УДК 595.768.24*591.53.063.2(57.084.1)
doi: 10.17223/19988591/19/13

И.А. Керчев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск)

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ НОВЫХ ТРОФИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ
ПОЛИГРАФА УССУРИЙСКОГО *Polygraphus proximus* Blandf.
(Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-04-00801а).

*В лабораторных условиях исследована способность развития инвазивного дальневосточного вида *Polygraphus proximus* Blandf. на ранее не отмеченных для него видах хвойных растений. Проведено экспериментальное заселение жуками, собранными в естественных условиях под корой основного кормового растения в районах инвазии в Сибири – пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), отрубков стволов кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Контрольное заселение пихты сибирской насекомыми, развившимися на испытываемых породах, показало, что полученное в лабораторных условиях поколение способно давать плодовитое потомство. За время эксперимента (110 дней) образовалось две генерации, что подтверждает вероятность наличия бивольтинности у *P. proximus* в условиях Западной Сибири. Определены демографические показатели этого вида (плотность поселения, короедный запас, коэффициент полигамности, кормообеспеченность, энергия размножения) в экспериментальных условиях на пихте сибирской и трех испытываемых породах. После пихты сибирской наиболее благоприятной для развития *P. proximus* Blandf. в условиях лабораторного эксперимента породой оказалась лиственница сибирская, а наименее благоприятной – кедр сибирский.*

Ключевые слова: *Polygraphus proximus*; новые трофические связи; Западная Сибирь.

Введение

В течение последних нескольких лет пристальное внимание российских специалистов в области лесной энтомологии привлекает факт распространения уссурийского, или белопихтового, полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. в европейской части РФ и Сибири. Естественный ареал этого короеда включает в себя юг российского Дальнего Востока, Корею, Японию, Северо-Восточный Китай. У себя на родине он развивается преимущественно на дальневосточных видах пихты в очагах хвоегрызущих насекомых, лесах, ослабленных пожарами и природными стихиями [1].

Еще совсем недавно неизвестный для фауны Западной Сибири уссурийский полиграф был обнаружен в 2008 г. в Томской области при проведении испытания аналогов агрегационных феромонов шестизубчатого короеда *Ips sexdentatus* Военн. – стволового вредителя кедра сибирского [2]. На сегодняшний день *P. proximus* уже получил широкое распространение в некоторых регионах Российской Федерации, таких как Ленинградская, Московская, Томская, Кемеровская области, в Красноярском крае, а также впервые летом 2011 г. отмечен нами и для Горного Алтая вблизи Телецкого озера [3]. Короед не просто расширил географию своего местообитания, но стал бичом пихтовых лесов, вызывая очаги усыхания на громадных территориях. Успешное освоение новых районов прежде всего связано с отсутствием коэволюции опаснейшего инвайдера с аборигенным видом *Abies sibirica* Ledeb. [4]. Когда выяснились масштабы последствий его распространения, стало понятно, что достойны изучения как сам инвазийный вид, так и его влияние на лесные экосистемы в ранее не отмеченных для него регионах.

Основными кормовыми растениями короеда на Дальнем Востоке России являются пихта белокорая (*Abies nephrolepis* Maxim.), пихта цельнолистная (*A. holophylla* Maxim.) и пихта сахалинская (*A. sachalinensis* (Friedr. Schmidt)). Кроме пихт, полиграфа на его родине встречали и на других хвойных: на кедре корейском (*Pinus koraiensis* Sieb.), ели аянской (*Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.)), лиственнице даурской (*Larix dahurica* Turcz.), а также на тсуге (*Tsuga*) [5]. В европейской части России полиграф активно повреждает пихту бальзамическую (*A. balsamea* (L.) Mill.) и сибирскую (*A. sibirica* Ledeb.) в культурных посадках интродуцентов. Из прочих хвойных как кормовое растение уссурийского полиграфа на новых территориях отмечена лишь ель европейская (*Picea abies* (L.)) [6, 7]. Учитывая способность к олигофагии этого вида и то, что в Западной Сибири он впервые был обнаружен в припоселковом кедровнике [8], становится вполне закономерным вопрос, какие породы хвойных потенциально способны стать его кормовыми растениями в сибирских лесах? В естественных условиях Томской области, так же как в Кемеровской области и Красноярском крае [9], *P. proximus* в массе встречается лишь на пихте сибирской. Способность его развиваться на других видах хвойных сибирской тайги оставалась до сих пор не изученной.

Цель данной работы – экспериментальная проверка возможности возникновения новых трофических связей уссурийского полиграфа в Западно-Сибирском районе инвазии.

Материалы и методики исследования

В постановке эксперимента применялся метод воспитания стволовых вредителей в лабораторных условиях на древесных отрубках [10]. В отличие от способа, применяемого для выяснения видового состава вредителей уже пораженного дерева, использовались изначально не тронутые короеда-

ми участки древесины. Отрубки стволов кедра сибирского и лиственницы сибирской взяты 12 мая 2011 г. с ветровального дерева в Протопоповском кедровнике, расположенном в 6 км юго-восточнее г. Томска. В этом же биотопе из-под коры срубленного дерева пихты сибирской были собраны 722 перезимовавших жука *P. proximus* Blandf. Отрубок ели сибирской был взят с выкорчеванного дерева вблизи ИМКЭС СО РАН (Академгородок Томского научного центра). Все отрубки с торцевых сторон были покрыты стеарином для предотвращения преждевременного высыхания и помещены в три стеклянные ёмкости (садки), в которые были выпущены жуки и установлены чаши с водой для поддержания влажности. Сверху садки были закрыты плотной мелкой сеткой для предупреждения побега насекомых. Параметры эксперимента приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Начальные условия эксперимента

Показатель	Порода		
	Кедр сибирский	Ель сибирская	Лиственница сибирская
Количество отрубков, шт.	3	1	1
Площадь боковой поверхности отрубков, дм ²	10,17	3,99	5,15
Соотношение полов при посадке в садки, ♀/♂	0,98/1	0,64/1	1,01/1
Количество жуков на 1 см ² боковой поверхности отрубков, шт.	0,45	0,29	0,29

В садке с кедром сибирским на 1 см² приходилось несколько большее количество жуков, по сравнению с остальными двумя породами. Это было сделано преднамеренно, чтобы компенсировать разрозненность субстрата, вызванную использованием трех отрубков кедра разных диаметров – 2,5; 3 и 7 см. Температура в лаборатории держалась на отметке +20°C. Наблюдения в общей сложности продолжались 110 дней – с 13 мая по 1 сентября 2011 г. В период начала массового лёта дочернего поколения из испытуемых растений в эти же садки были дополнительно помещены отрубки пихты сибирской для проверки его фертильности. По окончании эксперимента 01.09.2011 г. была вскрыта кора на всех отрубках и подсчитаны личинки, куколки и имаго *P. proximus*. Анализ отрубков с целью определения основных демографических показателей уссурийского полиграфа проведен с использованием общепринятых методов лесопатологических обследований хвойных древостоев [11]. Ниже приведены определения терминов исследованных демографических показателей [11] применительно к проведенному эксперименту. *Короедный запас* (шт.) – характеризует общую численность родительского поколения на отрубке. *Коэффициент полигамности* (половой индекс) (абс. ед.) – демонстрирует соотношение самок и самцов в полигам-

ной семье короедов. *Плотность поселения* (шт./дм²) – характеризует густоту заселения поверхности древесного ствола. Вычисляется раздельно по числу семей и числу заселившихся самок. *Кормообеспеченность* (дм²) – величина, обратная плотности поселения, показывающая площадь луба, обеспечивающую пространство и пищу для потомства одной самки или всей семьи в целом. *Энергия размножения* – соотношение короедного прироста и короедного запаса для популяции в целом; характеризует изменение численности вредителя за время с начала лета и вбуравливания родительского поколения в кору до отрождения и выхода молодого поколения.

Результаты исследования и обсуждение

Все насекомые были помещены в садки 13.05.2011 г. С момента начала эксперимента проводились наблюдения и их письменная регистрация. Втачивание жуков в отрубки началось на 2-й день содержания в садках, наиболее интенсивно происходило на 3–4-й день и окончательно завершилось уже к 20 мая. Наиболее часто втачивание в луб отмечалось ближе к торцевым сторонам, что, возможно, связано с тем, что в местах спилов клетки луба могли иметь пониженный тургор и смоловыделение. Однако стоит учитывать, что в отличие от основной кормовой породы – пихты сибирской, на поверхности коры кедра, лиственницы и ели имеются толстые чешуи, мешающие выталкиванию буровой муки, поэтому проделывание ходов с этой стороны позволяло избавиться самцам от трудностей при очистке брачных камер. Все не вселившиеся и погибшие жуки были убраны со дна садков 27.05.2011 г. На 17-й день эксперимента было замечено появление нескольких новых кучек буровой муки и, начиная с 20-го дня, периодически обнаруживались единичные жуки родительского поколения, покинувшие свои галереи. Подобное поведение, вероятно, связано с возможностью повторного формирования новых семей частью жуков родительского поколения, дающего сестринскую генерацию. Соотношение полов выселившихся насекомых было очень близко к коэффициенту полигамности, отмеченному для каждой породы при снятии коры (табл. 2).

На 51-й день эксперимента при проверке садков на поверхности отрубков было замечено небольшое количество лётных отверстий, а по стенкам садков ползали немногочисленные жуки молодого поколения со светло-коричневым цветом хитиновых покровов. Массовое выселение началось на 55-й день. Через 3 дня в садки были поставлены отрубки пихты, взятые с непораженного дерева, подготовленные вышеописанным способом. Заселение отрубков пихты было начато дочерним поколением первой генерации полиграфов, и уже через полчаса после установки они активно осваивались. Соотношение количества жуков к боковой поверхности отрубков на момент установки составляло 0,31 шт./см². Ежедневные наблюдения обнаруживали новые порции буровой муки вокруг отрубков – признак успешного освоения

субстрата. На 110-й день после начала эксперимента на поверхности отрубков пихты появились лётные отверстия жуков второго поколения и активно передвигающиеся имаго, готовые к расселению. На этом эксперимент был остановлен, все отрубки хвойных пород были изъяты из садков и произведено снятие коры.

Анализ отрубка кедра меньшего диаметра показал слабую его заселенность, полиграфы образовали лишь две семьи, гораздо большее предпочтение было отдано отрубкам со средним и большим диаметрами, на которых было образовано 7 и 8 семей соответственно. Эти наблюдения подтверждают то, что на ветвях этот вид практически не встречается, видимо, это замечание справедливо для всех его кормовых пород.

В среднем плотность поселения семей родительского поколения на кедре (табл. 2) оказалась более чем вдвое ниже наблюдаемой в естественных условиях на пихте сибирской [12]. Насекомые следующего поколения полностью прошли развитие, под корой было найдено несколько молодых имаго, не покинувших свои кукольные колыбели, и не отмечено ни одной личинки или куколки. Цвет покровов молодых жуков сильно варьировал от практически черного у более взрослых до желто-бурого у недавно отродившихся. Очевидно, что среди них имелись не только жуки второй генерации, но и прошедшие свое развитие много раньше жуки сестринского поколения; помимо этого, было обнаружено несколько мертвых имаго-первопоселенцев.

Таблица 2

**Демографические показатели уссурийского полиграфа
на заселенных отрубках испытываемых пород**

Показатель	Порода		
	Кедр сибирский	Ель сибирская	Лиственница сибирская
Короедный запас, шт.:			
самцов	15*	15	21
самок	30*	33	38
Плотность поселения родительского поколения, шт./ дм ² :			
семей	1,47	3,76	4,08
самок	2,95	8,27	7,38
всего	4,39	12,03	11,46
Кормообеспеченность, дм ² :			
семьи	0,68	0,27	0,25
потомства самки	0,34	0,12	0,14
Коэффициент полигамности (половой индекс)**	2,06 ± 0,62	2,2 ± 0,41	1,8 ± 0,52

* Суммарные значения для 3 отрубков.

** Средние значения ± стандартное отклонение.

При вскрытии отрубка ели было обнаружено образование такого же количества семей, как и на *P. sibirica*. Однако, учитывая меньшую боковую поверхность субстрата (см. табл. 1), плотность поселения семей была в 2,6 раза больше, а кормообеспеченность семьи соответственно меньше, чем отмеченная на кедре (см. табл. 2). Под корой находились живые жуки преимущественно второй генерации.

Более плотное поселение родительского поколения было отмечено на отрубке лиственницы, кормообеспеченность семьи в среднем была меньше, чем на прочих хвойных породах (табл. 2), и среди образованных семей почти четверть состояла из одного самца и одной самки. Подобное соотношение полов у уссурийского полиграфа встречается на пихте в естественных условиях достаточно редко. В условиях эксперимента формирование моногамных семей можно объяснить исходным соотношением полов особей при запуске их в садок.

При снятии коры с пихтовых отрубков, поставленных в садки позже, были обнаружены в большом количестве завершившие свое развитие молодые жуки со светлыми хитиновыми покровами. К примеру, насекомыми родительского поколения, взятыми из садка «лиственница», на отрубке пихты было образовано 25 семей, для которых уровень кормообеспеченности составил 0,15 дм². Эти показатели соответствуют отмеченным для уссурийского полиграфа на этой породе в естественных условиях в Томской области [12]. Под корой обнаружены многочисленные молодые жуки, насекомые преимагинальных стадий встречались единично и были представлены лишь 7 куколками и одной личинкой старшего возраста. Наличие жуков на пихте, не завершивших свое развитие, и отсутствие преимагинальных стадий на отрубках трёх испытуемых пород, вероятнее всего, объясняется тем, что отрубки пихты были поставлены через 3 дня после начала вылета молодого поколения. Жуки, выселившиеся до момента постановки нового субстрата, просто продолжили освоение свободных участков на отрубках, из которых они вылетели.

Все приведенные выше факты согласуются с наблюдениями Г.О. Криволуцкой [13] в естественном ареале *P. proximus* на Сахалине, согласно которым имеет место быть второе поколение, пусть даже и не полностью завершающее свое развитие. Также стоит отметить смешение генераций в течение вегетационного периода, наблюдаемое как в Дальневосточном регионе, так и в Западной Сибири. Освоение дерева, начатое в конце лета, зачастую имеет локальный характер, и на зимовку под корой остается наряду с жуками второй генерации, начавшими постройку системы ходов, потомство (личинки) ранее вселившегося сестринского поколения. Так как заселение ствола начинается с нижней части, под корой освоенного частично к осени дерева могут остаться как личинки, так и жуки второй генерации, заселение же средней и верхней частей ствола может продолжиться на следующий год, если те в свою очередь останутся пригодными для питания. Подобного

рода деревья с зеленой кроной и единичными поселениями уссурийского полиграфа наблюдались нами при сборе материалов в конце первой декады сентября 2011 г. в пихтовом древостое вблизи пос. Басандайка Томского района Томской области. Окончательная отработка дерева производится многочисленным потомством, большая часть которого не покидает дерево, а осваивает на нем свободные участки.

Данные, полученные в эксперименте, свидетельствуют о высокой продукции уссурийского полиграфа, позволяющей ему в краткие сроки наращивать численность своей популяции. Количество потомства, полученного на пихте сибирской, еще недавно считавшейся непригодной для его развития, а сегодня ставшей основной кормовой породой в регионах инвазии [9], превосходило родительское поколение в 6,97 раза. В то же время на других хвойных породах сибирской тайги, согласно грациям оценки показателей размножения стволовых вредителей [14], высокую энергию размножения в эксперименте полиграф показал, развиваясь на лиственнице сибирской (4,98) и ели сибирской (3,21), а на кедре сибирском (1,98) – среднюю.

В исходном ареале полиграфа не известно зарегистрированных случаев, свидетельствующих о катастрофических последствиях, вызванных питанием полиграфа на второстепенных кормовых породах. В нашем регионе уссурийский полиграф также отдал предпочтение питанию на представителе рода *Abies*. Установленная нами способность развития этого вида на других сибирских хвойных породах, если и не сделает его хозяйственно значимым для них, может обеспечить выживание полиграфа при недостатке или отсутствии основного кормового объекта.

Выводы

1. В результате эксперимента впервые установлено, что уссурийский полиграф способен развиваться на *Pinus sibirica* Du Tour, *Picea obovata* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb. и давать плодовитое потомство, питаясь на них.

2. При сравнении демографических показателей *Polygraphus proximus* на разных породах в экспериментальных условиях выявлено, что после пихты сибирской – основной кормовой породы в районах инвазии в Сибири, лиственница сибирская является наиболее благоприятной, а кедр сибирский – наименее благоприятной для его развития.

Литература

1. Tokuda M., Shoubu M., Yamaguchi D., Yukawa J. Defoliation and dieback of *Abies firma* (Pinaceae) trees caused by *Parendacus abietinus* (Coleoptera: Curculionidae) and *Polygraphus proximus* (Coleoptera: Scolytidae) on mountain Unzon, Japan // Applied Entomology and Zoology. 2008. Vol. 43, № 1. P. 1–10.
2. Кривец С.А., Керчев И.А. Уссурийский полиграф – новый опасный вредитель хвойных лесов Томской области // ГЕО-Сибирь-2011. Т. 3: Экономическое развитие Сибири

- и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 2. : сб. мат. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. Новосибирск : СГГА, 2011. С. 211–215.
3. Баранчиков Ю.Н., Кривец С.А., Петько В.М. и др. В погоне за полиграфом уссурийским *Polygraphus proximus* Blandford // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: Материалы XV Международной научной школы-конференции студентов и молодых ученых : в 2 т. / отв. ред. В.В. Анюшин. Абакан : Изд-во ГОУ ВПО ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2011. Т. 1, вып. 15. С. 52–54.
 4. Баранчиков Ю.Н. Коэволюционные аспекты инвазивности лесных дендрофильных насекомых // Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии. 2010. Вып. 192. С. 30–39.
 5. Криволицкая Г.О. Сем. Scolytidae – Короеды // Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 3. Жесткокрылые, или жуки / под общ. ред. П.А. Лера. Владивосток, 1996. С. 312–373.
 6. Мандельштам М.Ю., Поповичев Б.Г. Аннотированный список видов короедов Ленинградской области // Энтомологическое обозрение. 2000. Т. 79, вып. 3. С. 599–618.
 7. Чилахсаева Е.А. Первая находка *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 (Coleoptera, Scolytidae) в Московской области // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113, вып. 6. С. 39–42.
 8. Баранчиков Ю.Н., Кривец С.А. О профессионализме при определении насекомых: как просмотрели появление нового агрессивного вредителя пихты в Сибири // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий : материалы XIV Международной научной школы-конференции студентов и молодых ученых : в 2 т. / отв. ред. В.В. Анюшин. Абакан : Изд-во ГОУ ВПО ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2010. Т. 1, вып. 14. С. 50–52.
 9. Баранчиков Ю.Н., Петько В.М., Астапенко С.А. и др. Уссурийский полиграф – новый агрессивный вредитель пихты в Сибири // Вестник МГУЛ. 2011. № 4 (80). С. 78–81.
 10. Старк В.Н. Руководство к учету повреждений леса. 2-е изд. М. ; Л. : Сельхозгиз, 1932. 358 с.
 11. Катаев О.А., Поповичев Б.Г. Лесопатологические обследования для изучения стволовых вредителей в хвойных древостоях : учеб. пособие. СПб. : СПб. ЛТА, 2001. 72 с.
 12. Кривец С.А., Керчев И.А., Кизеев Ю.М. и др. Уссурийский полиграф в пихтовых лесах Томской области // Болезни и вредители в лесах России: век XXI : материалы конференции с международным участием и V ежегодных чтений памяти О.А. Катаева (Екатеринбург, 20–25 сентября 2011 г.). Красноярск : ИЛ СО РАН, 2011. С. 53–55.
 13. Криволицкая Г.О. Короеды острова Сахалина. М. ; Л., 1958. 195 с.
 14. Маслов А.Д. Методические рекомендации по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов МРП, ВНИИЛМ. Пушкино, 2006. 108 с.

Поступила в редакцию 17.03.2012 г.

Ivan A. Kerchev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

**THE EXPERIMENTAL STUDY ON THE OCCURRENCE OF NEW
PROBABLE TROPHIC LINKS FOR *Polygraphus proximus* Blandf.
(Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) IN WESTERN SIBERIA**

Far Eastern species Polygraphus proximus Blandf. is the most dangerous invasive pest of fir forests, discovered in Western Siberia in 2008. This paper presents the results of experimental study of fir bark beetle breeding ability on the previously unrecorded as host tree conifer species in the new habitat. The method of laboratory pests breeding on non-colonized healthy logs, was used in this investigation. The logs of Siberian stone pine Pinus sibirica Du Tour, Siberian spruce Picea obovata Ledeb. and Siberian larch Larix sibirica Ledeb., collected from windfall. The beetles which used for colonization were obtained from naturally infested Siberian fir. For the control infestation of Siberian fir logs were used the beetles belonged to the second generation came from laboratory breeding on the three species. The experiment lasted 110 days. Intensive boring was observed at 3–4 day, primarily with the end surfaces. On the surface of three species tested, there is a thick bark, which probably can prevent males to push out the fecal pellets from nuptial chamber. Part of parental generation beetles moved out for the creating new families at the 17–20 day. The active emergence of first beetle's generation began at the 55-th day, and second generation of fir bark beetles appeared in 110 day. At the end of the observations the bark of infested logs was removed, and demographic characteristics of P. proximus were determined. At the fir logs that have been set later, there were found many young adults. The estimated demographic characteristics obtained in lab on A. sibirica consistent with those observed in nature. Beetles that have emerged before the setting of fir, continued development of free sites on Siberian stone pine, larch and spruce logs, from which they had moved out. Experimental data confirm the probability of occurrence of the second generation under Western Siberia conditions.

The data obtained in the laboratory, indicate a high offspring production of P. proximus. The number of offspring produced on fir log exceed the parental generation at 6.97 times. At the same time on other conifers, according to the gradations of performance assessment of stem pests reproduction, high energy of breeding polygraph showed during developing on Siberian larch (4.98) and on Siberian spruce (3.21) and also average (1.98) on Siberian stone pine. The laboratory tests confirmed the assumption of able the fir bark beetle developing on the Pinus sibirica Du Tour, Picea obovata Ledeb., Larix sibirica Ledeb. and give fertile offspring, feeding on them. The comparison of demographics P. proximus, under experimental conditions showed that after the fir – the main host tree in Western Siberia, most favorable for the development – is a larch, and the least favorable – Siberian stone pine.

Key words: Polygraphus proximus; new trophic links; Western Siberia

Received March 17, 2012