres et al., *Phytophthora kernoviae* Brasier, *Melampsora medusa* Thümen, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle. Эти виды характеризуются крайне широким кругом растений-хозяев и их широкой представленностью в составе древесного яруса лесных и парковых насаждений Беларуси.

В связи с глобальным распространением целевых фитопатогенов, модели строились с разрешением 2,5 минуты в мировом охвате путем использования климатических данных, а также информации о растительном покрове территории с последующим анализом выходных данных [5]. В результате площадь территории страны была поделена на пять уровней, где пригодность: отсутствует – 0–А, при А для *Phytophthora ramorum* равно 0,117, для *Bursaphelenchus xylophilus* – 0,271, для *Melampsora medusae* – 0,26 и для *Phytophthora kernoviae* – 0,116; минимальная – А–0,3; низкая – 0,3–0,5; средняя 0,5–0,7; высокая – 0,7–1.

На основе цифровых моделей были получены площади территории страны с различным уровнем вероятности развития карантинных организмов. Общий балл пригодности территории рассчитывался от 0 (вероятность успешной акклиматизации патогена отсутствует), до 1 (высокая вероятность акклиматизации патогена) как средневзвешенное значение по площади территории, занимаемой различным уровнем пригодности для каждого вида (таблица).

Из всех проанализированных видов карантинных организмов климатические и экологические условия Беларуси наиболее благоприятны для возбудителя ржавчины осины, базидиомицета *Melampsora medusae*. Общий балл пригодности природно-климатических условий страны для развития патогена составляет 0,45. *M. medusae* является облигатным патогеном, изменяющим ключевые жизненные процессы в организме хозяина и вызывающим его ослабление и снижение продуктивности. Установлено, что споры желтой ржавчины могут пере-

носятся ветром на расстояние до 2400 км от основного источника инфекции, их обнаруживали на высоте 2100–4200 м и даже 6000 м [7]. Ближайшие к нам очаги карантинного объекта *M. medusae* расположены во Франции, на расстоянии не более 2 тыс. км. Это дает основание предполагать, что занос и акклиматизация *M. medusae* в Беларуси весьма вероятны.

Таблица – Результаты оценки пригодности территории Беларуси для развития карантинных организмов

Вид карантинного организма	Площадь территории страны с различным уровнем вероятности развития карантинного организма, %					Общий балл пригодности
	отсутствует	минимальная	низкая	средняя	высокая	
<i>Phytophthora ramorum</i>	35,2	27,1	35,5	2,2	0	0,26
<i>Phytophthora kernoviae</i>	52,1	47,5	0,4	0	0	0,12
<i>Melampsora medusae</i>	18,4	15,7	36,4	26,1	3,4	0,45
<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	68,5	9,2	19,9	2,4	0	0,14

В тоже время модели пригодности условий страны для оомицета *Phytophthora kernoviae* и фитонематоды *Bursaphelenchus xylophilus* показали 0,12 и 0,14 баллов соответственно. Это говорит о низкой вероятности проникновения и акклиматизации патогенов, что, возможно, связано с их высокой требовательностью к отдельным факторам среды. Таким образом с помощью модели Maxent и разработанной методики вероятностной оценки пригодности территории страны представлено потенциальное распространение и оценка риска инвазии в Беларуси. Это может явиться основой для построения прогноза, совершенствования карантинных мер и адаптации ведения лесного и садово-паркового хозяйства под существующие фитосанитарные риски.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распространение инвазивного возбудителя некроза ветвей ясеня аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* в европейской части России / В. Б. Звягинцев, Д. А. Демидко, С. В. Пантелеев [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 244. С. 88–117.
2. Звягинцев В.Б., Баранов О.Ю., Пантелеев С.В. Продвижение инвазии оомицета *Phytophthora alni* Brasier et S.A. Kirk на восток – первая находка патогена в Беларуси / Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, материалы, методы: материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Иркутск, 2015. – С 102–104.

3. Peterson A.T., Soberón J., Pearson R.G., Anderson R.P., Martínez-Meyer E. et al. Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49). – Princeton: Princeton Univ. Press, 2011. – 328 p.

4. Шитиков В.К. Модели пространственного распределения видов. 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://stok1946.blogspot.com/2020/11/sdm.html> (дата обращения: 29.12.2023).

5. Zviagintsev V., Prokhorova A., Surina T., Belomesyeva D. Global risks of biological invasions of phytopathogenic organisms and improvement of the quarantine monitoring system using computer modeling // Reliability: Theory & Applications. – 2023. – Vol. 18. – № S5(75). – P. 569–581.

6. Цадокс И.К. Эпифитотиология ржавчины в Европе. – Москва: Изд. ВИНТИСХ, 1970. – 238 с.

УДК 630*57+556.5.06

А.В. Пугачевский, зав. лабораторией, канд. биол. наук;
Я.К. Игнатъев, мл. науч. сотр.; А.В. Тимашкова, мл. науч. сотр.
(ИЭБ НАН Беларуси, г. Минск);

С.А. Жданович, директор
(Учреждение «Беллесозащита», аг. Ждановичи)

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Программный комплекс системы оперативной оценки и прогнозирования последствий неблагоприятных погодных условий в лесных экосистемах разрабатывается в рамках мероприятия 7 подпрограммы 6 «Инфраструктура и технологии для обеспечения адаптации лесных экосистем к неблагоприятным условиям» Государственной программы «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси» на 2021 – 2025 годы. Исполнителем работы являются ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси», а соисполнителями подчиненные Министерству лесного хозяйства Государственное учреждение по защите и мониторингу леса «Беллесозащита» и Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие (РУП) «Белгослес».

Цель работы:

– разработка интерактивной системы для оперативной оценки и прогнозирования последствий неблагоприятных климатических явлений в лесных экосистемах;