

3. Обзор санитарного и лесопатологического состояние лесов Калининградской области в 2018 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2019 / Филиал ФБУ «Рослесозащита»-«ЦЗЛ Калининградской области». – Калининград, 2019. – 134 с.

4. Marco Pautasso, Markus Schlegel, Ottmar Holdenrieder Forest Health in a Changing World // Fungal microbiolog. – 2014. – P. 826–842.

5. Riikka Linnakoski, Kristian M. Forbes Pathogens – The Hidden Face of Forest Invasions by Wood-Boring Insect Pests // Frontiers in Plant Science. – 2019. – P. 5.

6. Sturrocka R. N., Frankelb S. J., Brownc A. V. Climate change and forest diseases // Plant Pathology. – 2011. – P. 133–149.

7. Wingfield M. J., Brouckhoff E. G., Wingfield B. D., Slippers B. Planted forest health: The need for a global strategy // Science. – 2015. – P. 832–836.

ПРИРОДНЫЕ РИСКИ УЯЗВИМОСТИ ТЕМНОХВОЙНОЙ ТАЙГИ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЯ (ХРЕБЕТ ХАМАР-ДАБАН)

**Воронин В.И.¹, Софронов А.П.²,
Морозова Т.И.¹, Осколков В.А.¹,
Суховольский В.Г.³, Ковалев А.В.⁴**

¹ Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
bioin@sifibr.irk.ru,

² Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
alesofronov@yandex.ru,

³ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,
soukhovolsky@yandex.ru,

⁴ ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН»,
sunhi.prime@gmail.com

NATURAL RISKS OF VULNERABILITY OF THE DARK CONIFEROUS TAIGA IN SOUTH CYSBAIKALIA (KHAMAR-DABAN RANGE)

**Voronin V.I.¹, Sofronov A.P.²,
Morozova T.I.¹, Oskolkov V.A.¹,
Sukhovol'ski V.G.³, Kovalev A.V.⁴**

Presented are the data from a comprehensive investigation into the causes and extent of dark coniferous forest dieback in geosystems of the northern macroslope of Khamar-Daban Range. Forest dieback was

caused by bacteria *Erwinia nimipressuralis* Carter. The main areas of affected forests are concentrated in the eastern and western regions of Khamar-Daban where they occupy the middle and upper parts of the mountain-taiga belt. The Siberian pine stands suffered the most from the disease. A disturbance to the development of pollen and pine cones negatively affects the ripening of Siberian stone pine seeds thus impeding forest regeneration.

Приводятся данные комплексного исследования причин и масштабов усыхания темнохвойных лесов в геосистемах северного макросклона хр. Хамар-Дабан с 2006 по 2019 г. Причиной усыхания стало заболевание «бактериальная водянка», вызываемое бактерией *Erwinia nimipressuralis* Carter. Спусковым механизмом для развития заболевания послужило маловодье, наблюдавшееся в регионе в этот период. Для оценки масштабов повреждения темнохвойных лесов использовался ландшафтный подход. Была создана среднemasштабная карта геосистем северного макросклона хр. Хамар-Дабан, на которой показано разнообразие геосистем региона уровня классов фаций. Выполнена работа по ранжированию лесов по трем степеням пораженности древостоя (от сильной до слабой) и проведена оценка территории их распространения. Основные площади нарушенных лесов сосредоточены в восточной и западной областях Хамар-Дабана, где они занимают среднюю и верхнюю полосы горно-таежного пояса. Наиболее пострадал от заболевания кедровый древостой. Пихта повреждена меньше, но в ряде мест нарушение кедрового и пихтового древостоя сопоставимо. Усыхание елового древостоя не выявлено. Резкое падение скорости прироста у кедрового древостоя приходится на 2006–2009 гг. Кроме этого, отмечается уменьшение содержания питательных веществ в пыльцевых зернах кедра и снижение активности их прорастания, а также негативная трансформация кедровых шишек в виде их избыточного засмоления и недоразвитости, что является одним из диагностических признаков бактериальной водянки. Нарушение развития пыльцы и шишек кедра негативно сказывается на вызревании семян кедра, замедляя лесовозобновление.

Установлено, что в настоящее время в очагах, где в прежние годы шло активное развитие бактериальных болезней, свежий сухостой и выпавшие деревья составляют 65–70%, а здоровые деревья отсутствуют. В среднем, резюмируя данные постоянных пробных площадей и результаты, полученные на вновь заложенных площадках, можно нарисовать следующую общую картину: погибшие деревья могут составлять 30% древостоя и более, деревья с повреждением кроны 5–10% составляют 7%-10%, с повреждением кроны 11–40% до 25%

и до 40% древостоя составляют деревья с повреждением кроны более чем на 40%. Это характерно не только для кедра, но и, в равной степени, для пихты. Погибшие деревья затем активно заселяются стволовыми вредителями. Таким образом, можно уверенно говорить о распаде кедрово-пихтовых древостоев в средней части горно-таежного пояса Хамар-Дабана на всем его протяжении.

Для определения масштаба и пространственно-структурных особенностей распространения болезней лесов была составлена средне-масштабная (1: 300 000) карта геосистем северного макросклона хребта Хамар-Дабан уровня классов фаций. На следующем этапе работ было проведено районирование территории по степени поражения лесов «бактериальной водянкой» на основании экстраполяции экспедиционных данных. Всего было выделено три области соответствующих следующим степеням поражения лесов: 1) леса с наибольшим поражением древостоя; 2) леса со средними показателями пораженности; 3) леса с единичными поражениями древостоя. Следует отметить, что куртинное повреждение кедровых древостоев затрагивает, в основном, деревья с толщиной стволов от 20 см., более мелкие экземпляры и подрост во всех местообитаниях не несет визуальных признаков патологического усыхания. В первую категорию нами были отнесены леса, где в куртинах доля поврежденных составляет 60% и более. Вторая категория представлена лесами с повреждением кедра от 20% до 60%. В лесах третьей категории повреждение кедра носит единичный характер или не наблюдается совсем. Кроме кедра бактериальная водянка повреждает пихту, но в меньшей степени. Повреждения ели бактериальной водянкой не отмечено.

Предварительная оценка площадей поврежденных темнохвойных лесов Хамар-Дабана следующая:

- 1) леса с наибольшим поражением кедрового древостоя – 1950 км²;
- 2) леса со средними показателями пораженности – 310 км²;
- 3) леса с единичными поражениями древостоя – 1370 км².

Анализ данных космосъемки и проведенных натурных исследований показал, что основная часть поврежденного древостоя сосредоточена в западном и восточном районах хребта, при относительно незначительном повреждении древостоя в центральной части. Оценка пространственного распределения поврежденного древостоя показала кроме этого, что основная часть приходится на геосистемы горных склонов, развивающихся на абсолютных отметках от 600 м над ур. м. и выше. Кедровые нижней части горно-таежного пояса практически не повреждены или наблюдаются лишь единичные усыхающие деревья.

Представляется вероятным, что данное распределение лесов по усыханию кедрового древостоя коррелирует с распределением осадков по району исследования, и наименьшее повреждение кедровых лесов происходит как раз в наиболее влажной центральной области, нижней части горно-таежного пояса, как наиболее подверженного увлажняюще-охлаждающему влиянию оз. Байкал, а также в долинных лесах.

Анализ изменчивости радиального прироста кедра и пихты на ключевом участке в восточной части Хамар-Дабана, в наиболее поврежденных древостоях (Бабушкинское лесничество) позволил установить начальный период развития болезни и выяснить динамику ослабления темнохвойных лесов. Установлено, что при поражении бактериальной водянкой общим для пихты и кедра является короткий отрезок пролетального снижения радиального прироста. В нашем случае у пихты он обозначился в 2003 г. С этого года в Прибайкалье начался период долговременного снижения количества летнего атмосферного увлажнения. Негативные тенденции радиального прироста кедра проявились чуть позже, с 2006 г., когда количество осадков стало существенно ниже средней нормы. Анализируемые деревья кедра погибли в 2009 г., после трехлетнего дефицита атмосферного увлажнения. Аналогичные результаты были получены при исследовании реакции темнохвойных древостоев на изменения климата в этом же районе хребта Хамар-Дабан при дистанционном изучении динамики состояния лесов, сопряженном с анализом динамики индекса сухости – Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). [Kharuk et al., 2013]. По данным авторов, спад радиального прироста кедра фиксируется с середины 1980-х, далее после засухи 2003 года, сильно повлиявшей на прирост, происходит разделение деревьев на две когорты – «выжившие» и «усыхающие» деревья. Тренды падения прироста и индекса сухости проявляются в один период и обладают синхронностью. Индекс прироста кедра когорты «усыхающих» деревьев и индекс сухости SPEI за вегетационный период связаны значимой корреляционной зависимостью ($r = 0.89$). Таким образом, древостои, поврежденные бактериальной водянкой, могут быстро погибнуть при наступлении неблагоприятной погодной ситуации, в нашем случае, при возникновении продолжительной засухи.

Анализ состояния кедрового подроста в нарушенных лесах, свидетельствует об удовлетворительном возобновлении кедра – количество подроста в среднем составляет 2–3 тыс. экз./га, однако оценка его в 2019 г. показала, что более половины подроста кедра уже поражено

водянкой в разной степени. Кроме того, наличие большого количества сухостоя кедров в среднегорном поясе Хамар-Дабана многократно увеличивает опасность возникновения в ближайшие годы крупномасштабного пожара, который приведет к гибели не только оставшиеся в живых спелые кедровые древостои, но и уничтожит еще жизнеспособный подрост, что ставит под вопрос перспективы естественного возобновления темнохвойных лесов на Хамар-Дабане.

К этому следует добавить то, что у больных деревьев бактериальная водянка привела к деградации шишек. Поврежденные шишки отличаются обильным выделением смолы, которое происходит при полном отсутствии повреждений какими либо насекомыми, и является точным диагностическим признаком бактериальной зараженности. Нередко они расположены на одних и тех же ветках, иногда даже по соседству с зелеными, нормально развитыми шишками. Однако и такие внешне, казалось бы здоровые шишки, не всегда достигают нормальных размеров по длине. Во многих случаях отмечалась сильная, почти стопроцентная, засмоленность исследуемых шишек. Бактериальную зараженность шишек и семян хвойных пород ранее отмечали как один из наиболее характерных признаков бактериальной водянки. Негативную трансформацию претерпела и пыльца больных деревьев. По сравнению с пыльцой из контрольных древостоев, пыльца больных деревьев имеет низкие показатели содержания питательных веществ, больше половины пыльцы незрелая, лишь 29–37% пыльцевых зерен способно к прорастанию при значительном сокращении длины пыльцевых трубок.

Таким образом, значительное ухудшение семенного материала поврежденных бактериальной водянкой деревьев кедров, снижение качества пыльцы негативно отражаются на лесовозобновительном процессе темнохвойных лесов Хамар-Дабана, который может быть фактически прерван в результате интенсивного крупномасштабного лесного пожара при наличии значительного количества сухого горючего материала погибших лесов.

Литература

1. Kharuk V.I., Im S.T., Oskorbin P.A., Petrov I.A., Ranson K.J. Siberian pine decline and mortality in southern Siberian mountains // Forest Ecology and Management. – 2013. – N 310. – P. 312–332.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-29-05074
офи_м*