

Руководителю агентства
лесного и охотничьего хозяйства
Сахалинской области
В.В. Корневу

Уважаемый Владимир Владимирович!

В процессе реализации программ научно-исследовательской работы на островах Сахалин и Кунашир в 2019–2020 гг. сотрудниками лаборатории геоботаники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской академии наук были обнаружены широкомасштабные усыхания лесных массивов ели аянской, ели Глена (редкий вид, включенный в Красную книгу РФ) и лесных культур интродуцированной на Сахалине ели европейской после их заселения короедом-типографом.

В настоящее время общая площадь усохших и усыхающих еловых древостоев насаждений определена с помощью анализа данных дистанционного зондирования и составляет 12 тыс. га, демонстрирует тенденцию к расширению. Для участков, на которые имеются данные спутниковой съемки сверхвысокого разрешения, при помощи алгоритма распознавания на базе U-Net-подобной свёрточной нейронной сети (Kislov et al. 2020, 2021; Korznikov et al. 2021) выполнено детальное картографирование погибших деревьев, в частности, на территории заказника «Долинский» и в его окрестностях.

Ввиду катастрофичности надвигающейся ситуации, которая в случае реализации худшего сценария вызовет полную гибель взрослых деревьев ели аянской и ели Глена на юге Сахалина и Кунашире в течении ближайших 3-4 лет, обращаясь к Вам с рекомендацией активировать работу ответственных лиц для принятия экстренных мер борьбы с распространением короеда-типографа.

Прилагаю аналитическую записку о причинах и последствиях вспышки короеда типографа, картографические данные об очагах поражения еловых древостоев в южной части Сахалина.

Прошу дать ответы на следующие вопросы:

1. Имеют ли сотрудники и руководство организаций, ответственных за контроль за состоянием и защитой лесов и подведомственных агентству лесного и охотничьего хозяйства Сахалинской области, знания и

- навыки, позволяющие обнаруживать очаги короеда-типографа и проводить необходимые лесозащитные мероприятия?
2. Почему до настоящего времени, несмотря на наличие явных и очевидных признаков вспышки численности короеда-типографа и связанную с ней массовую гибель елей в лесах юга Сахалина и Кунашира, изложенную в том числе в многочисленных публикациях в СМИ начиная с 2019 г., до сих пор не предпринято мер по борьбе с распространением стволового вредителя?
 3. Какие меры борьбы со вспышкой численности короеда-типографа планируется проводить в ближайшем будущем?

Кирилл Александрович Корзников,
канд. биол. наук, вед. научн. сотрудник
лаб. геоботаники Ботанического сада-института ДВО РАН

Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 159-46, 693010
e-mail: korzkir@mail.ru

09.04.2021

О причинах и масштабах массового усыхания деревьев ели аянской (*Picea ajanensis*) и ели Глена (*Picea glehnii*) на юге Сахалина и Курильских островов

1 Причина усыхания ели в лесах Сахалина и Курил

Ель аянская (*Picea ajanensis* Fisch. ex Trautv. & С.А.Мey.) – один из основных видов-лесообразователей на территории Сахалинской области. В пределах Муравьевской низменности (Корсаковский район) и на юге Курильской гряды (Итуруп, Кунашир) встречается еще один вид ели – ель Глена (*Picea glehnii* (F.Schmidt) Mast.), который включен в Красную книгу Сахалинской области и Российской Федерации.

Повсеместная деградация таежных вечнозеленых лесов, в том числе еловых – один из векторов современной трансформации растительного покрова бореальной зоны¹. В 2014–2015 гг. череда неблагоприятных метеорологических явлений, среди которых следует отметить тропические циклоны Халонг, Дуцзуань и Чой-Ван, привела к масштабным ветровальным и ветроломным явлениям на юге острова Сахалин и южных Курильских островах. Появление колоссальной массы недавно погибших деревьев ели аянской, огромного числа поврежденных и ослабленных деревьев (с обломанными ветвями и стволами, оголенными вследствие крена корнями, задирами на коре от падения стволов соседних деревьев, испытывающих световой и водный стресс вследствие разрежения древесного полога) стало причиной начала вспышки численности жука короеда-типографа (*Ips typographyus* Linnaeus, 1758) в регионе.

Короед-типограф повсеместно встречается в еловых лесах Евразии. Его личинки кормятся под внешними слоями коры взрослых деревьев ели. Короед-типограф питается не древесиной, а клетками луба (флоэмы), содержащих флоэмный сок – раствор углеводов, являющихся продуктами фотосинтеза. Насекомые кормятся **исключительно на живых или недавно погибших деревьях**. Поврежденные и ослабленные деревья наиболее привлекательны для короеда-типографа, поскольку естественная сопротивляемость таких деревьев заселению вредителями снижена². Тем не менее, нападение большого числа жуков даже на здоровое дерево вызывает его неминуемую и скорую гибель. Короед-типограф не заселяет подрост, поскольку тонкие стволы

¹ Gauthier S., Bernier P., Kuuluvainen T., Shvidenko A.Z., Schepaschenko D.G. 2015. Boreal forest health and global change. *Science* 2020. 345(6250):819-822. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9092>

² Маслов А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М.: ВНИИЛМ, 2010. 138 с.

небольших елей не предоставляют достаточного объема кормового ресурса для личинок, а тонкая кора в должной мере не предохраняет их от негативных внешних воздействий.

Короед-типограф с фоновой численностью постоянно присутствует в лесных экосистемах, заселяя старые больные деревья или недавно упавшие стволы, являясь, таким образом, элементом лесного биоценоза, обеспечивающим естественную смену поколений деревьев. Внезапное увеличение числа ослабленных деревьев вызывает отклик в виде резкого роста численности жуков. В ходе массовых атак жуков начинают гибнуть не только ослабленные, но и здоровые деревья. Обилие кормовых ресурсов в очаге, в свою очередь, поддерживает дальнейший рост численности и продолжающееся усыхание деревьев. Длительность вспышки численности может достигать нескольких лет, часто до исчезновения кормовых ресурсов, т.е. полного исчезновения взрослых деревьев.

Широко известны многочисленные примеры масштабных вспышек численности короеда-типографа, которые вызывали массовые усыхания еловых лесов на обширных площадях. На территории России печально известна массовая вспышка короеда-типографа в Московском регионе и окрестностях (2010–2014 гг.), вследствие аномальной засухи 2010 г.³ Помимо засух причинами вспышек также могут быть: появление очагов хвоегрызущих насекомых, грибных инфекций, пожары, ветровалы.

2 Регистрация очагов короеда-типографа в Сахалинской области и оценка площади усохших древостоев

Причина гибели деревьев ели аянской, как следствие атаки короеда-типографа, достоверно может быть определена по ряду признаков: наличию вылетных отверстий в коре, наличию характерного рисунка личиночных ходов под корой погибшего дерева, наличию кормящихся личинок и взрослых жуков (возможно только в том случае, если обследование выполняется в период развития личинок или имаго) (Приложение 1).

Повсеместные очаги развития короеда-типографа вместе с многочисленными усохшими деревьями ели аянской и ели Глена были обнаружены нами в 2019 г. в центральной и южной части острова Кунашир. О проблеме вспышки численности короеда-типографа известно дирекции государственного природного заповедника «Курильский», опубликована

³ Гниненко Ю.И., Хегай И.В. Динамика усыхания еловых лесов в Московском регионе. *Лесохозяйственная информация* 2018. 2:65-74. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.2.07>

информация в СМИ, сотрудниками заповедника издана научная публикация⁴. К настоящему времени из-за вспышки численности короеда-типографа в южной и средней частях острова взрослые деревья ели аянской почти целиком погибли и выпали из состава древостоев. В поисках кормовых ресурсов жуки мигрировали из окрестностей мест размещения ветровалов по склонам сопок на заболоченные низменности, где развиты монодоминантные древостои из ели Глена. В настоящее время усыхает крупнейший в России лесной массив ели Глена на берегах озера Серебряного в окрестностях пос. Южно-Курильска.

Отдельные усохшие деревья ели аянской со следами присутствия короеда-типографа в 2019 г. мы зафиксировали также на острове Шикотан, в окрестностях пос. Малокурильское.

В 2020 г. многочисленные деревья ели аянской, погибшие после атак короедов, были обнаружены на острове Сахалин к югу от перешейка Поясок, во всех административных районах – Томаринском, Долинском, Холмском, Анивском, Корсаковском, Невельском, в пределах муниципального образования Южно-Сахалинска.

Для оценки площади и локализации очагов развития короеда-типографа на юге Сахалина были обработаны данные спутниковых изображений и подготовлена карта. Для создания карты использовали многоканальные снимки аппаратов орбитального базирования Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м в оптической части спектра и 20 м в ближней инфракрасной части спектра. Использованы безоблачные снимки, выполненные в начале июня 2020 г., снимки более поздних датах не годились из-за сильного облачного покрытия.

По результатам полевых исследований 2020 г., в которых были зафиксированы очаги короеда-типографа, была создана обучающая выборка пикселей. При помощи классификационного алгоритма глубокого обучения (deep learning) «случайный лес» (RandomForest), реализованного на языке программирования высокого уровня Python, путем анализа значений 4-х спектральных каналов (красный, голубой, зеленый, ближний инфракрасный, средний инфракрасный), нормализованного вегетационного индекса (NDVI) и нормализованного водного индекса (NDWI) был создан растровый слой отражающий размещение усохших древостоев ели аянской. Линейный размер пикселя растрового слоя составляет 20 м. Кросс-валидационная проверка результатов классификации показала, что ее точность составляет 93%, что соответствует обычным уровнем качества распознавания участков усохших

⁴ Пирцхалава-Карпова Н.Р., Карпов А.А., Грищенко М.Ю., Козловский Е.Е. Исследование участков леса подверженных влиянию короеда-типографа (*Ips typographus*) в заповеднике "Курильский" (о. Кунашир). *Лесотехнический журнал* 2020. 10(37):50-59. <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2020.1/5>

древостоев в очагах развития стволовых вредителей, выполненного подобным образом⁵. Дополнительно был разработан метод обнаружения усохших деревьев ели аянской на спутниковых снимках сверхвысокого разрешения при помощи алгоритма свёрточной нейронной сети⁶.

По состоянию на начало июня 2020 г. общая площадь территории на юге Сахалина, в пределах которой зафиксировано усыхание ели аянской составляет свыше 12 000 га. Наиболее обширные очаги усыхания приурочены к участкам Сусунайского хребта (Долинский район, гор. Южно-Сахалинск), Южно-Камышового хребта (Долинский и Холмский районы), Корсаковского плато (Корсаковский район). В меньшей степени очаги усыхания лесов развиты в южной части полуострова Крильон (Невельский район) – ввиду меньшего участия ели аянской в сложении древостоев, и Муравьевской низменности вместе с Тонино-Анивским полуостровом (Корсаковский район) – ввиду меньшего уровня ветровальных повреждений в древостоях (см. Приложение 1).

Необходимо заметить, что, исходя из анализа источников научной литературы, до настоящего времени вспышек численности короеда-типографа и масштабного усыхания еловых лесов на территории Сахалинской области не было зафиксировано. Ранее отмечались лишь вспышки численности хвоегрызущих чешуекрылых насекомых.

3 Прогноз дальнейшего развития вспышки численности короеда-типографа и усыхания еловых лесов в регионе

После исчерпания кормовых ресурсов короеда-типографа в местах зарегистрированного усыхания ели аянской следует ожидать миграцию насекомых на примыкающие участки с наличием кормовых видов-деревьев – елью аянской и елью Глена. На Сахалине, такими участками являются массивы лесов с участием и доминированием ели Глена в пределах Муравьевской низменности; леса с елью аянской на Тонино-Анивском полуострове и к северу от перешейка Поясок. Таким образом, хотя первоначально очаги развития короеда-типографа сформировались и были приурочены к участкам ветровалов, способность взрослых жуков к миграции

⁵ Fernandez-Carrillo A., Patočka Z., Dobrovolný L., Franco-Nieto A., Revilla-Romero B., Monitoring bark beetle forest damage in central Europe. A remote sensing approach validated with field data. *Remote Sensing* 2020. 12: 3634. <https://doi.org/10.3390/rs12213634>

⁶ Kislov D.E., Korznikov K.A., Altman J., Vozmischcheva A.S., Krestov P.V. Extending deep learning approaches for forest disturbance segmentation on very high-resolution satellite images. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 2021. <https://doi.org/10.1002/rse2.194>

в поисках кормовых ресурсов способна привести к появлению все новых и новых очагов и расширению области усыхания еловых лесов.

В условиях сложившейся ситуации наибольшие опасения вызывает сохранность лесов из ели Глена на Муравьевской низменности, в границах особо охраняемых природных территорий, памятников природы «Корсаковский ельник», «Озерский ельник», «Озеро Тунайча», заказника «Озеро Добрецкое», природного парка «Лагуна Буссе». Не меньшие опасения вызывает возможность перемещения очагов развития короеда-типографа на территории к северу от перешейка Поясок, что приведет к началу усыхания елей на севере Томаринского и Макаровском районах, а впоследствии и в других районах острова, не пострадавших ранее от ветровалов.

Следует заметить, что **уборка уже погибших**, отработанных короедом-типографом деревьев в целях снижения его численности **бессмысленна и бесполезна**. Такие деревья перестали быть местами питания личинок жуков, взрослые насекомые покинули их и переместились на другие деревья для выведения потомства. Наиболее эффективными мерами борьбы с короедом-типографом является установка феромонных ловушек или организация ловчих деревьев, для перехватывания взрослых жуков на лету – мера непосредственного снижения численности насекомых. Ошкуривание (сдираание коры) недавно заселенных жуками деревьев, под корой которых еще происходит кормление личинок, также весьма эффективный способ контроля численности короеда-типографа, но требует участия специалистов-лесопатологов, способных опознать такие деревья среди незаселенных жуков.

Во избежание распространения очагов развития короеда-типографа в центральные районы Сахалина необходимо срочное проведение мер борьбы в лесах в районе Перешейка поясок. Аналогичные мероприятия должны быть выполнены для защиты лесов из редкого охраняемого вида ели Глена на территории Муравьевской низменности.

Приложение 1. Фотографии



Личиночные ходы короеда-типографа под корой погибшего дерева ели аянской.



Кормящаяся личинка жука.

Приложение 2. Аэрофото- и спутниковые снимки древостоев с усохшей елью



Усыхание культур ели аянской (в центре) и ели европейской (справа) в окрестностях гор. Южно-Сахалинска



Усыхание ели аянской в окрестностях с. Советского (Долинский район).



Усыхание ели аянской в верховьях р. Найбы (Долинский район).



Усыхание ели аянской в верховьях р. Марковки, окрестности гор. Южно-Сахалинска вблизи объектов инфраструктуры ТОО «Горный воздух».



Усыхание ели аянской и ели Глена в долине р. Лесной, окрестности пос. Горячий пляж, остров Кунашир.

Приложение 3. Фрагмент карты-схемы размещения очагов короеда-типографа (обозначены красным цветом) на Сусунайском хребте в окрестностях гор. Южно-Сахалинска по состоянию на июнь 2020 г. (полноразмерная карта-схема на всю территорию юга Сахалина приложена в виде отдельного pdf-файла)

