

# Использование технологий эколого-географического анализа и моделирования для изучения распространения биологических объектов за пределами их естественного ареала

А.А. Егоров<sup>1,2</sup>, А.Н. Афонин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, a.a.egorov@spbu.ru, afonin-biogis@yandex.ru;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, egorovfta@yandex.ru

Финансирование. Работа поддержана грантом РФФИ № 19-05-00610.

Эколого-географическое моделирование, или environmental niche modeling, или species distribution modeling (далее – ЭГМ), применяется в интродукции растений и акклиматизации животных, выявлении потенциала распространения хозяйственно-опасных организмов (Афонин, Соколова, 2018; Егоров, Афонин, 2019). Модель потенциального распространения вида, построенная на анализе пространственных данных его естественного ареала и факторов абиотической среды, даёт достаточно реалистичную картину, которая, однако, требует от исследователя вдумчивого управления на всех этапах моделирования. Ниже рассмотрим примеры.

## Пример 1. *Picea glauca* (Moench) Voss, рис. 1.

При моделировании потенциального распространения североамериканской ели сизой (*Picea glauca* (Moench) Voss) в северо-восточной части Евразии проявились лимитирующие факторы (низкие зимние температуры и многолетнемерзлые породы), для выявления значимости которых понадобилось провести пространственный анализ евразийских видов р. *Picea* (Егоров, Афонин, 2017).

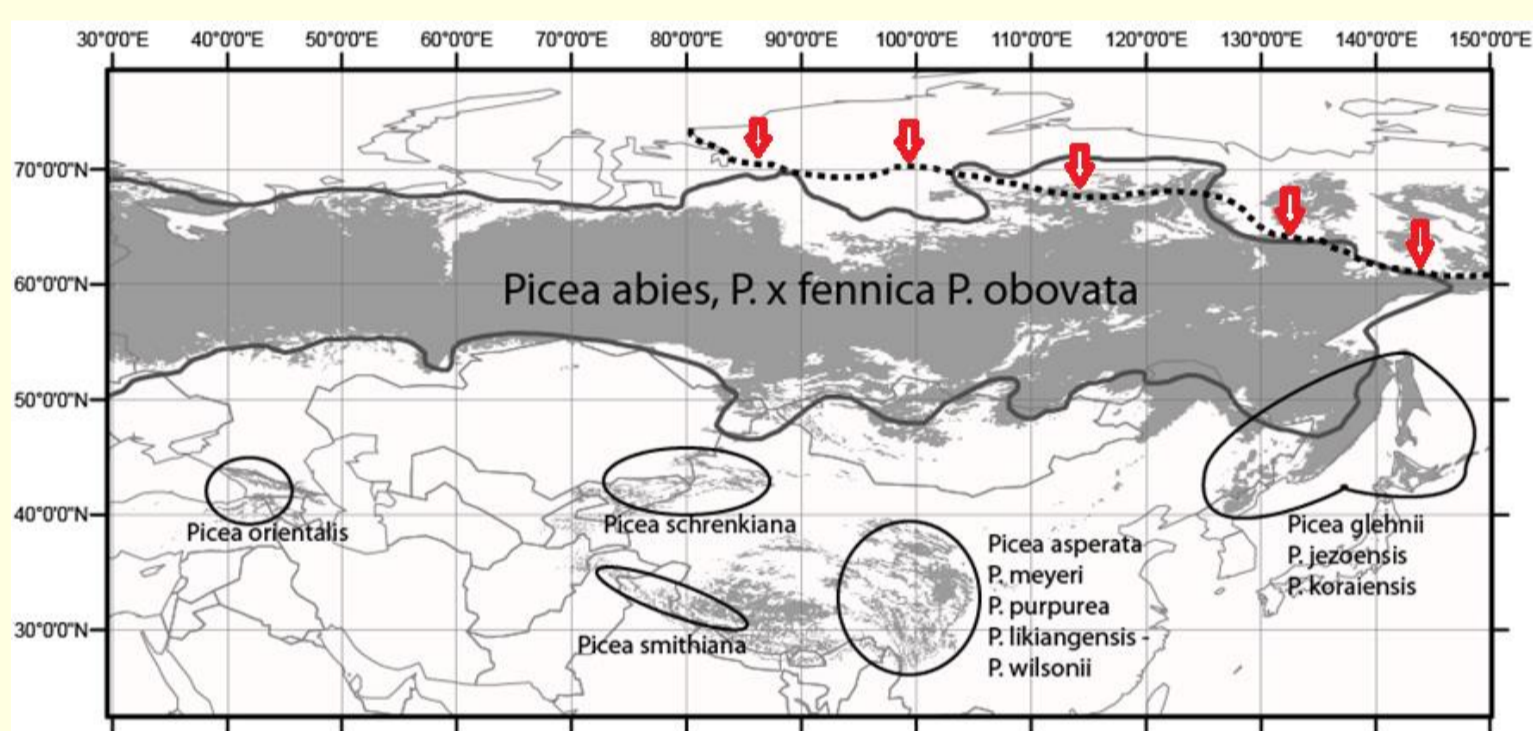


Рис. 1. Интродукционный потенциал *Picea glauca* (серая заливка) для Евразии, определенный по показателю сумм активных температур выше 0°C от 1250°C до 2800°C, по ГТК выше 1.2 в сравнении с фактическим обобщенным ареалом *P. abies* и *P. obovata* [по Соколов и др., 1977; Hulsten, Fries, 1986; Farjon, 1990: 229] и ареалами других видов [по Farjon, 1990] (черная обводка); пунктиром приведена изотерма многолетнемерзлых пород ниже -7°C

## Пример 2. *Ambrosia artemisiifolia* L., рис. 2, 3.

Исследование потенциала распространения амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) на территории России показало, что её распространение лимитируется рядом факторов: аридностью территорий и недостаточной теплообеспеченностью периода созревания семян (Афонин et al., 2018).

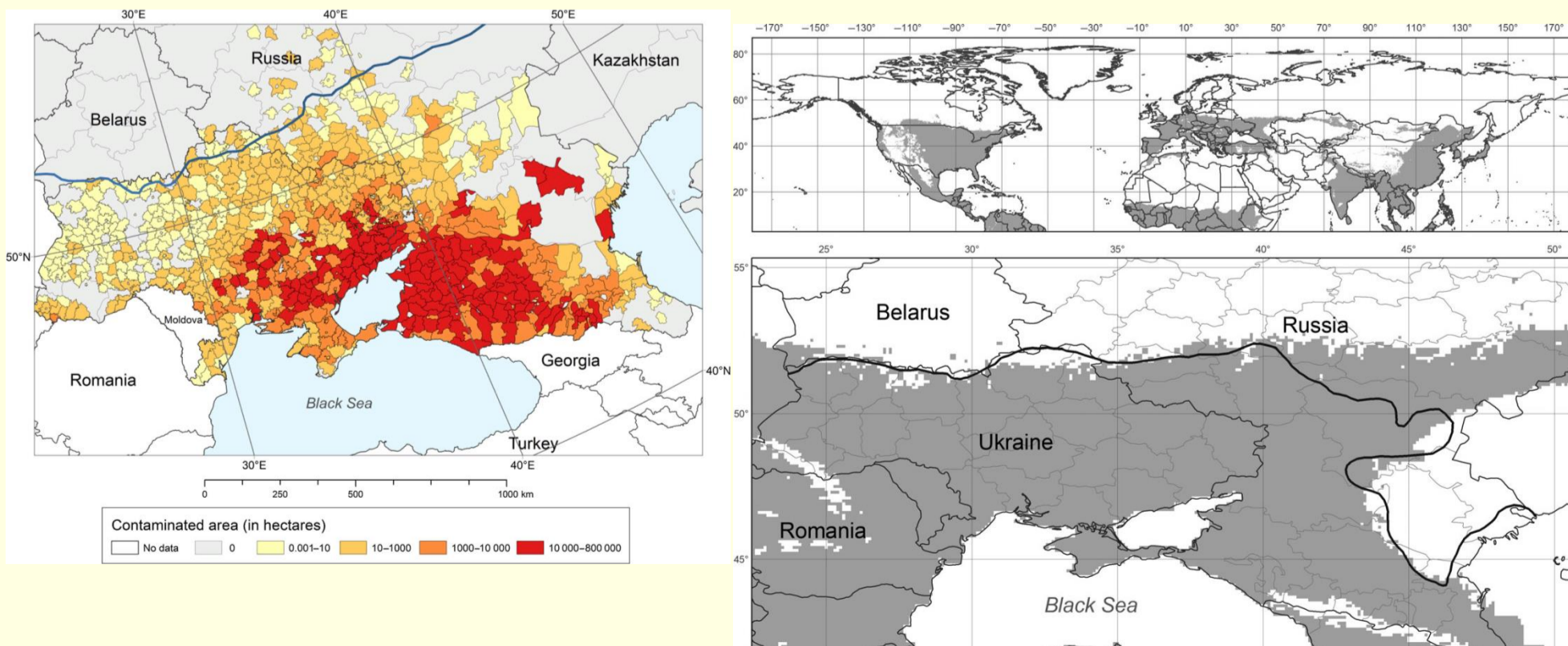


Рис. 2. Карта распространения *Ambrosia artemisiifolia* по регионам России и Украины в 2014 году. (Синяя линия – изолиния – 700°C сумм накопленных дневных температур после укорачивания длины дня меньше 14 ч.

Рис. 3. Сравнение современного распространения амброзии в Европе с моделью, составленной по данным о распространении в Северной Америке. Серая штриховка показывает экологическую модель, черная линия – современную границу распространения амброзии.

## Пример 3. *Agrilus planipennis* Fairmaire, рис. 4, 5.

ЭГМ не всегда может дать однозначный ответ на вопрос, какой фактор лимитирует распространение вредителей. Так, например, ЭГМ потенциального распространения ясеневой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* Fairmaire на северо-западе России показало, что её распространение могут ограничивать два фактора: теплообеспеченность и наличие растения хозяина – ясеня (*Fraxinus*) (Афонин et al., 2016).

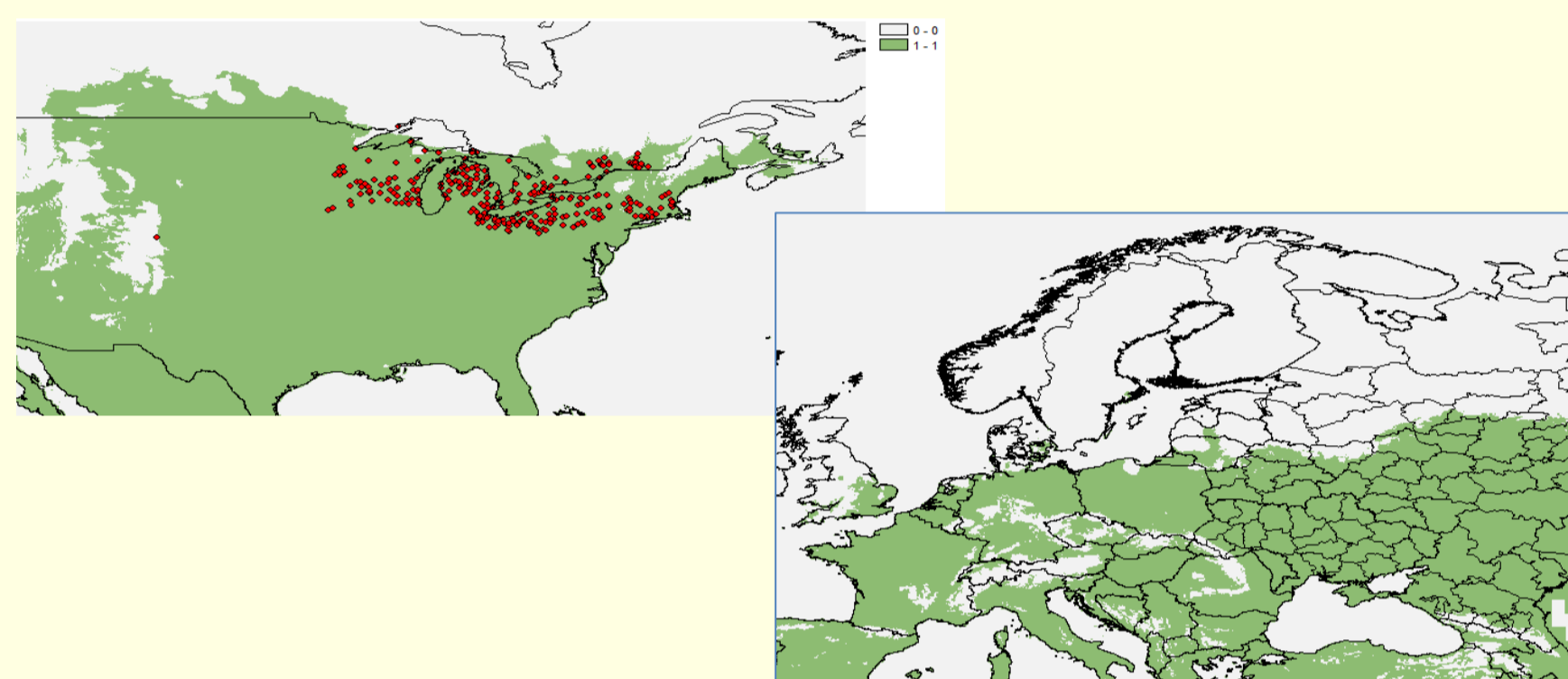


Рис. 4. Теплообеспеченность (зеленый цвет) и распространение *A. p.* на северных территориях Сев. Америки (по APHIS, 2016).

Рис. 5. Картографический прогноз распространения *A. p.* на север Европы при лимите распространения ЯУЗ по СЭТ<700°C. Прогноз выполнен по методике, описанной в статье: Kartashev, Afonin et al., 2014.

## Пример 4. *Dirofilaria Railliet et Henry*, рис. 6, 7.

Изучение риска распространения эпидемиологического заболевания, распространяемого дирофилярией (*Dirofilaria Railliet et Henry*) показало, что его распространение зависит от суммы эффективных температур (130 градусо-дней при температурном пороге +14 °C за период в 30 дней), при которых микрофилярия может развиваться в организме комара и перейти в организм теплокровного животного (Kartashev et al., 2014; Simon et al., 2014).

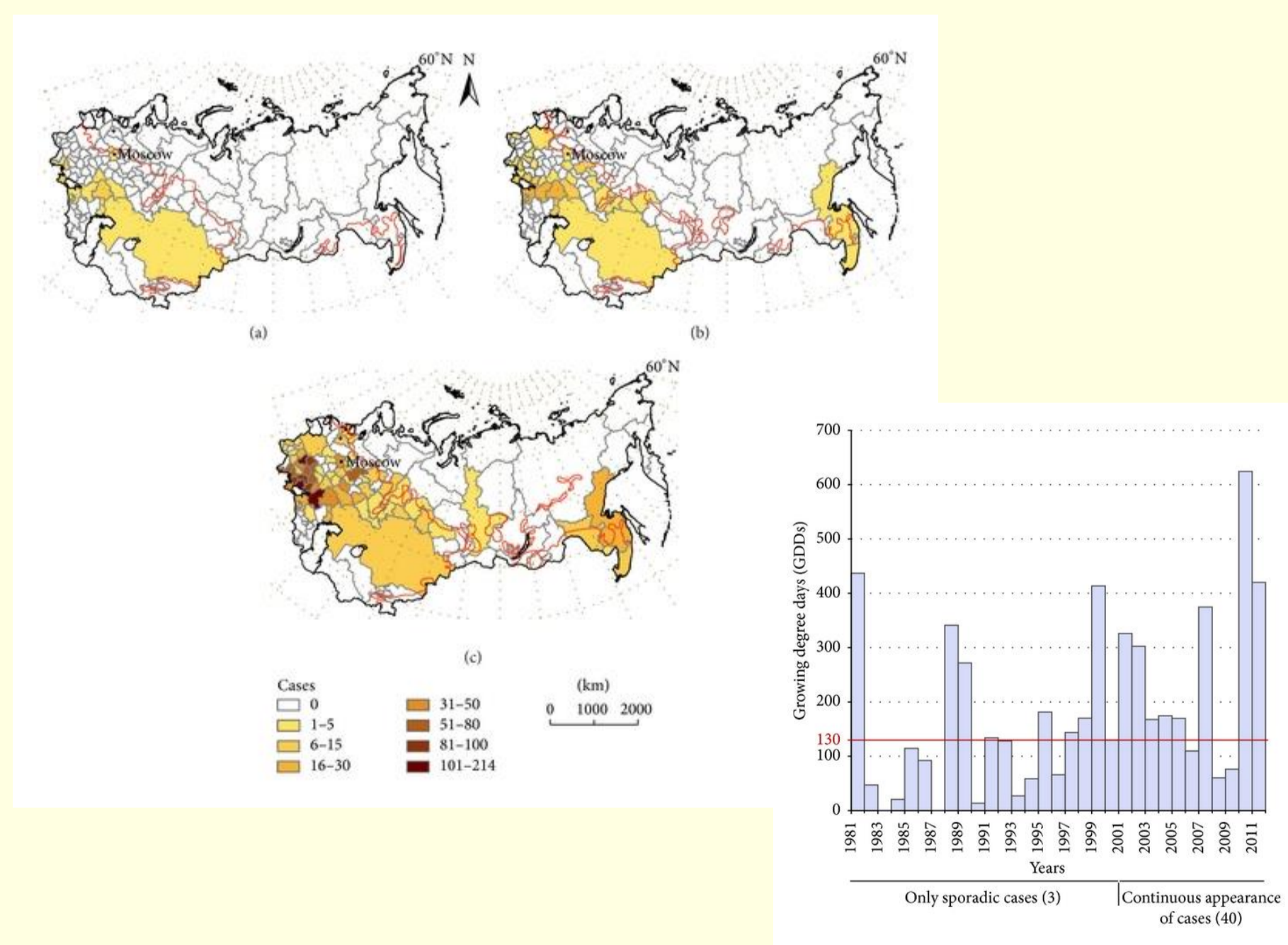


Рис. 6. Административные районы бывшего СССР, где были зарегистрированы случаи дирофиляриоза человека: 1981-1990 (а), 1991-2000 (б) и 2001-2011 (с). Красные линии обозначают северную границу прогнозируемой зоны риска.

Рис. 7. Динамика появления случаев дирофиляриоза человека и накопленных градусо-дней в Московской административной единице.