

## ПОСЛЕПОЖАРНАЯ СУКЦЕССИЯ В ЛЕСОБОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСАХ

***Елена Владимировна Михайлова***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат географических наук, старший преподаватель, тел. (923)246-06-59, e-mail: milek123@mail.ru

***Нина Петровна Миронычева-Токарева***

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, зав. лабораторией биогеоценологии, тел. (383)363-90-18, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Статья посвящена исследованию постпирогенных сукцессионных изменений растительного вещества в лесо-болотных комплексах восточных отрогов Большого Васюганского болота. Целью работы было получение и анализ данных, характеризующих послепожарную динамику растительного вещества для объективной экологической оценки современного состояния лесо-болотных ландшафтов. Объектами исследования являлись рямовые сообщества различной степени послепожарной нарушенности в междуречье Иксы и Бакчара Томской области, подвергшихся пирогенному воздействию. Исследования динамики растительности и растительного вещества на площадках с различной степенью интенсивности торфяного пожара проводились в течении десяти лет. На площадках со слабой интенсивностью горения степень нарушенности растительного покрова составляла 40–50 %. На территории болота, подвергнутого пирогенному воздействию средней степени, сохранились небольшие островки с отдельными куртинами вересковых кустарничков и небольшими островками сфагновых мхов. Экосистемы болота подвергшиеся пожару наибольшей интенсивности представлены выгоревшими до минерального грунта понижениями с островками обгоревшего торфяного слоя. После десяти лет сукцессии в наиболее нарушенных болотных экосистемах процентное соотношение запаса надземной фитомассы к запасу контроля растительного вещества колебался в пределах 10 % от запаса контроля. Количество живого подземного растительного вещества возрастало очень медленно и к десятому году восстановления в процентном отношении составило всего 3,5 % от запаса подземной живой фитомассы контроля. Запас живого растительного вещества на площадках, подвергшихся пожару средней степени интенсивности составил 50 % от запаса контрольной экосистемы как в надземной, так и в подземной сферах. Количество живого растительного вещества на площадках болота, подвергнутого пожару небольшой интенсивности к десятому году сукцессии колебалось в пределах 70–80 % по отношению к контролю в надземной сфере, а в подземной количество живых корней и корневищ превысило показатели контроля на 11 %.

**Ключевые слова:** болота, пирогенная сукцессия, растительное вещество, запасы, фракционный состав, фитомасса, мортмасса, чистая первичная продукция.

## POST-FIRE SUCCESSION IN A FOREST-BOG COMPLEXES

***Elena V. Mikhailova***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Senior Lecturer Department of Environment and Natural Resources, phone: (923)246-06-59, e-mail: milek123@mail.ru

***Nina P. Mironycheva-Tokareva***

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Head of Laboratory of Biogeocenotic, phone: (383)363-90-18, e-mail: nina@issa.nsc.ru

The article is devoted to the study of post-pyrogenic successional changes of plant matter in the forest-mire complexes in the eastern branches of the Great Vasyugan Mire. The aim of the study was to obtain and analyze the data characterizing the post-fire dynamics of plant matter for an objective environmental assessment of the current state of forest-mire landscapes. The objects of the study were ryam communities situated between the Ikxa and Bakchar rivers of the Tomsk Region and characterized by varying degrees of post-fire disturbance, which were exposed to catastrophic pyrogenic impact. Studies on the dynamics of vegetation community and plant matter at sites with varying degree of peat fire intensity were carried out for ten years. At sites with a low fire intensity, the degree of disturbance of vegetation cover was 40 – 50 %. At a mire which was exposed to the pyrogenic influence of a moderate degree, small islands with individual specimens of shrubs (Ericaceae) and small islands of *Sphagnum* mosses have been preserved. Mire ecosystems that have undergone a fire of the greatest intensity, are represented by burned to mineral soil depressions with islands of burnt peat. After ten years of succession in the most disturbed mire ecosystems, the percentage ratio of the above-ground phytomass to that in control sites varied within 10 % of the control phytomass. The amount of live below-ground plant matter increased very slowly, and by the tenth year of recovery, it was only 3.5 % of the stock of control underground living phytomass. The living plant matter stock at sites with moderate fire disturbance was 50 % of the control stock both in above-ground and below-ground areas. At sites of low fire intensity by the tenth year of succession, the amount of live plant matter ranged from 70–80 % of the above-ground control phytomass, and as for below-ground phytomass, the amount of living roots and rhizomes exceeded the control ones by 11 %.

**Key words:** bogs, fire succession, plant matter, stocks, fractional composition, phytomass, mortmass, net primary production.

### ***Введение***

Мощным средством антропогенного воздействия на режимы функционирования лесных и лесо-болотных биogeоценозах являются пожары. Пожары - один из основных дестабилизирующих факторов естественной динамики лесных и болотных экосистем. Они вносят существенные изменения в структуру и динамику растительных сообществ. При воздействии пожаров коренным образом меняются гидротермические и эдафические условия, что в свою очередь сказывается на разнообразии растительных сообществ [1-6].

По масштабам разрушительного воздействия пожары доминируют среди всех природных и антропогенных факторов. Потери лесного хозяйства от пожаров ежегодно оцениваются миллиардами рублей и составляют лишь часть общего экологического и социально-экономического ущерба [7].

Интегральное воздействие пожаров заключается в изменении структурно-функциональной организации всей экосистемы. Происходит количественная и качественная перестройка ее основных компонентов. Происходит смена доминантов растительности и количественные характеристики растительного вещества [8].

Для объективной экологической оценки современного состояния лесоболотных экосистем представляют интерес исследования послепожарной сукцессии в относительно однородных климатических и геоморфологических условиях, что имеет большое значение для понимания путей восстановительной динамики компонентов лесных и болотных экосистем и прогноза их состояния при разном воздействии пирогенного фактора [9].

Одной из особенностей лесоболотных экосистем является их ранимость при различного рода антропогенных воздействиях, приводящих к их деградации. Пожары являются одним из основных факторов, влияющих на лесные экосистемы. В последнее время их частота значительно увеличилась в результате антропогенного воздействия [8]. Обычно огонь оказывает на участок леса краткое разрушающее воздействие (за исключением торфяных пожаров, нередко продолжающихся много дней). В результате сгорает лесная подстилка, а при особо сильных низовых пожарах частично разрушается почва.

Изучение пирогенной (послепожарной) сукцессии является актуальной задачей последних лет, так как участвовавшие в результате деятельности человека пожары меняют облик экосистем. Необходимо выяснять масштаб и характер этих изменений, вкупе с возможными негативными последствиями.

Цель настоящей работы – оценка влияния различных видов пожаров на динамику постпирогенного восстановления растительности и количественных характеристик фракций растительного вещества в надземной и поземной сферах во времени после десяти лет вторичной постпирогенной сукцессии.

### *Материалы и методы*

Территория района исследования расположена в подзоне южной тайги Западной Сибири (56° с.ш.-81° в.д.) в междуречье Иксы и Бакчара Томской области. По природному районированию территория исследования относится к Парабельско-Иксинской средне-расчлененной равнине с крупными массивами верховых и низинных болот, с березовыми лесами (с участием темнохвойных) на дерново-глеевых и дерново-глееватых осолоделых остаточно-гумусовых почвах [10].

Климат территории резко континентальный. По данным Бакчарской метеостанции продолжительность безморозного периода составляет 150 дней, бесснежных – 190. Основное количество осадков выпадает в виде дождя (65%), среднее количество их колеблется в пределах 450 – 550 мм (максимум их падает в летний период). Но в засушливый 1999 год осадков выпало намного меньше и составило всего 320 мм. Среднегодовая температура колебалась в пределах от – 0,3 до 0,6°С. Ветры имеют преимущественно западное направление и приносят дожди небольшой силы с преобладанием периодов затяжного ненастья. Зима холодная и продолжительная, с обильными снегами. Высота снежного покрова достигает 70 см. Лето довольно жаркое, но в начале и в конце вегетационного периода обычны заморозки: весенние в мае – июне, осенние в августе – сентябре. Безморозный период продолжается около 100 дней [11].

В 1999 году в эпицентрах лесо-болотных горельников было заложено 3 мониторинговых полигона. Были выбраны горельники с различной степенью поражения экосистемы [12,13].

Полигон 1. Пожар слабой интенсивности - в экосистеме пожаром уничтожено 60% живого растительного вещества. Подстилка уничтожена полностью. Очес местами сгорел на 5-7см.

Полигон 2. Пожар средней интенсивности – живое растительное вещество уничтожено на 80% . очес и торф прогорели до глубины 20 см (уровень болотных вод). Древостой сильно поврежден.

Полигон 3. Пожар высокой интенсивности - Торфяной слой сгорел, в основном, до уровня болотных вод. 10% торфяного слоя прогорели до минерального грунта. Наблюдается массовый вывал деревьев. Древостой погиб полностью.

В состав полигона входили контроль и экспериментальные площадки. общей площадью 2500 м<sup>2</sup> на которых изменения растительного покрова и динамика запасов растительного вещества проводилось по стандартными, с небольшими модификациями, методам [14, 15]

Исследования продукционных процессов начаты через год после пожара. Детальное изучение растительности, растительного вещества, его фракционного состава осуществлялось на пробных площадках по трансектам от микроозерка, образовавшегося в результате полного выгорания полутораметровой толщи торфа и канавы, выкопанной для останковки дальнейшего выгорания торфа до ненарушенной части рямового сообщества. Общая длина трансектов составила 800 метров. По каждому трансекту были выделены три зоны нарушения растительного покрова и на них заложены экспериментальные площадки [16]

Во всех экосистемах была изучена структура растительного вещества с выделением живых и мертвых подземных органов. Для этого закладывается десять квадратов (50x50 см) случайным образом. На всех десяти квадратах надземная фитомасса срезалась на уровне головок мха и с этих же площадок собирались отмершие листья трав и кустарничков. Ветошь отделялась от зеленой фитомассы, последняя разбиралась по видам. Вся надземная и подземная фитомасса высушивалась при температуре 60°C и взвешивалась. Для определения запасов мохового яруса, общей подземной растительной массы и подземной массы отдельных видов растений на этих же участках отбирались монолиты 10x10x10 см до глубины 30 см в восьмикратной повторности. Подземная продукция трав и кустарничков определялась по приросту корней, корневищ и узлов кущения текущего года [17].

Контрольная экосистема представляет собой кустарничково-сфагновое болото с сосной болотной (сомкнутость крон 0,3, высота деревьев колеблется в пределах 0,5-3,0 м, диаметр стволиков 3,0-12,0 см). Кустарничково-травяной ярус представляет собой микроассоциации с доминированием *Chamaedaphne calyculata* и *Ledum palustre* на кочках высотой 50-80 см и *Eriophorum vaginatum*, в межкочьях единично встречаются *Andromeda polifolia*, *Rubus chamaemorus* и *Oxycoccus palustris* (проективное покрытие кустарничков и трав 40-50%).

В моховом ярусе доминируют *Sphagnum fuscum* (проективное покрытие 60%), *Sphagnum magellanicum* (проективное покрытие 20%) – на кочках и *Sphagnum angustifolium* (проективное покрытие 50%) в межкочьях. Кочки хорошо выражены и занимают 70% общей поверхности в пределах площадки 10×10 м.

### **Результаты**

На первом трансекте (катастрофическое постпирогенное воздействие) к началу исследования (на следующий год после пожара) проективное покрытие всех групп растений составило 47% из них на травы приходится 45% и на печеночные мхи 2%. На второй год наблюдений проективное покрытие возросло до 48% за счет увеличения проростков вересковых кустарничков с доминированием *Ledum palustre*. Третий год ознаменовался резким снижением доминирования печеночников, появилось большое количество проростков сосны и зеленых мхов общее покрытие возросло до 60%. Через 10 лет после пожара стал восстанавливаться состав мохового яруса. Появились в латки *Sphagnum magellanicum*. Зеленые мхи увеличили свое присутствие, выпали виды трав, проросшие после пожара - *Carex diandra*, *Stellaria palustris*, *Chamaenerion agustifolium*, *Phragmites australis*, *Milium effusum*. На второй год после пожара общее проективное покрытие восстанавливающегося растительного сообщества составило 60%. на долю сфагновых и зеленых мхов приходится 15 % покрытия, доля трав так же составляет 45%. На следующий год проективное покрытие мхов возросло до 25%, покрытие травяного яруса осталось прежним общее проективное покрытие колебалось в пределах 80 %. На третий год покрытие травяного яруса снизилось до 20%. В моховом ярусе значительно снизилось количество печеночников, увеличил свою численность *Polytrichum strictum*, возросло покрытие кустарничкового яруса за счет разрастания *Ledum palustre*. Появилось большое количество проростков *Betula pubescens* и *Pinus silvestris*. Через 10 лет проективное покрытие растительности составило 90-100%. Подрост *Betula pubescens* и *Pinus silvestris* березы и сосны составил 40% от общего проективного покрытия. Высота его составила 1,5-2,0 метра. Формула подроста бБ4С.

В первый год на площадках со средней степенью пирогенного воздействия проективное покрытие мохового яруса составило 75%. проективное покрытие трав колеблется в пределах 8-10%. Кустарничковый ярус представлен в основном *Chamaedaphne calyculata* кассандрой с проективным покрытием около 12% , древесный ярус представлен сосной *Pinus silvestris* и березой *Betula pubescens* с покрытием около 3%. На второй год проективное покрытие мохового яруса осталось прежним, в травяном ярусе за счет выпадения *Hameneron agustifolium* и *Eriophorum polistachion* проективное покрытие снизилось до 7% . В кустарничковом ярусе увеличилось покрытие до 15 % за счет возобновления *Ledum palustre*. Через 10 лет сукцессии значительных изменений в покрытие внутри ярусов не произошло и общее покрытие составило 90%

Сумма растительного вещества без древесного яруса контрольной экосистемы колеблется в пределах 2500- 2850г/м<sup>2</sup> и в 2010 году составила 2464 г/м<sup>2</sup>. На первом трансекте во второй год сукцессии процентное отношение надземной фитомассы к количеству ее в контроле составило всего 11,6%, на десятый год это отношение возросло до 48%. В подземной сфере количество корневой массы составило 169,4 г/м<sup>2</sup>. Это количество низко по отношению к запасу подземной фитомассы контрольной экосистемы в связи с тем, что погребенные стволы кустарничков, составляющие в запасе контроля более 50% подземного живого растительного вещества отсутствуют, так как при пожаре подземные части кустарничков выгорели до глубины 10-15см, а глубже - до глубины 30 см, их части уже нельзя считать живыми и подземная фитомасса представлена только корнями и корневищами трав. Через 10 лет количество корней в тридцатисантиметровом слое возросло и составило уже 23,5% от количества контрольной экосистемы. Общее количество живого растительного вещества на трансекте 2 через год после пожара - 341 г/м<sup>2</sup>, что составляет 13,8% от количества живой фитомассы контроля. За десять лет восстановительной сукцессии ее количество возросло до 1523 г/м<sup>2</sup> (таблица).

Запас живого растительного вещества в экосистемах с различным пирогенным воздействием г/м<sup>2</sup>

Степень пирогенного воздействия	Контрольная экосистема	10 лет восстановления	% от запаса контрольной экосистемы
катастрофическое	2464.0	633.1	26.5
среднее	2464.0	1523	61.0
слабое	2464.0	2634	108

Надземная фитомасса сформирована кустарничками - 62.0 г/м<sup>2</sup>, травами - 28.0 г/м<sup>2</sup> и мхами - 77.0 г/м<sup>2</sup>. В подземной сфере так же доминировали корни кустарничков. Их количество составило 367 г/м<sup>2</sup>. По количеству живых корней кустарничков растительное сообщество догнало контрольную экосистему (365 г/м<sup>2</sup>).

При слабом пирогенном воздействии пострадали при пожаре кустарничковый, и моховой ярусы. Кустарнички на кочках подсохли и отмерли их надземные части, мхи были вытоптаны. Через год после пожара общее количество живой фитомассы составило 77% от количества растительного вещества контрольной экосистемы. Через десять лет сукцессии общее количество живого растительного вещества в этой зоне достигло 2634.4 г/м<sup>2</sup>, что превышает запас контрольной экосистемы на 8%.

### *Заключение*

На полностью выгоревшем участке скорость сукцессии в первые годы была понижена. Число видов на площадке один (с оголенным торфом – 7 видов)

и на площадке три (с погибшим кустарничковым и моховым ярусами – 11 видов) оказалось ниже, чем на участке с перекопанным торфом – 23 вида.

Скорость восстановления запасов живого растительного вещества на трансектах с различной пожарной интенсивностью различна. В наиболее нарушенных пожаром экосистемах процентное соотношение запаса надземной фитомассы к запасу контроля в первый год сукцессии составило 11%, на второй год его процентное отношение составило 16% за счет увеличения проростков кустарничков и мхов, к десятому году запас надземного растительного вещества колебался в пределах 50% запаса контроля. Количество подземного растительного вещества возрастало очень медленно и к десятому году восстановления составило 364.0 г/м<sup>2</sup>, что в процентном отношении составило всего 23,5% от запаса подземной живой фитомассы. Запас живого растительного вещества на площадках со средним пирогенным воздействием составил 50% от запаса контрольной экосистемы как в надземной, так и в подземной сферах

После десяти лет сукцессии в наиболее нарушенных болотных экосистемах процентное соотношение запаса надземной фитомассы к запасу контроля растительного вещества колебался в пределах 10% от запаса контроля. Количество живого подземного растительного вещества возрастало очень медленно и к десятому году восстановления в процентном отношении составило всего 3,5% от запаса подземной живой фитомассы контроля. Запас живого растительного вещества на площадках, подвергшихся пожару средней степени интенсивности составил 50% от запаса контрольной экосистемы как в надземной, так и в подземной сферах. Количество живого растительного вещества на площадках болота, подвергшегося пожару небольшой интенсивности, к десятому году сукцессии колебалось в пределах 70- 80% по отношению к контролю в надземной сфере, а в подземной количество живых корней и корневищ превысило показатели контроля на 11%.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Титлянова А.А., Самбу А.Д. Сукцессии в травяных экосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 188 с.
2. Копотева Т.А., Купцова В.А. Влияние пожаров на динамику фитомассы и первичной продукции мезотрофного кустарничково-сфагнового болота в Приамурье // Журнал общей биологии.- 2016. - Т. 77.- № 5.- С. 397- 405.
3. Богданов В. В., Прокушкин А. С., Прокушкин С. Г. Влияние низовых пожаров на подвижность органического вещества почвы в лиственничниках криолитозоны средней Сибири // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 2. С. 88–93.
4. Тулохонов А.К., Пунцукова С.Д. Лесные пожары в Республике Бурятия в условиях изменения климата // Общество: политика, экономика, право. – 2016. – № 3. – С. 72-78.
5. Climate change for forest policy-makers – An approach for integrating climate change into national forest policy in support of sustainable forest management – Version 2.0. // FAO Forestry Paper. – Rome, 2018. – № 181. – 68 pp.
6. González-Pérez J.A., González-Vila F.J., Almendros G., Knicker H. The effect of fire on soil organic matter – a review // Environment International. – 2004. – № 30. – P. 855-870.
7. Исаев А. С. Лес как национальное достояние России // Век глобализации. - 2011. - № 1. -С. 148–158.

8. Фуряев В.В. Шкалы пожарной опасности для лесов Забайкалья // Лесные пожары и борьба с ними. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 76–107.
9. Краснощеков Ю. Н. Постпирогенная трансформация почв сосновых лесов в юго-западном Прибайкалье // Вестн. КрасГАУ.- 2009. - № 9. - С. 60–65.
10. Лапшина Е.Д., Пологова Н.Н., Мульдьяров Е.Я. Болота водораздельных равнин юга лесной зоны Западной Сибири // Krylovia. – 2000. – Т. 2, № 1. – С. 38-43.
11. Горбатенко В.П., Громницкая А.А., Константинова Д.А., Ершова Т.В., Нечепуренко О.Е. Оценка роли климатических факторов в возникновении и распространении лесных пожаров на территории Томской области // Вестник Том. гос. ун-та. – 2015. – № 395. – С. 233-240.
12. Вонский С.М., Семенов М.М., Тетюшева Л.В., Корбут В.И., Жданко В.А. Определение природной пожарной опасности в лесу: методические рекомендации. – Л.: Изд-во ЛенНИИЛХ. - 1975. – 40 с.
13. Валендик Э.Н. Шкалы пожарной опасности для лесов Красноярского края и Тувинской АССР // Лесные пожары и борьба с ними. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 31-57.
14. Юнатов А.А. Заложение экологических профилей и пробных площадей // Полевая геоботаника. М.-Л.: Наука, 1964. - Т. 3. - С. 9-35.
15. Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Parshina E.K. The carbon and macroelements budget in the bog ecosystems of the middle taiga in Western Siberia // International Journal of Environmental Studies. – 2009. – Vol. 66. – P. 485-493.
16. Миронычева-Токарева Н.П. Динамика растительности при зарастании отвалов. – Новосибирск – Наука. - 1998. – 170 с.
17. Kosykh N.P., Koronatova N.G., Naumova N.B., Titlyanova A.A. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems //Wetlands ecology and management. - 2008. – №16. - P. 139-153.

© Е. В. Михайлова, Н. П. Миронычева-Токарева, 2019