

УДК 630*453+595.768.24+582.475(571.16)

ВСПЫШКА МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ И ОЦЕНКА РИСКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ СОЮЗНОГО КОРОВОДА В КЕДРОВЫХ ЛЕСАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ¹

© 2023 г. С. А. Кривец^{а, *}, И. А. Керчев^а, Э. М. Бисирова^{а, b}, Е. С. Волкова^а, М. А. Мельник^а, Н. А. Смирнов^а, Е. Н. Пац^а

^аИнститут мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, пр-кт Академический, д. 10/3, Томск, 634055 Россия

^бТомский филиал Всероссийского центра карантина растений, пр-кт Фрунзе, д. 109А, Томск, 634069 Россия

*E-mail: krivec_sa@mail.ru

Поступила в редакцию 01.08.2022 г.

После доработки 07.09.2022 г.

Принята к публикации 18.10.2022 г.

Приведены результаты исследований впервые наблюдаемой в Сибири вспышки массового размножения нового инвазивного вредителя кедров сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) — союзного короода (*Ips amitinus* (Eichh.)). Исследования проведены в юго-восточной части Западной Сибири, на территории Томской области, в поврежденных чужеродным короодом припоселковых кедровниках. Показано, что возникновение вспышки спровоцировано благоприятными погодными условиями последних десятилетий и обилием в экосистемах—реципиентах инвазии деревьев, ослабленных по разным причинам, среди которых важное значение имела вспышка численности сибирского шелкопряда в 2016–2018 гг. Выявлены особенности популяционной динамики союзного короода в новых местообитаниях по сравнению с первичным ареалом в Европе: повышение уровня численности популяций, сужение трофической специализации вплоть до региональной монофагии, снижение роли межвидовой конкуренции за счет вытеснения инвайдером местных видов стволовых дендрофагов, одновременное существование очагов размножения в разных фазах развития и связь их характеристик с породным составом насаждений и факторами ослабления. Предложена и реализована на уровне лесничеств оригинальная методика оценки риска распространения вспышки размножения союзного короода на территории Томской области при воздействии комплекса факторов, способствующих повышению его численности.

Ключевые слова: союзный короод, инвазия, Западная Сибирь, вспышка массового размножения, риск распространения.

DOI: 10.31857/S0024114823020031, EDN: AKFNMY

Союзный короод *Ips amitinus* (Eichh.) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) — представитель фауны центрально-европейских горных хвойных лесов, к настоящему времени широко распространившийся во многих странах Европы (Jeger et al., 2017). В первичном ареале этот вид не имеет экономического значения, в качестве очага его массового размножения до недавнего времени указаны лишь 25 га насаждений кедров европейского (*Pinus cembra* L.) в альпийском регионе Словении (Jurc, Vojović, 2006).

В России союзный короод является обычным невреждающим видом в северо-западных регионах

европейской части, куда он проник в результате расширения естественного ареала во второй половине XX—начале XXI вв. (Мандельштам, Селиховкин, 2020).

В азиатской части России союзный короод впервые идентифицирован в 2019 г. как вид-инвайдер и инициатор массовой гибели деревьев кедров сибирского на юго-востоке Западной Сибири (Керчев и др., 2019). Появление вида на территории, удаленной почти на 4 тыс. км от его местообитаний в европейской части страны, объясняют антропогенным заносом с древесными материалами (Musolin et al., 2022).

Массовое размножение союзного короода в Западной Сибири является частным явлением в рамках общей проблемы, возникающей при случайном заносе насекомых в новую для них экологическую обстановку. Чужеродные виды насеко-

¹ Работа выполнена в рамках госбюджетной темы № 121031300226-5 “Динамические и эволюционные процессы в природных экосистемах Сибири: индикаторы, мониторинг, прогноз” при частичной поддержке РФФИ (грант № 20-04-00587).

мых-дендрофагов, особенно ведущие скрытый образ жизни, такие как короеды, на начальном этапе адаптации к местным экосистемам, как правило, не проявляют себя из-за низкой численности. Однако если новая среда оказывается благоприятной, что может быть связано с недостаточной эффективностью механизмов защиты у новых растений-хозяев, отсутствием естественных врагов, подходящими условиями местообитаний, характером лесонасаждений и факторами нарушения их устойчивости, динамика популяций инвайдеров приобретает взрывной характер; они начинают наносить хозяйственный ущерб и быстро распространяются из очагов возникновения вспышки (Берриман, 1990). Это произошло и с союзным короедом в Сибири.

В настоящее время зона очагов массового размножения инвайдера охватывает северную часть Кемеровской области, прилегающую к Транссибирской магистрали – предположительно коридору для проникновения чужеродного вида в Сибирь, – и сопредельную территорию юга Томской области (Керчев и др., 2021). Общая площадь очагов нового вредителя в ценных кедровых лесах этих регионов составляет 3075.7 га (<https://tomsk.rfh.ru/presscenter/novosti/opasnyu-vreditel-kedrovikh-lesov-sibiri>).

Как известно, успешность лесозащитных мероприятий во многом определяется своевременным обнаружением очагов массового размножения вредителей и эффективным прогнозированием роста их численности (Исаев и др., 1984).

Цель настоящего сообщения – проанализировать особенности вспышки размножения нового инвазивного вида, факторов, способствующих ее возникновению и поддержанию, и на этой основе оценить риск распространения союзного короеда и расширения зоны его очагов на территории Томской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в Томской области, входящей в состав Сибирского федерального округа России и расположенной в среднем течении р. Оби в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Площадь области составляет 316.9 тыс. км², протяженность с юга на север 600 км (56°–61° с.ш.), с запада на восток 780 км (075°–089° в.д.).

Важнейшее значение для прогнозирования распространения инвайдера и возникновения очагов его массового размножения имеют климатические и лесорастительные особенности района исследований.

Томская область отличается исключительно равнинным рельефом, высокой заболоченностью и умеренно-континентальным климатом, кото-

рый определяется положением региона в средних широтах, в центре Евразийского континента, что вместе с равнинной поверхностью и ее открытостью с севера и юга способствует большой изменчивости погоды и яркой выраженности сезонных климатических различий (Евсеева, 2001).

Территория Томской области полностью располагается в таежной зоне и включает два лесных района – Западно-Сибирский среднетаежный равнинный и Западно-Сибирский южнетаежный равнинный (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 “Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации”).

Леса занимают свыше 60% территории области. Среди хвойных пород второе место по площади и запасам древесины после сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) принадлежит кедру сибирскому (сосне сибирской кедровой). Кедровые леса в Томской области произрастают на 19.2% покрытой лесом площади и почти на третьей части общей площади хвойных насаждений, что значительно превышает показатели участия кедра в составе лесного фонда других административных территорий Западной Сибири и является одним из самых высоких в России. В темнохвойных сообществах, по большей части полидоминантных, кедр выступает в качестве лесообразователя совместно с пихтой сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), реже образует чистые кедровники (Лесной план ..., 2019).

Лесной фонд в пределах Томской области разделен на 21 лесничество, в каждом из которых в породном составе представлен кедр сибирский (табл. 1). Основные массивы кедровых лесов сосредоточены на севере области, в среднетаежном лесном районе. По возрасту преобладают средневозрастные и приспевающие насаждения.

Информационно-аналитической базой для настоящего сообщения послужили результаты исследований наблюдаемой вспышки размножения союзного короеда, проведенных авторами в 2019–2022 гг.

Наряду с собственными научными данными использованы материалы из открытых источников информации, касающиеся инвазии союзного короеда: космоснимки поврежденных лесов, сведения, полученные из официальных сайтов лесных и лесозащитных организаций, средств массовой информации, от местного населения.

Для характеристики лесного фонда и происходящих в нем патологических изменений проанализированы данные Лесного плана Томской области (2019), департамента лесного хозяйства Томской области в рамках Государственного лес-

Таблица 1. Площадь кедровых насаждений и их распределение по группам возраста в лесничествах Томской области (по данным Государственного лесного реестра, 2021 г.)

Муниципальный район	Лесничество	Площадь, занятая кедром, га	Распределение кедровых насаждений по группам возраста, %			
			молодняки	средне-возрастные	приспевающие	спелые и перестойные
Западно-Сибирский среднетаежный равнинный лесной район						
Александровский	Александровское	402253	8.2	53.3	29.3	9.2
Верхнекетский	Верхнекетское	697510	5.8	20.6	45.9	27.7
Каргасокский	Каргасокское	946251	4.4	39.1	45.6	10.9
	Васюганское	332963	2.7	47.8	39.6	9.9
Колпашевский	Колпашевское	151844	12.0	50.5	30.4	7.1
Парабельский	Парабельское	171123	7.4	51.8	37.0	3.8
	Кедровское	191956	11.5	61.7	19.9	6.9
Западно-Сибирский южнотаежный равнинный лесной район						
Асиновский	Асиновское	63067	31.2	39.4	21.7	7.7
Бакчарский	Бакчарское	180415	4.4	35.7	43.6	16.3
Зырянский	Зырянское	14763	6.6	66.3	26.2	0.9
Кожевниковский	Кожевниковское	3245	18.2	43.3	27.2	11.3
Кривошеинский	Кривошеинское	20224	16.3	51.1	28.0	4.6
Молчановский	Молчановское	45379	6.1	41.8	41.0	11.1
	Первомайское	110861	21.3	36.1	28.6	14.0
Тегульдетский	Улу-Юльское	165077	17.7	33.4	36.9	12.0
	Тегульдетское	79739	35.0	41.4	21.8	1.8
Томский	Корниловское	19501	29.8	39.9	23.0	7.3
	Тимирязевское	18564	7.2	27.0	40.1	25.7
	Томское	2539	9.2	90.2	0.5	0.1
Чаинский	Чаинское	53848	4.2	11.5	39.6	44.7
Шегарский	Шегарское	9770	11.5	60.7	22.3	5.5
Итого по области		3680892	8.2	39.6	38.5	13.7

ного реестра на 01.01.2021 г., Томского филиала ФБУ “Российский центр защиты леса”.

Для выявления особенностей погодно-климатических условий на предмет их благоприятности для развития и размножения союзного короеда проанализированы среднесуточные температуры воздуха весенне-летних сезонов за период с 2015 по 2021 гг. В работе использовались метеоданные базы National Centers for Environmental Information NOAA’s по 11 метеостанциям Томской области.

Экспедиционными исследованиями для выяснения распространения союзного короеда на территории области были охвачены кедровые насаждения в Томском, Тимирязевском, Кожевниковском,

Первомайском, Шегарском, Кривошеинском и Верхнекетском лесничествах.

В ходе наземных обследований насаждений присутствие инвайдера устанавливали по комплексу признаков: характерному для союзного короеда повреждению деревьев кедров по типу верхинного усыхания, наличию буровой муки в подкороновой зоне деревьев и поселений короеда на буреломных, ветровальных деревьях, снеголомных и ветроломных ветках. При этом главным показателем являлось обнаружение под корой жуков с характерными для союзного короеда морфологическими признаками (Ижевский и др., 2005; Керчев и др., 2019).

Пространственно-временные характеристики вспышки изучали на 9 постоянных пробных площадях, заложенных в припоселковых кедровниках Богашевского участкового лесничества Томского лесничества с использованием традиционных методов лесоводственных исследований (Чмыр и др., 2001). На пробных площадях (ПП) в ходе измерительной таксации проводили сплошной (подеревный) пересчет, а также периодическую оценку жизненного состояния каждого дерева по 6-балльной шкале категорий состояния (Алексеев, 1989) с учетом особенностей кедров сибирского (Кривец и др., 2008) и его повреждения союзным короедом (Бисирова, Керчев, 2020). В качестве интегрального показателя состояния древостоя использовали средневзвешенную категорию состояния деревьев, принятую для лесопатологических обследований.

Количественные показатели популяций союзного короеда определяли на обнаруженном в насаждениях свежем буреломе и лежащем на земле “ветколеме”. С деревьев и веток брались отрезки (палетки) длиной 30–50 см с последующим детальным анализом подкорного населения. По результатам анализа большого числа палеток на основе общепринятых методов лесопатологических исследований (Мозолевская и др., 1984) рассчитывали плотность поселения и другие популяционные параметры союзного короеда.

Экспертным методом, который заключается в сборе, обработке, анализе мнений и оценок нескольких экспертов (Орлов, 2002; Методические рекомендации ..., 2014), определены и проранжированы факторы, способствующие распространению инвайдера по территории области и росту численности его популяций. В качестве экспертов выступили авторы данной статьи, имеющие значительный опыт в лесных исследованиях, в том числе инвазий дендрофагов (Технология мониторинга ..., 2018). Для пространственной оценки риска вспышек массового размножения союзного короеда в лесничествах Томской области использовали средства ГИС-технологий на базе многофункционального программного обеспечения ARCGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности массового размножения союзного короеда на территории инвазии

Вспышка массового размножения союзного короеда, установленная с запозданием, одновременно с “открытием” этого нового чужеродного вида в южнотаежных лесах Кемеровской и Томской областей в 2019 г., проявилась сразу в существовании многочисленных очагов вредителя, вызвавшего к этому времени групповое, куртинное или даже сплошное усыхание деревьев кедров сибирского.

Текущий отпад в поврежденных инвайдером насаждениях значительно превышал его размер в существующих в кедровых насаждениях хронических очагах местных видов стволовых вредителей и характеризовал вторую фазу развития очагов союзного короеда – собственно массового размножения.

Начальное развитие вспышки союзного короеда (фаза нарастания численности) происходило в местах первичной локализации инвайдера в кедровых насаждениях на севере Кемеровской области. Так, первые признаки необычного для кедров вершинного усыхания обнаружены на космоснимках 2012–2013 гг. в Яшкинском районе вблизи Транссиба и на границе Кемеровской и Томской области. Заметное усыхание деревьев в кедровых насаждениях в те же годы отмечали местные жители при заготовке ореха. По-видимому, эти годы и следует считать точкой отсчета для датировки начала массового размножения инвайдера в Кемеровской области и его проникновения в сопредельные леса Томской области в результате естественной миграции из уже существующих очагов (Кривец, Керчев, 2022).

В обоих регионах инвазии экосистемами-реципиентами союзного короеда явились припоселковые кедровники – своеобразные окультуренные лесные насаждения, созданные вблизи населенных пунктов несколькими поколениями сибиряков на месте темнохвойной тайги вырубкой сопутствующих кедров пород. Они являются особо ценными лесами, выполняют функции орехово-промысловых зон, территорий традиционного природопользования местного населения недревесными пищевыми ресурсами, генетических резерватов кедров сибирского. В Томской области многие припоселковые кедровники выделены в природоохранную категорию памятников природы регионального значения.

Современные южнотаежные припоселковые кедровники в Томской области представляют собой островные лесные массивы разной площади (от 70 до 1212 га) в окружении земель сельскохозяйственного назначения и являются сложными лесопатологическими объектами, ослабленными комплексом неблагоприятных факторов. В их числе механические повреждения стволов вследствие многолетнего стихийного орехопромысла и скотопроеда, хронические очаги агрессивных грибных патогенов и местных видов стволовых насекомых, периодические вспышки массового размножения хвоегрызущих вредителей, а также участвовавшие в последние годы в связи с изменением климата экстремальные погодные явления (засухи, сильные снегопады, ураганные ветры).

Неоднократное вынужденное проведение выборочных санитарных рубок на поврежденных участках леса привело к снижению полноты и гу-

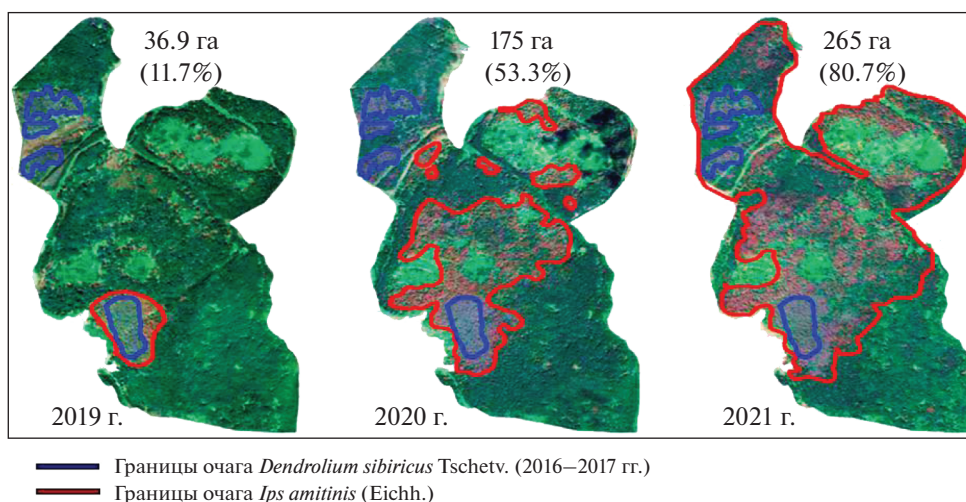


Рис. 1. Динамика площади очага союзного короеда в Лучановском кедровнике на космоснимке Google Earth.

стоты древостоев в припоселковых урочищах, их фрагментации, изменению микроклимата в сторону повышения температуры и в конечном счете к нарушению биологической устойчивости насаждений. Все это в сочетании с однородностью насаждений создало для инвайдера идеальные условия для успешного вселения и стремительного нарастания численности. При этом не только заселяются и гибнут ослабленные в силу разных причин деревья, но происходит ослабление внешне здоровых деревьев при массовом нападении короеда, и возникает риск дальнейшего его расселения в неповрежденные естественные темнохвойные леса с участием кедра сибирского.

В Томской области первый и наиболее интенсивный очаг союзного короеда возник в Лучановском припоселковом кедровнике после вспышки в 2016–2017 гг. массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv.). Усиление деятельности стволовых вредителей в этом кедровнике было зафиксировано в актах лесопатологических обследований Томского лесничества в 2018 г. на общей площади 191 га. В том числе на 36.9 га были выявлены сильная степень заселения короедами (от 51 до 100% деревьев) и высокие значения текущего отпада (от 15.2 до 36% усыхающих деревьев в разных лесопатологических выделах). В 2019 г. в связи с видовой идентификацией вредителя основной причиной наблюдаемого усыхания кедра официально был признан союзный короед. С 2019 до 2021 гг. площадь этого изначально дефолиационного очага увеличилась в 7 раз за счет расселения короеда и при отсутствии лесозащитных мер (рис. 1).

В 2019 г. заселение союзным короедом деревьев наблюдалось и в других припоселковых кедровниках Томского района при отсутствии очагов шелкопряда. С одной стороны, это может свиде-

тельствовать о нарастании численности ранее сформировавшихся здесь локальных популяций союзного короеда вследствие благоприятных для короеда погодных условий (теплая зима и сухое лето 2012, 2015–2017 гг.). С другой стороны, большое значение в росте численности инвайдера могла иметь миграция короедов из Лучановского кедровника как “донорского” местообитания, находящегося на расстоянии 3–10 км от этих насаждений.

В 2019 г. очаг союзного короеда был выявлен также в поврежденных сибирским шелкопрядом насаждениях Базойского кедровника в Кожевниковском районе на крайнем юге Томской области.

По данным Томского филиала ФГУ “Российский центр защиты леса”, к концу 2020 г. общая площадь очагов размножения союзного короеда в южной части региона составила 1207.5 га. К концу 2021 г. она увеличилась до 1491.7 га, в том числе в Томском лесничестве – 1196.3 га, в Кожевниковском лесничестве – 253.6 га и в Тимирязевском лесничестве – 41.8 га (<https://tomsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/opasnyu-vreditel-kedrovikh-lesov-sibiri>).

Очаги союзного короеда в припоселковых кедровниках Западной Сибири являются локальными, т.е. образуются на относительно небольших площадях и развиваются чаще всего независимо друг от друга, и эпизодическими, развивающимися по типу вспышки массового размножения, с вероятной продолжительностью существования 3–4 года.

В припоселковых кедровниках на юге Томской области очаги союзного короеда приурочены к разнотравным и широколиственным, реже мшистым насаждениям с участием кедра в составе древостоев 3–10 единиц, возрастом от 75 до 200 лет, преимущественно одновозрастным, полнотой 0.3–1.0,

Таблица 2. Таксационные показатели древостоев кедров сибирского на ПП в припоселковых кедровниках Томского лесничества до вспышки массового размножения союзного кородея (по авторским данным)

Кедровник, № пробной площади	Состав древостоя	Кол-во, шт./га	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Класс бонитета	Полнота
Аксеновский, ПП 2-06	10К	167	160	58.4	27.3	I	0.8
Аркашевский, ПП 12-21	5К4П1Е ед. ЛЦ	72	135	53.7	27.9	I	0.7
Белоусовский, ПП 1-06	10К	162	153	47.9	24.3	II	0.6
Белоусовский, ПП 8-10	5К1Е4Б ед. С	117	109	41.4	22.7	II	0.8
Богашевский, ПП 10-21	10К	278	157	49.3	25.0	II	1.1
Лучановский, ПП 09-20	10К	141	150	58.1	22.6	III	0.8
Петуховский, ПП 14-21	5К5Е ед. П	152	190	31.9	22.8	III	0.7
Плотниковский, ПП 13-21	8К1П1Е	128	131	53.7	26.9	I	0.8
Протопоповский, ПП 11-21	10К ед. Е	228	170	49.5	23.9	III	1.0

Примечание. Породы: К – кедр сибирский, П – пихта сибирская, Е – ель сибирская, С – сосна обыкновенная, ЛЦ – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), Б – береза повислая (*Betula pendula* Roth).

I–III классов бонитета, часто с примесью сосны, ели, пихты, березы и осины.

Насаждения на ПП относятся к разнотравной группе типов леса, с кедром IV класса возраста, разным его преобладанием в породном составе и высокими значениями морфометрических показателей деревьев (табл. 2).

Кедровые древостои на пробных площадях пострадали от инвайдера в разной степени. В 2021 г. общее количество деревьев со следами его деятельности (усыхающих, свежего и старого сухостоя) варьировало в локальных очагах от 6.3 до 95.7%, а доля текущего отпада (суммарно деревья 4 и 5(а) категорий) – от 2 до 52.6% (табл. 3).

Жизненное состояние кедров в очагах союзного кородея обусловлено породным составом древостоя (чем выше доля кедров в его составе, тем сильнее проявляются признаки деградации), действием факторов нарушения, предшествующих вспышке размножения инвайдера, длительностью существования очага и фазой его развития.

На большей части Лучановского кедровника, где размножение союзного кородея было вызвано вспышкой сибирского шелкопряда, древостои погибли (рис. 2). Здесь на пробной площади, заложенной в чистом кедровом насаждении, в 2021 г. был

выявлен самый высокий как общий, так и текущий отпад, который в большей степени был представлен свежим сухостоем. Очаг союзного кородея на территории кедровника затухает, из него происходит массовая миграция жуков в соседние участки относительно здоровых древостоев.

Чистые кедровые древостои в действующих очагах союзного кородея на ПП 1-06 в Белоусовском кедровнике и в Протопоповском кедровнике отнесены к отмирающим (средневзвешенная категория состояния – 3.7–3.8). В Протопоповском кедровнике более половины деревьев в 2021 г. составлял текущий отпад, в котором преобладали отмирающие деревья, все они были заселены союзным кородем. С начала 1990-х гг. в этом кедровнике существовали хронические очаги шестизубчатого кородея (*Ips sexdentatus* (Voegn.)), для ликвидации которых проводились многократные выборочные санитарные рубки. В Белоусовском кедровнике очаг этого вида действовал в 2014–2015 гг., и также были проведены выборочные рубки. В настоящее время по краю вырубке деревья активно заселяются союзным кородем.

Действующие очаги союзного кородея выявлены в Аксеновском и Плотниковском кедровниках. Все усыхающие деревья на ПП отработаны



Рис. 2. Погибший древостой в Лучановском припоселковом кедровнике.

союзным короедом. Значение средневзвешенной категории состояния характеризует эти древостои как сильно ослабленные, среди жизнеспособных суммарно преобладают деревья 2–3 категорий состояния, что повышает риск заселения

их инвайдером в короткие сроки и увеличения площади очагов.

В Богашевском кедровнике на ПП 10-21 в чистом по составу древостое выявлены начальные признаки ослабления (фаза нарастания числен-

Таблица 3. Показатели состояния кедровых древостоев на пробных площадях в 2021 г.

Кедровник, № пробной площади	Распределение деревьев по категориям состояния, % от запаса						Средне- взвешенная категория состояния	Количество деревьев со следами деятельности союзного короеда, %
	1	2	3	4	5(а)	5(г)		
Аксеновский, ПП 2-06	15.6	24.2	29.9	22.2	0.0	8.1	2.9	25.0
Аркашевский, ПП 12-21	27.8	44.4	22.2	0.0	0.0	5.6	2.2	0.0
Белоусовский, ПП 1-06	32.1	10.3	4.0	8.4	4.2	41.1	3.7	24.7
Белоусовский, ПП 8-10	72.6	21.5	5.9	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0
Богашевский, ПП 10-21	45.7	41.2	8.0	2.0	0.0	3.1	1.8	6.3
Лучановский, ПП 09-20	0.0	0.0	0.7	15.1	23.0	61.2	5.5	95.7
Петуховский, ПП 14-21	64.7	32.2	1.6	0.0	0.0	1.5	1.4	0.0
Плотниковский, ПП 13-21	7.0	45.4	20.0	27.5	0.1	0.0	2.7	21.9
Протопопов- ский, ПП 11-21	13.4	2.2	17.4	43.0	9.6	14.4	3.8	51.3

Примечание. Категории состояния деревьев (в соответствии с Правилами санитарной безопасности в лесах, 2020): 1 – здоровые, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5(а) – свежий сухостой; 5(г) – старый сухостой.

ности союзного кородея), с реальной перспективой ухудшения состояния, поскольку в примыкающих к ПП участках леса выявлен действующий очаг союзного кородея с диффузным и групповым усыханием кедр.

В смешанных древостоях на ПП в Белоусовском кедровнике (ПП 8-10), Аркашевском и Петуховском кедровниках не обнаружено усыхания по вершинному типу. В распределении деревьев по категориям состояния абсолютно преобладают жизнеспособные деревья, а количество отпада, представленного старым сухостоем, находится в рамках естественной нормы. В этих насаждениях очаги союзного кородея пока отсутствуют, но, видимо, ненадолго, поскольку в других участках этих кедровников союзный кородей уже вызвал групповое (до 10 деревьев в группе) и куртинное усыхание деревьев (на площади до 1 га).

Таким образом, на территории одного лесничества, в пределах одного Богашевского урочища, к которому относятся все исследованные насаждения, и даже одного кедровника, древостои в данный период вспышки массового размножения союзного кородея находятся в разной фазе развития очагов инвайдера. Это, с одной стороны, обеспечивает широкие возможности для наблюдения за их динамикой, а с другой — усложняет тактику проведения лесозащитных мероприятий.

Оценка риска распространения вспышки массового размножения союзного кородея в Томской области

Для объективной оценки риска возникновения вспышек инвайдера прежде всего необходимо иметь представление об особенностях факторов динамики численности этого вида во вторичном ареале.

По типу динамики численности союзный кородей, как и подавляющее большинство видов подсемейства Scolytinae, относится к продромальным скрытоживущим стволовым дендрофагам с узким фазовым портретом, что обусловлено тесной связью с деревом как средой обитания. Массовое размножение этих насекомых функционально связано с появлением благоприятных кормовых объектов, а в системе регуляции численности преобладают внутрипопуляционные механизмы и межвидовая конкуренция (Исаев и др., 1984).

Модифицирующее воздействие корма на численность союзного кородея в районах инвазии имеет свои особенности. В отличие от Европы, где этот вид является олигофагом на растениях семейства Pinaceae (Jeger et al., 2017), в темнохвойных лесах Западной Сибири инвайдеру свойственна региональная монофагия. Практически единственным кормовым растением для него является новый хозяин — кедр сибирский, у которо-

го массово заселяются как живые, так и свежие буреломные, ветровальные деревья, ветроломные и снеголомные ветки. Отмирание деревьев происходит по вершинному типу: заселение кородем деревьев начинается с ветвей верхней части кроны и продолжается в вершинной трети ствола. Крупные размеры деревьев, многоветвистые и многовершинные кроны кедр обеспечивают обильную кормовую базу и достаточное быстрое увеличение численности кородея в насаждении.

Как модифицирующий фактор динамики популяций существенное воздействие на численность союзного кородея оказывают погодные условия местообитаний (температура, осадки, ветер). Прежде всего, они определяют возможность развития нескольких поколений союзного кородея за вегетационный сезон, а также его выживаемость и миграции, а при негативном влиянии на физиологическое состояние растений способствуют образованию доступного корма.

Воздействие на численность союзного кородея внутрипопуляционных механизмов выражается, в частности, в изменчивости параметров популяций на разных фазах развития очага. Наиболее важный популяционный показатель — плотность поселения родительского поколения — в фазе нарастания численности минимален (0.2 семьи/дм² поверхности луба). Для действующих очагов (фаза максимума) характерна избыточная плотность поселения; в среднем она составляет 6 семей/дм². В фазу кризиса в результате конкуренции и эмиграции жуков плотность поселения снижается до 2.7 семей/дм².

Существенно то, что на всех фазах развития очагов в западносибирских кедровниках плотность поселения союзного кородея на 1–2 порядка превышает аналогичный показатель в первичном ареале вида. Так, на ловчих деревьях ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в низменных районах Чехии и Польши она составляет всего 0.04–0.08 семей/дм² (Holuša et al., 2012). Это указывает не только на усиление напряженности внутривидовой конкуренции в инвазивных популяциях кородея, но и на повышение уровня численности вида и большую ее динамичность во вторичном ареале по сравнению с нативным.

Значение межвидовой конкуренции в системе регуляции численности союзного кородея на территории инвазии снижается, хотя бы в период вспышки размножения. В первичном ареале союзный кородей обитает на деревьях совместно с достаточно большим числом видов стволовых насекомых, ограничивающих его численность (Witrylak, 2008). Консорции стволовых дендрофагов на кедре сибирском, заселенном инвайдером, значительно беднее, в большинстве случаев он вытесняет аборигенных конкурентов, обрабатывает дерево самостоятельно, и лишь на самых тонких

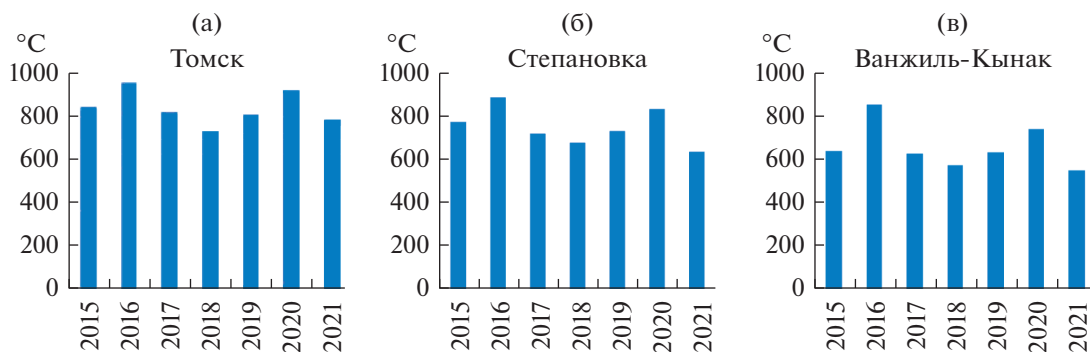


Рис. 3. Изменение годовой суммы эффективных температур $>+10^{\circ}\text{C}$ в 2015–2021 гг. в разных районах Томской области. Расположение метеостанций: (а) Томск – Томский р-он (подзона южной тайги), (б) Степановка – Верхнекетский р-он (подзона средней тайги), (в) Ванжиль-Кынак – Каргасокский р-он (подзона средней тайги).

ветках оставляет место для поселения мелких местных видов короедов. В этом союзный короед сходен с другим адвентивным дендрофагом, обосновавшимся в сибирских темнохвойных лесах, – уссурийским полиграфом (*Polygraphus proximus* Blandf.) (Керчев, Кривец, 2012).

Что касается естественных врагов союзного короеда в Западной Сибири, то к настоящему времени установлено 29 местных видов хищных и паразитических насекомых, переключившихся на питание инвазивным (Керчев и др., 2022). Исходя из общих представлений о слабом участии энтомофагов в регуляции численности стволовых вредителей из-за эффекта запаздывания (Исаев и др., 1984), их роль в снижении численности союзного короеда в период вспышки размножения, по-видимому, невелика.

Оценка риска массового размножения любого вредного вида насекомых, с учетом специфики динамики его численности, основана на анализе основных факторов среды, особенно тех переменных, которые связаны с условиями местообитания, лесонасаждения и действуют как факторы нарушения нормальной экологической обстановки. При этом широко используются различные графические и математические модели (Берриман, 1990; Исаев и др., 1984, 2015).

В рамках данного исследования оценка риска вспышек размножения союзного короеда как инвазивного вида была направлена на определение вероятности формирования его очагов в насаждениях и районах, где он в настоящее время отсутствует, и выполнена на уровне лесничеств Томской области. Концептуальной основой послужила разработанная авторами методика оценки рисков распространения уссурийского полиграфа, инвазивного вредителя пихты сибирской (Волкова и др., 2013).

Оценка риска вспышки базировалась на анализе комплекса наиболее значимых факторов (табл. 4), способствующих возникновению оча-

гов союзного короеда в районах области, с учетом особенностей экологии данного вида (трофических связей, сезонного развития, миграционной активности).

Так, наличие действующих очагов размножения союзного короеда и близость незаселенных кедровых насаждений усиливает риск формирования вспышки в результате массовой миграции жуков, которые могут лететь на большие расстояния. Например, на территории Финляндии скорость распространения союзного короеда составляла 20 км в год (Koronen, 1980).

Такие факторы, как доля кедровых лесов в общей лесной площади лесничества, степень пожароопасности на его территории и ветровая нагрузка, определяют потенциальную кормовую базу, а площадь темнохвойных насаждений с участием кедра, поврежденных сибирским шелкопрядом в период его недавнего массового размножения, – реальную кормовую базу вредителя.

Наконец, погодный оптимум в период активного развития и размножения короеда, выраженный через сумму эффективных температур, обеспечивает реализацию его поливольтинности и увеличение численности популяций в связи с развитием нескольких генераций.

В Европе союзный короед дает одну генерацию в год в горных районах и две генерации на низменных территориях (Witrylak, 2008). Наши фенологические наблюдения позволили установить, что на развитие одной генерации союзного короеда необходима сумма эффективных температур $>+10^{\circ}\text{C}$, равная 186°C . В средние по погодным условиям годы в Западной Сибири у союзного короеда формируются две генерации. Однако в более теплые годы он вполне может иметь три генерации. Так, в 2015, 2016 и 2020 гг. температурный режим на юге области был благоприятен для развития трех поколений вредителя (рис. 3а). В частности, в Кожевниковском районе в эти годы годовая сумма эффективных температур превы-

Таблица 4. Факторы, способствующие возникновению очагов союзного короеда в лесничествах Томской области

Наименование лесничества	Факторы и их фактические показатели							
	площадь действующих очагов союзного короеда на 27.12.21 г., га	расстояние от действующих очагов до границы лесничества, км	доля кедровых лесов в общей лесной площади, %	среднегодовая сумма эффективных температур >+10°C за 2015–2021 гг.	площадь очагов сибирского шелкопряда в 2016–2017 гг., тыс. га	интегральный показатель пожароопасности	сильные ветры, среднее кол-во дней в году за 2015–2021 гг.	
Александровское	0	430	27	706.1	0	1.7	18.2	
Асиновское	0	45	16	820.0	61.9	2.3	6.5	
Бакчарское	0	90	11	742.4	108.3	2.0	8.1	
Васюганское	0	400	18	779.0	14.7	1.0	7.8	
Верхнекетское	0	160	28	661.7	270.2	2.3	10.6	
Зырянское	0	65	6	780.0	5.1	2.7	5.0	
Картасокское	0	330	29	734.4	17.1	1.3	9.7	
Кедровское	0	280	14	779.0	11.1	1.3	8.8	
Кожевниковское	253.2	0	2	870.0	2.6	3.3	5.9	
Колпашевское	0	155	18	727.4	44.9	2.	6.8	
Корниловское	0	15	6	820.0	19.5	3.0	5.9	
Кривошеинское	0	50	6	820.0	35.2	2.7	5.9	
Молчановское	0	95	13	828.6	0	2.3	18.2	
Парабельское	0	265	17	734.4	2.5	1.3	9.4	
Первомайское	Единичные обнаружения	80	17	867.4	39.9	3.0	6.4	
Тегульетское	0	120	7	840.0	0	2.0	5.9	
Тимирязевское	41.8	0	8	840.0	0	3.3	5.9	
Томское	1196.3	0	5	849.0	0.6	3.0	2.1	
Улу-Юльское	0	130	23	660.0	78.1	2.3	6.5	
Чаинское	0	160	11	780.0	24.5	2.0	5.9	
Шегарское	Единичные обнаружения	25	4	840.0	18.7	2.7	5.9	

шала 850°С. Схожая картина наблюдалась для юго-восточного Первомайского района. В центральных, северных и восточных районах области сумма эффективных температур в 2016 и 2020 гг. также могла обеспечить развитие трех генераций союзного кородея, в остальные годы тепла хватало для развития лишь двух генераций вредителя (рис. 3б). На крайнем северо-востоке области возможно развитие только двух генераций (рис. 3в).

В группе факторов ослабления кедровых лесов самым значимым показателем риска вспышки размножения союзного кородея при его вселении на территорию лесничества является площадь очагов сибирского шелкопряда. Как по абсолютному значению этого показателя (табл. 4), так и по площади собственно кедровников в поврежденных шелкопрядом темнохвойных насаждениях лидирует Верхнекетское лесничество (223.1 тыс. га), затем следует Бакчарское лесничество (72.4 тыс. га кедровых насаждений) и Улу-Юльское лесничество (65 тыс. га). Тройку аутсайдеров по площади очагов сибирского шелкопряда составляют южные лесничества — Зырянское, Кожевниковское и Томское. При этом в них высока доля нарушенных шелкопрядом кедровых насаждений в общей площади кедровников: в Кожевниковском лесничестве — 78.8%, Зырянском — 34.5%, Томском — 23.7%. Это, в связи с наличием на юге Томской области очагов союзного кородея, может привести к сильному сокращению лесопокрываемой площади.

Благоприятным для распространения кородея на территории области фактором могут быть пожары, ослабляющие устойчивость кедровых лесов. Для анализа пожароопасности территории лесничеств использован интегральный показатель, рассчитанный как среднеарифметическая величина трех пирологических характеристик — класса пожароопасности по лесорастительным условиям, класса пожароопасности по погодным условиям и фактической горимости лесов. В соответствии с интегральным показателем этот фактор может иметь наибольшее значение для распространения союзного кородея в Томском, Кожевниковском и Первомайском лесничествах (табл. 4), при этом нарастание объемов мортмассы в очагах союзного кородея приведет к увеличению риска пожаров.

Количество ураганных ветров характеризует степень угрозы массовых ветровалов и буреломов, создающих обильную кормовую базу для кородея. Наряду с этим, ветровалы и буреломы облегчают распространение огня при низовых пожарах, резко повышая пирогенную опасность территории, особенно в весенние месяцы. Главной особенностью ветрового режима Томской области является относительная пространственная однородность случаев с сильными порывистыми ветрами (табл. 4). Чаше это явление на-

блюдается на севере и северо-востоке области, в Александровском и Верхнекетском лесничествах, и в средней части региона, в Молчановском лесничестве.

Таким образом, в лесничествах Томской области факторы, способствующие возникновению очагов союзного кородея, проявляют себя по-разному, и необходимо использование некоего комплексного показателя для оценки риска массового размножения. С этой целью на первом этапе по каждому фактору фактические величины (табл. 4) были переведены в баллы (табл. 5).

По шкале значимости доминирующее положение занимают два фактора: площадь действующих очагов массового размножения вредителя и расстояние от очага до незаселенных кедровых лесов. В совокупности высокое значение этих показателей свидетельствует о критическом уровне концентрации вредителя и высокой вероятности его распространения в ближайшие насаждения.

На следующем этапе процедуры оценки риска было проведено экспертное ранжирование каждого фактора риска в виде весовых коэффициентов в интервале [0; 1], при сумме всех коэффициентов, равной 1, и рассчитан комплексный показатель риска по формуле :

$$NF = 0.20N_1 + 0.20N_2 + 0.17N_3 + 0.15N_4 + 0.15N_5 + 0.08N_6 + 0.05N_7,$$

где NF — комплексный показатель риска, N_1 – N_7 — факторы риска в баллах.

Значения NF 1.13–1.42 балла характеризуют низкую степень риска возникновения на территории лесничества очагов массового размножения союзного кородея в ближайшие годы, значения 1.43–1.81 балла — среднюю степень, 1.82–2.26 балла — высокую степень риска. Районирование территории Томской области по комплексному показателю риска вспышки размножения кородея позволило выделить группы лесничеств с разной степенью подверженности их территорий проникновению инвазивного вида и опасности распространения его очагов в кедровых древостоях (рис. 4).

В ближайшие годы площадь очагов размножения союзного кородея увеличится в Томском и Тимирязевском лесничествах. Новые очаги могут возникнуть в Корниловском, Шегарском, Асиновском, Первомайском, Улу-Юльском и Бакчарском лесничествах, прежде всего, из-за ослабления древостоев в период вспышки сибирского шелкопряда 2016–2018 гг. Возможно вселение чужеродного вида и формирование локальных очагов в поврежденных шелкопрядом насаждениях на территории Зырянского, Кривошеинского, Молчановского, Чаинского, южной части Колпашевского и Верхнекетского лесничеств. В более отдаленном будущем инвайдер может обосноваться и в лесах западных и северных лесничеств, чему бу-

Таблица 5. Шкала экспертных оценок степени воздействия факторов, способствующих распространению вспышки массового размножения союзного короеда

Факторы	Показатели	Значения показателя	Баллы
N ₁	Площадь действующих очагов массового размножения вредителя, га	Единичные обнаружения	1
		1–100	2
		Более 100	3
N ₂	Расстояние от зоны действующих очагов до границы лесничества, км	Более 100	1
		50–100	2
		0–49	3
N ₃	Доля кедровых лесов от общей лесной площади, %	1–10%	1
		11–20%	2
		Более 20%	3
N ₄	Погодный оптимум в период развития вредителя, сумма эффективных температур >+10°C	Менее 750	1
		751–800	2
		Более 801	3
N ₅	Площадь лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом, тыс. га	0.1–50	1
		51–100	2
		Более 100	3
N ₆	Степень пожароопасности территории, интегральный показатель	1–1.9	1
		2–2.9	2
		3–3.9	3
N ₇	Среднегодовое количество дней с ветром 15 м/с и более	0–4.0	1
		4.1–8.0	2
		Более 8	3



Рис. 4. Районирование Томской области по комплексному показателю риска возникновения очагов массового размножения союзного короеда.

дет способствовать наличие больших площадей кедровых лесов. Здесь образование очагов размножения союзного короледа будет возможно при возникновении экстремальных ситуаций (крупных пожаров, массовых ветровалов, очередного массового размножения сибирского шелкопряда).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленные особенности наблюдаемой вспышки размножения союзного короледа в Томской области и вызвавших и поддерживающих ее факторов позволяют прогнозировать рост площади очагов инвайдера на юге региона и распространение их в северо-восточном направлении в ближайшие годы.

Предлагаемая методика оценки риска массового размножения союзного короледа позволяет выделить и оценить наиболее значимые факторы, способствующие дальнейшей его экспансии, и выявить территориальные особенности происходящего процесса. При наличии более детальной информационной базы по представленным факторам ее можно адаптировать для участков лесничеств и лесных кварталов, и не только для территории Томской области, но и для соседних регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
- Берриман А. Защита леса от насекомых-вредителей / Пер. с англ. В.Г. Долгополова. М.: Агропромиздат, 1990. 288 с.
- Бисирова Э.М., Керчев И.А. Оценка состояния кедрового в очагах массового размножения союзного короледа – нового инвазионного вредителя в Сибири // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. IX Чтения памяти О.А. Катаева, Санкт-Петербург, 24–27 ноября 2020 г. СПб: СПбГЛТУ, 2020. С. 82–83.
- Евсеева Н.С. География Томской области (Природные условия и ресурсы). Томск: Изд-во Том. ун-та, 2001. 223 с.
- Волкова Е.С., Кривец С.А., Мельник М.А. Районирование Томской области по опасности распространения уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandf.) – нового вредителя пихты сибирской // География и природные ресурсы. 2013. № 3. С. 41–49.
- Ижевский С.С., Никитский Н.Б., Волков О.Г., Долгин М.М. Иллюстрированный справочник жуков-ксилофагов – вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации. Тула: Гриф и К., 2005. 220 с.
- Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В., Кондаков Ю.П., Киселев В.В. Динамика численности лесных насекомых. Новосибирск: Наука, 1984. 224 с.
- Исаев А.С., Пальникова Е.Н., Суховольский В.Г., Тарасова О.В. Динамика численности лесных насекомых-филофагов: модели и прогнозы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2015. 262 с.
- Керчев И.А., Кривец С.А. Состав и численность обитающих совместно с уссурийским полиграфом ксилофильных консортов пихты сибирской в Томской области // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых: Мат. Всеросс. конф., Красноярск, 25–27 сентября 2012 г. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. С. 57–59.
- Керчев И.А., Мандельштам М.Ю., Кривец С.А., Илинский Ю.Ю. Союзный короледа *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – новый чужеродный вид в Западной Сибири // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98. № 3. С. 592–599.
- Керчев И.А., Кривец С.А., Бисирова Э.М., Смирнов Н.А. Распространение союзного короледа *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) в Западной Сибири // Российский журнал биологических инвазий. 2021. № 4. С. 77–84.
- Керчев И.А., Кривец С.А., Бабенко А.С., Кривошеина М.Г., Смирнов Н.А., Целих Е.В. Материалы по фауне и биологии насекомых-энтомофагов союзного короледа *Ips amitinus* (Eichh.) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Западной Сибири // Энтомологическое обозрение. 2022. Т. 101. № 2. С. 252–270.
- Кривец С.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А. Виталитетная структура древостоев кедрового сибирского *Pinus sibirica* Du Roi на юго-востоке Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 313. С. 225–231.
- Кривец С.А., Керчев И.А. Защита кедровых лесов Сибири от союзного короледа: мифы и реальность // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: Мат-лы Третьей Всеросс. конф. с международным участием, Москва, 11–15 апреля 2022 г. Москва–Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2022. С. 87–88.
- Лесной план Томской области на 2019–2028 годы, утвержденный распоряжением губернатора Томской области от 18 февраля 2019 г. № 40-р.
- Мандельштам М.Ю., Селиховкин А.В. Короледы Северо-Запада России (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): история изучения, состав и генезис фауны // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99. № 3. С. 631–665.
- Методические рекомендации по нормированию труда на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Утверждены ФГБУ “НИИ ТСС” Минтруда России 07.03.2014, № 006, шифр 13.01.06. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_308907/576245b522294624269f6888e590b4a30abd1038/
- Мозолева Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
- Орлов А.И. Экспертные оценки: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 31 с.

Правила санитарной безопасности в лесах, утвержденные постановлением Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047. <https://base.garant.ru/75037636/>

Технология мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири / С.А. Кривец, Э.М. Бисирова, Е.С. Волкова, И.А. Керчев, М.А. Мельник и др. Методическое пособие. Томск: УМИУМ, 2018. 74 с.

Чмыр А.Ф., Маркова И.А., Сеннов С.Н. Методология лесоводственных исследований: учебное пособие. СПб.: ЛТА, 2001. 96 с.

Holuša J., Lucášová K., Grodzki W., Kula E., Matoušek P. Is *Ips amitinus* (Coleoptera: Curculionidae) abundant in wide range of altitudes? // Acta Zoologica Bulgarica. 2012. V. 64. P. 219–228.

<https://tomsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/opasnyy-vreditel-kedrovikh-lesov-sibiri>

Jurc M., Bojović S. Bark beetle outbreaks during the last decade with special regard to the eight-toothed bark beetle (*Ips amitinus* Eichh.) outbreak in the Alpine region of Slovenia. // Proceedings of the IUFRO (WP7.03.10) Symposium held in Mátrafüred, Hungary, September 12–16, 2004. Biotic Damage in Forests (ed. by G. Csyka, A. Hirka

and A. Koltay). Hungarian Forest Research Institute, Hungary. 2006. P. 85–95.

Jeger M., Bragard C., Caffier D., Candresse T., Chatzivassiliou E., Dehnen-Schmutz K., Gilioli G., Anton J., Miret J., MacLeod A., Navajas Navarro M., Niere B., Parnell S., Potting R., Rafoss T., Rossi V., Urek G., Van Bruggen A., Van der Werf W., West J., Winter S., Kertesz V., Aukhojee M., and J.C. Gregoire. Pest categorisation of *Ips amitinus* // EFSA Journal. 2017. V. 15. № 11. P. 1–26.

Koponen M. Distribution of *Ips amitinus* (Coleoptera, Scolytidae) in Finland in 1974–1979 // Notulae Entomologicae. 1980. V. 60. P. 223–225.

Musolin D.L., Kirichenko N.I., Karpun N.N., Aksenenko E.V., Golub V.B., Kerchev I.A., Mandelshtam M.Y., Vasaitis R., Volkovitch M.G., Zhuravleva E.N., Selikhovkin A.V. Invasive insect pests of forests and urban trees in Russia: origin, pathways, damage, and management // Forests. 2022. V. 13. P. 1–60.

Witrylak M. Studies of the biology, ecology, phenology, and economic importance of *Ips amitinus* (Eichh.) (Col., Scolytidae) in experimental forest of Krynica (Beskid Sadecki, southern Poland) // Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria. 2008. № 1. 75–92.

A Mass Reproduction Outbreak and Estimation of the Spreading Risks for the Small Spruce Bark Beetle in Cedar Pine Forests of the Tomsk Region

S. A. Krivets^{1, *}, I. A. Kerchev¹, E. M. Bisirova^{1, 2}, E. S. Volkova¹, M. A. Melnik¹, N. A. Smirnov¹, and E. N. Pats¹

¹*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the RAS, Academicheskoy ave. 10/3, Tomsk, 634055 Russia*

²*All-Russian Plants Quarantine Centre, Tomsk Branch, Frunze ave. 109A, Tomsk, 634069 Russia*

*E-mail: krivec_sa@mail.ru

The results of studying the mass reproduction outbreak of a new invasive pest of the Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour), the small spruce bark beetle (*Ips amitinus* (Eichh.)), observed in Siberia for the first time, are presented in this paper. The studies were carried out in the south-eastern part of Western Siberia, within the Tomsk region, in pine forests damaged by an invasive bark beetle. It is shown that the occurrence of the outbreak was provoked by favourable weather conditions of recent decades and the abundance of trees, weakened for various reasons, in the recipient ecosystems of the invasion, among which the outbreak of the Siberian moth in 2016–2018 was of great importance. The small spruce bark beetle population dynamics in new habitats was compared with the native area in Europe, and certain peculiarities were revealed: an increase in the populations' numbers level, a narrowing of trophic specialisation up to a regional monophagy, a decrease in the role of an interspecific competition due to the displacement of local stem dendrophagous species by the invader, the simultaneous existence of outbreak foci in different development stages and the correlation between their characteristics, the species composition of the forest stands and the weakening factors. An original method for assessing the spreading risk for an outbreak of the small spruce bark beetle breeding in the Tomsk region under the influence of a complex of factors that contribute to an increase in its number has been proposed and implemented at the forestries level.

Keywords: small spruce bark beetle, invasion, Western Siberia, mass reproduction outbreak, spreading risk.

Acknowledgements: The work has been carried out within the framework of the State budget-funded project No. 121031300226-5 “Dynamical and evolutionary processes in natural ecosystems of Siberia: indicators, monitoring, prognosis” and with a partial support from the RFBR (grant No. 20-04-00587).

REFERENCES

- Alekseev V.A., Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev'ev i drevostoev (Diagnostics of vitality of trees and stands), *Lesovedenie*, 1989, No. 4, pp. 51–57.
- Berriman A., *Zashchita lesa ot nasekomykh-vreditel'ei* (Protection of the forest from insect pests), Moscow: Agropromizdat, 1990, 288 p.
- Bisirova E.M., Kerchev I.A., Otsenka sostoyaniya kedra sibirskogo v ochagakh massovogo razmnozheniya soyuznogo koroeda – novogo invazionnogo vreditelya v Sibiri (Assessment of the state of the Siberian stone pine *Pinus sibirica* in the outbreak foci of the small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), a new invasive pest in Siberia), *Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems (The Kataev Memorial Readings – XI)*, St. Petersburg, Proc. of the All-Russia Conf. with intl. participation, November 24–27, 2020, St. Petersburg: SPbGLTU, pp. 82–83.
- Chmyr A.F., Markova I.A., Sennov S.N., *Metodologiya lesovodstvennykh issledovaniy* (Forestry Research Methodology), Saint Petersburg: LTA, 2001, 96 p.
- Evseeva N.S., *Geografiya Tomskoi oblasti (Prirodnye usloviya i resursy)* (Geography of Tomsk Oblast: environment and resources), Tomsk: Izd-vo TGU, 2001, 223 p.
- Holuša J., Lucášová K., Grodzki W., Kula E., Matoušek P., Is *Ips amitinus* (Coleoptera: Curculionidae) abundant in wide range of altitudes?, *Acta Zoologica Bulgarica*, 2012, Vol. 64, pp. 219–228.
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_308907/576245b522294624269f6888e590b4a30abd1038/
<https://tomsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/opasnyy-vreditel-kedrovikh-lesov-sibiri>
- Isaev A.S., Khlebopros R.G., Nedorezov L.V., Kondakov Y.P., Kiselev V.V., *Dinamika chislennosti lesnykh nasekomykh* (Population dynamics of forest insects), Novosibirsk: Nauka, 1984, 223 p.
- Isaev A.S., Pal'nikova E.N., Sukhovol'skii V.G., Tarasova O.V., *Dinamika chislennosti lesnykh nasekomykh-fillofagov: modeli i prognozy* (Population dynamics of forest phyllophagous insects: models and prognoses), Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2015, 262 p.
- Izhevskii S.S., Nikitskii N.B., Volkov O.G., Dolgin M.M., *Illyustrirovannyi spravochnik zhukov-ksilofagov – vreditel'ei lesa i lesomaterialov Rossiiskoi Federatsii* (Illustrated guide to xylophagous beetles – pests of forests and timber in the Russian Federation), Tula: Grif i K, 2005, 220 p.
- Jeger M., Bragard C., Caffier D., Candresse T., Chatzivassiliou E., Dehnen-Schmutz K., Gilioli G., Anton J., Miret J., MacLeod A., Navajas Navarro M., Niere B., Parnell S., Potting R., Rafoss T., Rossi V., Urek G., Van Bruggen A., Van der Werf W., West J., Winter S., Kertesz V., Aukhojee M., and Gregoire J.-C., Pest categorisation of *Ips amitinus*, *EFSA Journal*, 2017, Vol. 15, No. 11, pp. 1–26.
- Jurc M., Bojović S., Bark beetle outbreaks during the last decade with special regard to the eight-toothed bark beetle (*Ips amitinus* Eichh.) outbreak in the Alpine region of Slovenia, *Biotic Damage in Forests*, Proc. of the IUFRO (WP7.03.10) Symposium held in Mátrafüred, Hungary, September 12–16, 2004. Hungary: Hungarian Forest Research Institute, 2006, pp. 85–95.
- Kerchev I.A., Krivets S.A., Babenko A.S., Krivosheina M.G., Smirnov N.A., Tselikh E.V., Materialy po faune i biologii nasekomykh-entomofagov soyuznogo koroeda *Ips amitinus* (Eichh.) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) v Zapadnoi Sibiri (Contribution to the fauna and bionomics of entomophagous insects feeding on the small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Eichh.) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) in Western Siberia), *Entomologicheskoe obozrenie*, 2022, Vol. 101, No. 2, pp. 252–270.
- Kerchev I.A., Krivets S.A., Bisirova E.M., Smirnov N.A., Rasprostraneniye soyuznogo koroeda *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) v Zapadnoi Sibiri (Distribution of the small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) in Western Siberia), *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2021, No. 4, pp. 77–84.
- Kerchev I.A., Krivets S.A., Sostav i chislennost' obitayushchikh sovместно s ussuriiskim poligrafom ksilofil'nykh konsortov pikhty sibirskoi v Tomskoi oblasti (Composition and abundance of xylophilic consorts of Siberian fir living together with the four-eyed fir bark beetle in the Tomsk region), *Ekologicheskie i ekonomicheskie posledstviya invazii dendrofil'nykh nasekomykh* (Ecological and economic consequences of invasions of dendrophilic insects), Krasnoyarsk, Proc. of All-Russian Conf., September 25–27, 2012, Krasnoyarsk: IL SO RAN, pp. 57–59.
- Kerchev I.A., Mandel'shtam M.Y., Krivets C.A., Ilinskii Y.Y., Soyuznyi koroed *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – novyi chuzherodnyi vid v Zapadnoi Sibiri (Small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): a new alien species in Western Siberia), *Entomologicheskoe obozrenie*, 2019, Vol. 98, No. 3, pp. 592–599.
- Koponen M., Distribution of *Ips amitinus* (Coleoptera, Scolytidae) in Finland in 1974–1979, *Notulae Entomologicae*, 1980, Vol. 60, pp. 223–225.
- Krivets S.A., Bisirova E.M., Demidko D.A., Vitalitnaya struktura drevostoev kedra sibirskogo *Pinus sibirica* Du Tour na yugo-vostoke Zapadnoi Sibiri (Vitality structure of Siberian stone pine stands in the southeast of Western Siberia), *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Prilozhenie № 7, ser. Biologicheskie nauki (biologiya, pochvovedenie, lesovedenie)*, 2008, No. 313, pp. 225–231.
- Krivets S.A., Kerchev I.A., Zashchita kedrovoykh lesov Sibiri ot soyuznogo koroeda: mify i real'nost' (Protection of Siberian pine forests from small spruce bark beetle: myths and reality), *Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditel'ei i patogenov drevesnykh rastenii: ot teorii k praktike* (Monitoring and biological control methods of woody plant pests and pathogens: from theory to practice), Moscow, Proc. of Third All-Russian Conf. with Intl. participation, April 11–15, 2022, Moscow–Krasnoyarsk: Institut lesa im. V.N. Sukacheva SO RAN, pp. 87–88.
- Lesnoi plan Tomskoi oblasti na 2019–2028 gody, utverzhdennyi rasporyazheniem gubernatora Tomskoi oblasti ot 18 fevralya 2019 g. № 40-r* (The forest plan of the Tomsk region for 2019–2028, approved by the order of the Governor of the Tomsk region of February 18, 2019).

- Mandel'shtam M.Y., Selikhovkin A.V., Koroedy Severo-Zapada Rossii (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): istoriya izucheniya, sostav i genезis fauny (Bark and ambrosia beetles (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) of North-Western Russia: history of the study, composition and genesis of the fauna), *Entomologicheskoe obozrenie*, 2020, Vol. 99, No. 3, pp. 631–665.
- Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S., *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vreditelei i boleznei lesa* (Methods of forest pathological surveys in centers of mass outbursts of pests and diseases of forests), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1984, 152 p.
- Musolin D.L., Kirichenko N.I., Karpun N.N., Aksenenko E.V., Golub V.B., Kerchev I.A., Mandelshtam M.Y., Vasaitis R., Volkovitsh M.G., Zhuravleva E.N., Selikhovkin A.V., Invasive insect pests of forests and urban trees in Russia: origin, pathways, damage, and management, *Forests*, 2022, Vol. 13, pp. 1–60.
- Orlov A.I., *Ekspertnye otsenki* (Expert assessments), Moscow: MGTU im. N.E. Bauman, 2002, 31 p.
- Pravila sanitarnoi bezopasnosti v lesakh* (Sanitary safety rules in forests. Approved. Decree of the Government of the Russian Federation dated 09.12.2020 No. 2047), 2020, 09.12.2020.
- Tekhnologiya monitoringa pikhtovykh lesov v zone invazii ussuriiskogo poligrafa v Sibiri*, (Monitoring technology of fir forests in the zone of invasion of the four-eyed fir bark beetle in Siberia), Tomsk: UMIUM, 2018, 74 p.
- Volkova E.S., Krivets S.A., Mel'nik M.A., Raionirovanie Tomskoi oblasti po opasnosti rasprostraneniya ussuriiskogo poligrafa (*Polygraphus proximus* Blandf.) – novogo vreditelya pikhty sibirskoi (Regionalization of Tomsk oblast by hazard of four-eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandf.) invasion – new pest of Siberian fir), *Geografiya i prirodnye resursy*, 2013, No. 3, pp. 41–49.
- Witrylak M., Studies of the biology, ecology, phenology, and economic importance of *Ips amitinus* (Eichh.) (Col., Scolytidae) in experimental forest of Krynica (Beskid Sadecki, southern Poland), *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 2008, No. 1, pp. 75–92.