

КАК УЧЕСТЬ ВЛИЯНИЕ ВСПЫШЕК  
МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ  
НАСЕКОМЫХ В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ  
МОНИТОРИНГА ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ  
ГАЗОВ

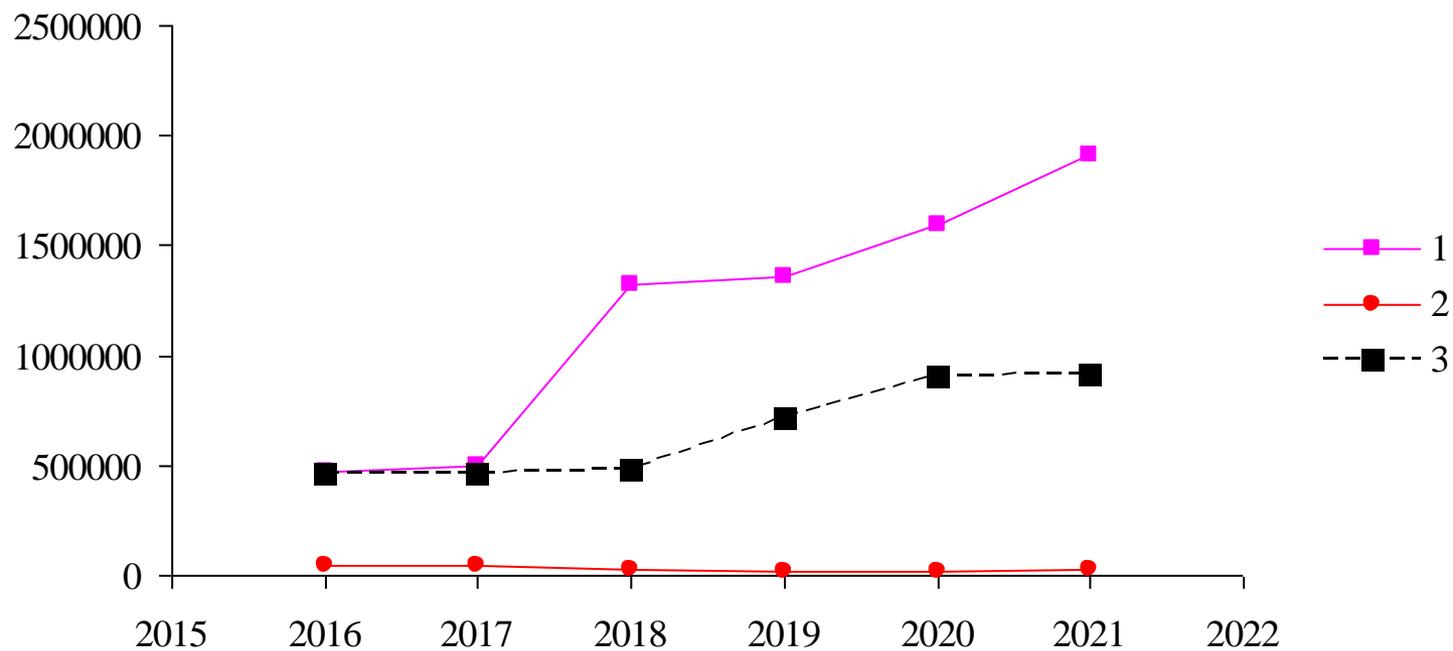
Суховольский В.Г.

Институт леса им.В.Н.Сукачева СО РАН,  
Красноярск

В бореальных лесах России регулярно возникают такие критические явления, как лесные пожары и вспышки массового размножения лесных насекомых, ведущие к приостановке процессе депонирования углерода и выбросам углерода в атмосферу.

Эти нарушения характерны для лесов всего мира.

Подсчитано, что воздействие насекомых обходится экономике Соединенных Штатах в среднем в 1.5 миллиарда долларов в год, что в пять раз превышает стоимость лесных пожаров (Dale et al., 2001). Объем древесины, потерянной из-за насекомых и болезней в Канаде с 1977 по 1987 год (103 млн м<sup>3</sup>/год, поровну разделенный между насекомыми и болезнями), составлял почти 2/3 объема лесозаготовок и значительно превышал объем от пожаров (36 млн м<sup>3</sup>/год) (Fleming, 2000).



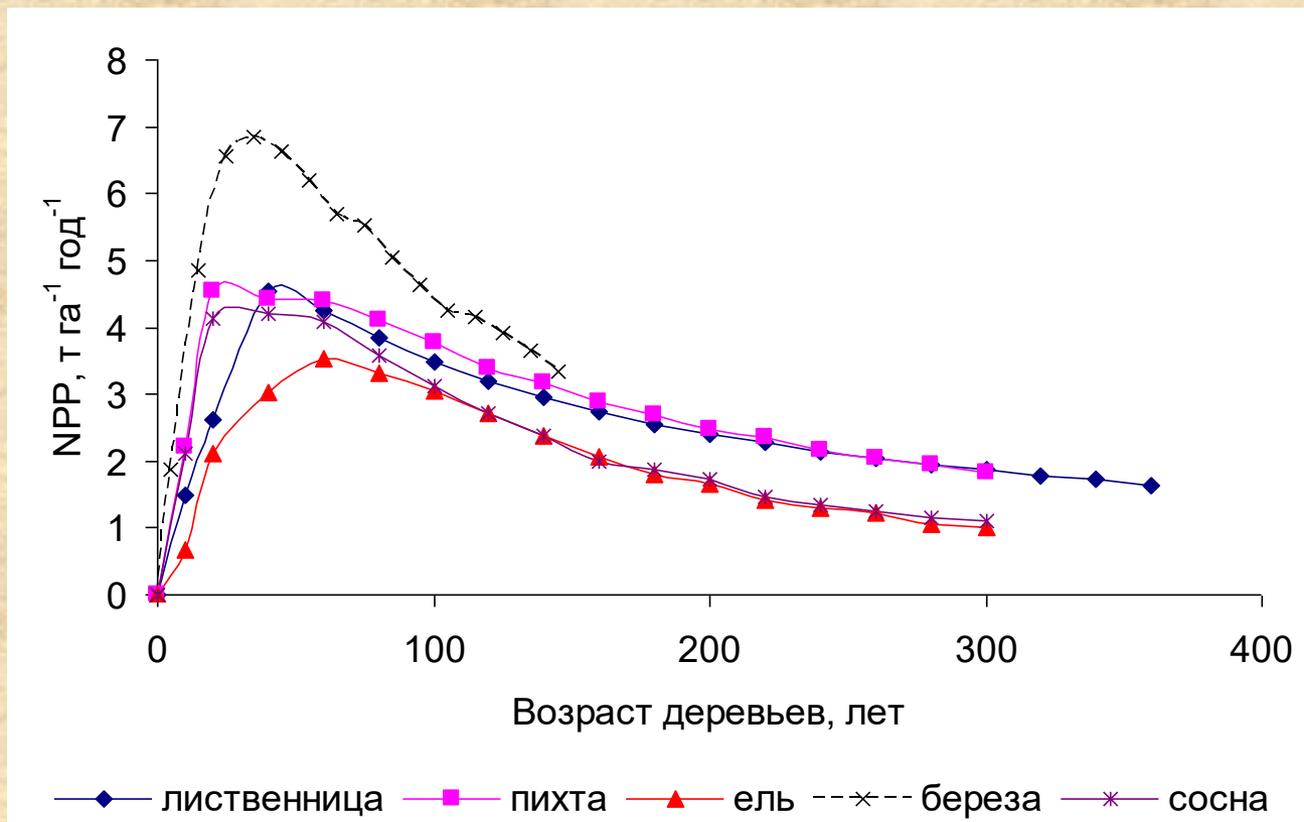
Площади повреждений лесов России различными экологическими группами насекомых в течение 2016 – 2021 гг. 1- хвоегрызущие насекомые, 2 – листогрызущие насекомые, 3 – ииые группы насекомых.

Можно говорить о четырех самых опасных видах лесных вредителей, воздействие которых ведет к наибольшим площадям повреждений. Это сибирский шелкопряд *Dendrolimus sibiricus* Tschetv., непарный шелкопряд *Lymantria dispar* L., короед-типограф *Ips typographus* L. и уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandford.

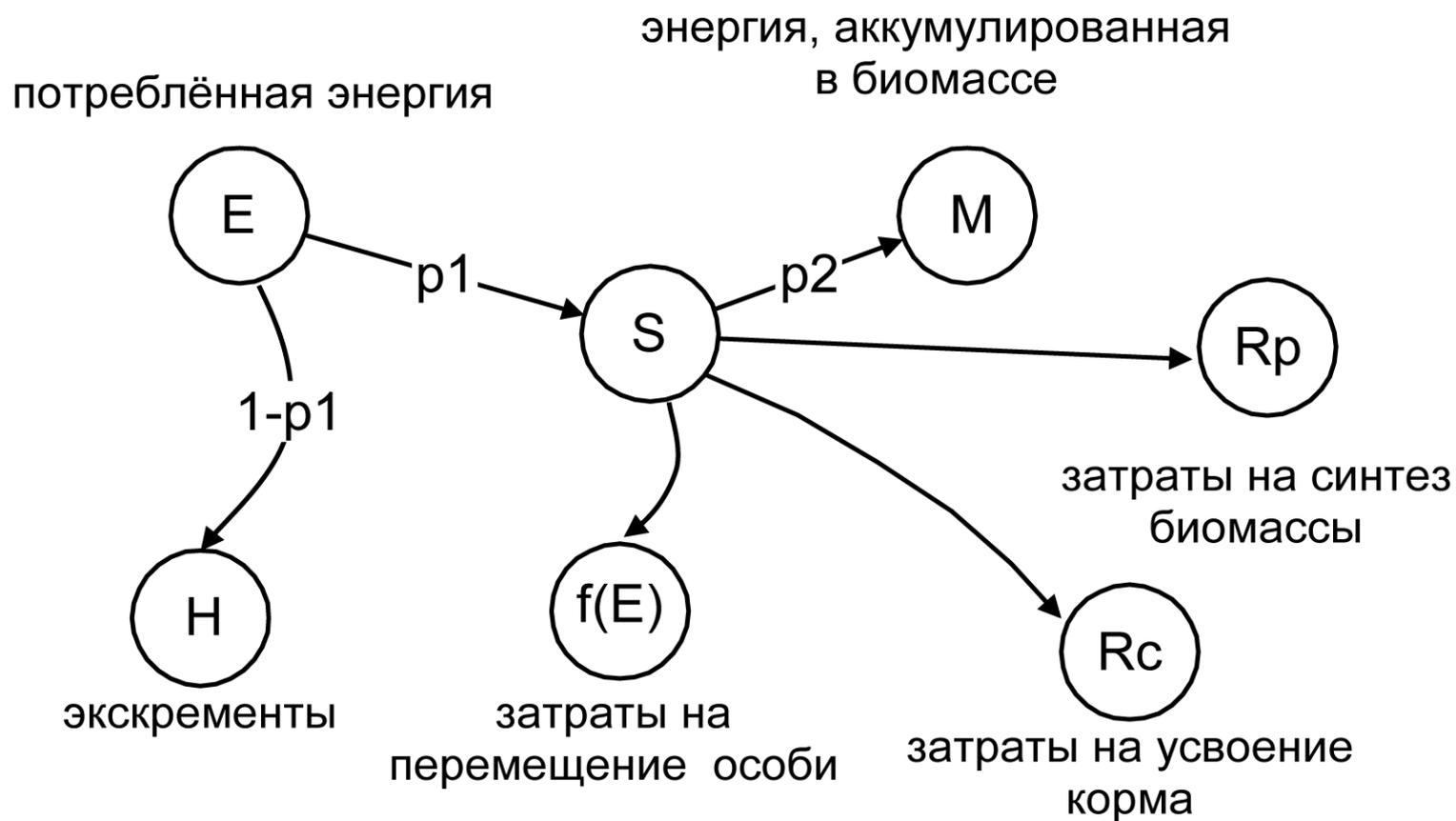
Всего за 2016 - 2021 гг. на территории азиатской части России были обнаружены очаги массового размножения сибирского шелкопряда на территории более 4.7 млн. га. При средней фитомассе спелых насаждений (именно они в основном являются объектами атак вредителя) в  $130 \text{ т га}^{-1}$ , общая фитомасса в очагах массового размножения сибирского шелкопряда может составить 600 млн т. Практически вся эта фитомасса в конечном счете окажется в атмосфере в виде диоксида углерода.

Какие изменения в балансе  
углерода нужно учитывать  
при возникновении вспышки?

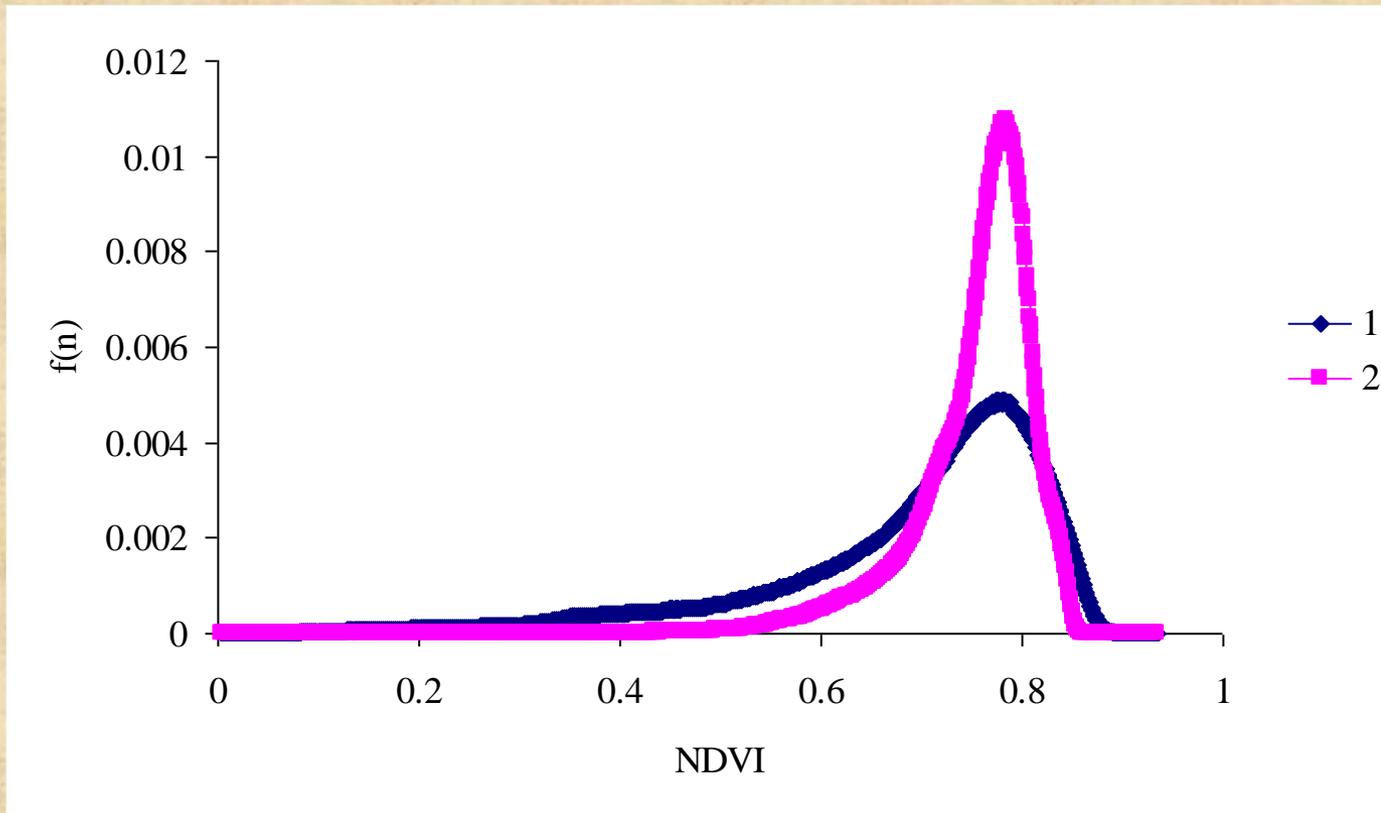
# Упущенная выгода депонирования, связанная с прекращением фотосинтеза деревьев, поврежденных насекомыми



# Баланс вещества при потреблении корма насекомыми

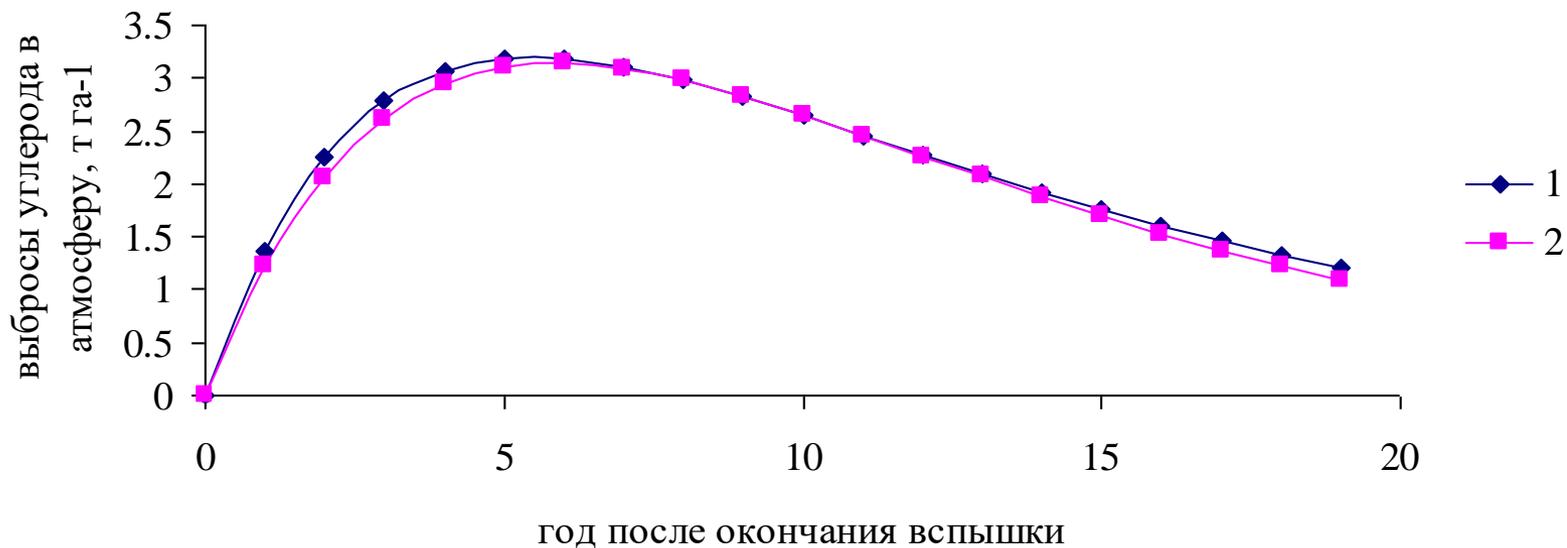


# Повреждения в ходе вспышки уссурийского полиграфа



1 – после вспышки; 2 – до вспышки

# Выделение углерода в процессе вспышки и пост-вспышечных процессов



## Потери углерода:

1. Упущенная выгода депонирования при воздействии насекомых
2. Потребление корма насекомыми и выделение диоксида углерода при дыхании
3. Гибель деревьев, гниение фитомассы и выделение диоксида углерода (от 2 -3 лет в случае пожара до десятилетий при разложении фитомассы при гниении)

## Восстановление

1. Рост травянистых растений под воздействием экскрементов как удобрений
2. Рост леса следующего поколения (до 100 лет со сменой пород)

## модели, необходимые для расчета изменений баланса углерода в биоте:

1. Модель ЧПП для разных древесных пород в различных экологических условиях.
2. Модель устойчивости насаждений к нападению насекомых.
3. Модель потребления корма насекомыми для разных видов.
4. Оценка рисков верховых пожаров и ветровалов.
5. Модель скорости вывала погибших деревьев
6. Модель скорости разложения фитомассы

## Как вести мониторинг:

1. Необходимы координаты и даты начала вспышек массового размножения отдельных видов лесных насекомых;
2. Для оценки упущенной выгоды депонирования можно использовать региональные таблицы хода роста насаждений и модельные расчеты ЧПП;
3. По координатам очагов можно дистанционно оценить уровень изъятия фитомассы в ходе вспышки;
4. Для отдельного вида насекомых можно оценить цены корма и через них – выбросы диоксида в атмосферу и экскрементов в почву в ходе вспышки. Данные для разных видов можно собрать в общей таблице и использовать эти данные для расчетов.
5. По координатам очагов и дистанционным данным можно оценить скорость вывала деревьев и появления травянистых растений.
6. Оценить скорость гниения фитомассы, характеризующей интенсивность выбросов диоксида углерода в атмосферу в пост-вспышечный период.

Таким образом, для мониторинга необходимы:

- постоянная информация о вспышках массового размножения от региональных центров защиты леса;
- разработка моделей, позволяющих оценить параметры взаимодействия деревьев с насекомыми и по данным от региональных центров защиты вычислять текущие потоки и баланс углерода;
- подготовка руководящего документа, регламентирующего мониторинг;
- создание структуры, ведущей длительный постоянный дистанционный мониторинг вспышечных и пост-вспышечных процессов;

Для уменьшения воздействия насекомых на лес, уменьшения упущенной выгоды депонирования и выбросов углерода в атмосферу необходимо разработать методы заблаговременного дистанционного прогноза вспышек.

Затраты на дистанционный прогноз сводятся к стоимости работы в интернете специалистов. Разница между затратами на прогноз вспышек и полезностью уменьшения выбросов углерода даст оценку выгоды мониторинга.

## ПУБЛИКАЦИИ

Суховольский В.Г., Тарасова О.В., Ковалев А.В. Моделирование критических явлений в популяциях лесных насекомых //ЖОБ, 2020. Том 81, № 5. С. 374–386

Kovalev A., Soukhovolsky V. Analysis of Forest Stand Resistance to Insect Attack According to Remote Sensing Data //Forests 2021, 12, p. 1188 1201.

Солдатов В.В., Суховольский В.Г. Принятие решений в задачах защиты леса от насекомых-вредителей// Сибирский лесной журнал, 2021, № 5. С 101-111.

Soukhovolsky V., Kovalev A., Tarasova O., Modlinger R., Křenová Z., Mezei P., Škvarenina J., Rožnovský J., Korolyova N., Majdák A., and Jakuš R.. Wind Damage and Temperature Effect on Tree Mortality Caused by *Ips typographus* L.: Phase Transition Model// Forests 2022, 13, 180.

Soukhovolsky V., Ovchinnikova, T.; Tarasova, O.; Ivanova, Y.; Kovalev, A. Regulatory Processes in Populations of Forest Insects (a Case Study of Insect Species Damaging the Pine *Pinus sylvestris* L. in Forests of Siberia // Diversity 2022, 14, 1038.

Soukhovolsky V., Tarasova O., Pavlushin S., Osokina E., Akhanaev Y., Kovalev A., Martemyanov V.. Economics of a feeding budget: a case of diversity of host plants for *Lymantria dispar* L. feeding on leaves or needles// Diversity 2023, 15(1), 102;

Суховольский В.Г., Иванова Ю.Д., Ковалев А.В. Развитие очагов вспышек массового размножения лесных насекомых на разных пространственных масштабах// Лесоведение, 2023, № 2, с. 174-189

Soukhovolsky V., Krasnoperova, P.; Kovalev, A.; Sviderskaya, I.; Tarasova, O.; Ivanova, Y.; Akhanaev, Y.; Martemyanov, V. Differentiation of Forest Stands by Susceptibility to Folivores: A Retrospective Analysis of Time Series of Annual Tree Rings with Application of the Fluctuation-Dissipation Theorem // Forests 2023, 14, 1385.

Soukhovolsky V., Kovalev, A.; Ivanova, Y.; Tarasova, O. Autoregression, First Order Phase Transition, and Stochastic Resonance: A Comparison of Three Models for Forest Insect Outbreaks// Mathematics. 2023, 11, 4212.

**Благодарю за внимание**