ВЛИЯНИЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ НА ЭКОСИСТЕМЫ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С МОДЕЛЬЮ EFIMOD

Надпорожская М.А.¹, Чертов О.Г.², Быховец С.С.³, Максимова Е.Ю.¹, Абакумов Е.В.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

marinta@mail.ru

² Бингенский политехнический университет, Бинген на Рейне, Германия

oleg_chertov@hotmail.com

³ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Московская обл., Россия

s_bykhovets@rambler.ru

Аннотация: Проведен анализ влияния низовых пожаров на экосистемы сухих сосновых лесов на почвах, системы органического вещества которых относятся к разным формам гумуса. Выявлены различия изменений запасов древостоя и органического вещества почв при увеличении частоты пожаров в Ленинградской (грубогумусовые подзолы, мор) и Самарской областях (серогумусовые почвы, модер).

Практический учет длительных экосистемных последствий лесных пожаров трудоемок и дорогостоящ, кроме того неоднородность гари значительно возрастает по сравнению с исходной лесной системой. Применимость модели EFIMOD (Komarov et al., 2003) для анализа действия лесных пожаров показана в сравнительных вычислительных экспериментах для сосновых лесов на подзолах России и Канады (Чертов и др., 2012). Критерием устойчивого функционирования лесной экосистемы считается накопление или динамическое равновесие запасов органического вещества почв (ОрВП) (Morris et al., 1997). Структура и качество ОрВП влияют на скорость восстановления древостоя после пожаров (Чертов, 1981). Быстрее восстанавливается древостой лесов на почвах с большей долей запасов ОрВП в минеральной части профиля. Модель EFIMOD описывает динамику органического вещества в лесной экосистеме, базируясь на расчетах видоспецифичной скорости роста деревьев в зависимости от доступности азота почвы. Минерализацию азота в почве определяет встроенная модель ROMUL (Chertov et al., 2001) согласно концепции форм гумуса, нормирующей интенсивность трансформации опада и ОрВП по отношению C/N. Цель нашей работы – анализ влияния низовых пожаров на сосновые леса на почвах с разными формами гумуса (ФГ), мор и модер.

Моделируемые сосновые леса сухих местообитаний расположены в таежной (Ленинградская область, ЛО) и степной (Самарская область, СО) зонах. В ЛО это сосняк зеленомошный (58°54'42.70" N; 29°49'19.74" E). Почва – подзол иллювиально-железистый на озерно-ледниковых кварцевых песках. ФГ - мор, общие запасы ОрВП в зоне максимальной концентрации тонких корней (0-36 см) 6,6 кг м⁻², 30% в лесной подстилке с C/N 34, остальное в подзолистом и иллювиально-железистом горизонтах с C/N 28 (данные по проекту РФФИ 15-04-08707). В СО это сосняк травяной (53°29'43.80" N, 49°20'56.44" E). Почва серогумусовая на эоловых песках (Максимова, Абакумов, 2014). ФГ модер, запасы ОрВП в зоне максимальной концентрации тонких корней (0-33 см) 10,0 кг м⁻², 17% в лесной подстилке с C/N 26, а в гумусовом горизонте, C/N 12.

Имитировали развитие 3-летних сосновых сеянцев: 2500 на га при высоте 0.15 (±0.05 s.d.) со случайным распределением по участку. Сценарии низовых пожаров: 1) контроль – без пожаров, повреждения вредителями, лесохозяйственных мероприятий; 2) один пожар на 70-м году; 3) три пожара на 35, 70 и 135 годах. При низовом пожаре сгорало 100% слаборазложенного горизонта О1, остальная часть подстилки (О2 и О3) выгорала на 80%, повреждалось 30% тонких корней при сохранности надземной биомассы сосны. Длительность имитации 140 лет. Климатические сценарии рассчитаны моделью SCLISS (Быховец, Комаров, 2002).

Валидация модели была проведена по параметрам спелого древостоя и дыханию почвы. Расчетные средние высота, диаметр ствола и запасы древесины отличались от данных современных таблиц хода роста (Швиденко и др., 2008) на 0-20% для ЛО и на +10 - -20% для СО. Оценки почвенного дыхания по полевым измерениям составляют 440-550 и 1100-1460 г м⁻² за вегетацию СО₂ для таежных подзолов и степных почв соответственно (Kudeyarov and Kurganova, 1998). Эти данные сопоставимы с результатами имитации моделью EFIMOD для спелых сосняков ЛО и СО - 400-500 и 1200-1400 г м⁻² год⁻¹ СО₂ соответственно.

Результаты 140-летней имитации роста сосновых лесов показали, что изучаемые экосистемы при отсутствии нарушений являются стоком углерода из атмосферы. В ЛО после одного пожара снижение нетто-первичной продуктивности (NPP) сосняка на 20% сохраняется 40-50 лет, три пожара уменьшают NPP вдвое. Влияние низовых пожаров на NPP в СО проявляется значительно меньше. Один низовой пожар (на 70-м году) не оказывает негативного влияния на древостой. Запасы ОрВП после одного пожара сокращаются на 10% на обоих участках. Три низовых пожара (на 35, 70 и 135-м годах) уменьшают запасы древесины на 30% на подзолах ЛО и на 9% на серогумусовых почвах СО, сокращая запасы ОрВП на треть на обоих участках.

Оценка действия пожаров на сосновые леса ЛО совпадает с данными Чертова и др. (2012). Сокращение запасов ОрВП на 30% вызвано не только непосредственным ущербом, но и за счет сокращения поступления опада из-за снижения NPP. На почвах типа модер понижение NPP не столь значительно как на почвах типа мор. Сокращение запасов ОрВП на треть на обоих участках при имитированном возрастании частоты пожаров свидетельствует о прогрессирующей деградации экосистем. Вероятность этого часто недооценивается в практических исследованиях из-за экологической пластичности сосны и ее адаптированности к лесным пожарам. Результаты модельных прогнозов следует учитывать при принятии решений по лесопользованию и лесоустройству, особенно в пригородных лесах.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №17-16-01030

Литература

- Быховец С.С., Комаров А.С. Простой статистический имитатор климата почвы с месячным шагом // Почвоведение, 2002, № 4, с. 443–452.
- Чертов О.Г. Экология лесных земель (почвенно-экологическое исследование лесных местообитаний). Л.: Наука, 1981. 192 с.
- Чертов О. Г., Комаров А. С., Грязькин А. В., Смирнов А. П., Бхатти Д. С. Имитационное моделирование влияния лесных пожаров на пулы углерода в хвойных лесах европейской России и центральной Канады // Лесоведение, 2012, № 2, с. 3-10.
- Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Нильссон С., Булуй Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). 2-е изд. Федер. агентство лесн. хоз-ва и Межд. ин-т прикл. системн. анализа, М., 2008. 886 с.
- Chertov O.G. Komarov A.S., Nadporozhskaya M.A., Bykhovets S.S., Zudin S.L. ROMUL – a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modelling // Ecological Modelling, 2001, V. 138, № 1–3, p. 289–308.
- Komarov, A., Chertov, O., Zudin, S., Nadporozhskaya, M., Mikhailov, A., Bykhovets, S., Zudina, E., Zoubkova. EFIMOD 2 - A model of growth and elements cycling in boreal forest ecosystems // Ecological Modelling, 2003, V. 170, p. 373-392.
- Kudeyarov VN, Kurganova IN. Carbon dioxide emission and net primary production of Russian terrestrial ecosystems // Biology & Fertility of Soils, 1998, 27, p. 246–250.
- Morris D.M., Kimmins J.P., Dan J., Duckert R. The use of soil organic matter as a criterion of the relative sustainability of forest management alternatives: A modeling approach using FORECAST // For. Ecol. Manag. 1997, 94, p. 61-78.