



БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 630*231:631:681.47 + 631*114.351

В.В. Богданов, С.Г. Прокушкин

РОЛЬ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНОВ В ПОСЛЕПОЖАРНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ КРИОЛИТОЗОНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В статье показано, что в зависимости от гидротермических условий на склонах разной экспозиции в почве постпирогенных лиственничников идут специфические биогенные процессы, приводящие к трансформации углерода.

Ключевые слова: органическое вещество, запасы, углерод, низовые пожары.

V.V. Bogdanov, S.G. Prokushkin

THE ROLE OF THE SLOPE EXPOSITION IN THE AFTER-FIRE TRANSFORMATION OF CARBON IN THE LARCH FOREST SOILS OF THE CENTRAL SIBERIA CRYOLITHOZONE

The article shows that depending on the hydrothermal conditions the specific biogenic processes leading to the carbon transformation take place in the soil of the after-fire larch forests on the slopes of different exposition.

Key words: organic matter, stocks, carbon, ground fire.

Введение. Пожары – один из основных дестабилизирующих факторов естественной динамики лесов криолитозоны и бореальной зоны в целом. Они вносят существенные изменения в сукцессионные процессы и структуру лесных фитоценозов Сибири [6, 4]. По оценке М.А. Софронова с соавторами [4], в северной тайге России ежегодно 320 тыс. га покрытой лесом площади подвергается низовым пожарам, следовательно, пожар является главным фактором, регулирующим запас и потерю органического вещества почвы. Под действием пожаров коренным образом изменяются гидротермические и эдафические условия, микробиологические и биохимические процессы в почвах и, как следствие, – биоразнообразие растительных сообществ [1]. В криолитозоне пожары средней и высокой интенсивности приводят к заметному увеличению глубины сезонного оттаивания почвы, изменению режимов увлажнения и температуры. Кроме того, следствием лесных пожаров является их влияние на потоки углерода в региональных и глобальных масштабах, обусловленное пирогенными и постпирогенными эмиссиями углерода в атмосферу и его переносом в другие экосистемы.

Цель исследований: изучить формирование и трансформацию углерода в почвах лиственничников Центральной Эвенкии, сформировавшихся в послепожарный период.

Задачи исследований: определить запас углерода в почве постпирогенных лиственничников; определить запасы органического вещества в почвах лиственничников, сформировавшихся в послепожарный период на склонах разной экспозиции и оценить особенности его трансформации в этих условиях.

Объекты и методы исследований. Работа выполнена в криолитозоне Центральной Эвенкии в низовьях р. Кочечум – правого притока р. Н. Тунгуска (64°18' с.ш., 100°11' в.д.), где лесные пожары являются неотъемлемым фактором данного региона. В связи с этим все изучаемые лиственничные насаждения в данном регионе пирогенного происхождения.

Для выполнения поставленных задач на северном и южном склонах подобраны лиственничники постпирогенной генерации в возрастном диапазоне от молодняков до перестойных: 38–50, 58–78, 138, 180, 186 лет. Возраст гарей определяли по подсушинам на спилах лиственниц. Подробная их лесотаксационная характеристика и температура корнеобитаемого слоя представлена нами ранее [2].

На всех пробных площадях заложены 20-метровые трансекты, где фиксировался микро рельеф, а в его элементах (буграх пучения и западинах) в 3-кратной повторности были заложены учетные площадки (20–25 см), на которых проведен учет запаса подстилки и взяты почвенные образцы. Образцы почвы на этих площадках отбирались почвенным буром (объемом 100 см³) в 3-кратной повторности по слоям (0–5 и 5–10 см), в которых определялся объемный вес и отдельные формы углерода. В лабораторных условиях образцы почвы подготавливались к анализам по методу О.Г. Растворова [7].

Определение содержания общего углерода в почве осуществлялось на элементном анализаторе Elementar Vario EL (Германия). Определение содержания водоекстрагируемого органического углерода (ВЭОУ) проводили в водной вытяжке 1:10 (образец:вода). Полученные растворы фильтровались через нитроцеллюлозный фильтр с диаметром пор 0,22 мкм. В выпаренном фильтрате углерод определялся по методу И.В. Тюрина. Определение качественного состава гумуса (фульвокислот и гуминовых кислот) в почве проводили по методике И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [5].

В почвах определялся также качественный состав органического вещества (ПОВ) по потере массы при последовательном прокаливании образцов в течение 2 ч в муфельной печи в диапазоне температур 150–600 °С.

Результаты исследований и их обсуждение. Экологические условия, сложившиеся на склонах разной экспозиции, существенно влияют и на содержание углерода в почве. В лесных биогеоценозах гидротермические условия на склонах разной экспозиции являются также определяющим фактором образования, накопления и трансформации водорастворимого органического вещества в почве.

Проведенный анализ показал, что содержание ВЭОУ в 0–5-сантиметровом слое почвы лиственничников зависит от экспозиции склонов и составляет от 0,12 до 0,16 на южных и от 0,11 и до 0,12 мг/г – на северных склонах (рис. 1, I). При этом, если в верхнем 0–5-сантиметровом слое почвы наблюдаются различия в содержании ВЭУ между склонами, то в 5–10-сантиметровом слое эти различия незначительны, а его концентрация ниже, чем в верхнем слое, и составляет от 0,06 до 0,08 для северных склонов и от 0,07 до 0,09 мг/г – для южных (рис. 1, II). В целом в лиственничниках на северных склонах с более высоким увлажнением и близким залеганием многолетней мерзлоты скорость процессов деструкции существенно ниже. В связи с этим и содержание ВЭОУ здесь ниже, чем на южных склонах. Кроме того, более высокое содержание ВЭОУ в почве на южных склонах обусловлено его интенсивным поступлением из подстилок, где также наблюдается более высокая концентрация.

Содержание и состав гумусовых веществ в почвах определяют их структуру, водно-воздушный и тепловой режимы, спектральную и отражательную способность, их теплоемкость и теплопроводность. От этих показателей зависят условия минерального питания растений, процессы внутрипочвенной дифференциации химического состава. Все это указывает на важную экологическую роль гумусовых веществ в лесных биогеоценозах. Особенно это выражено на склонах разной экспозиции, отличающихся распределением солнечной радиации и осадков и, как следствие, гидротермическими условиями.

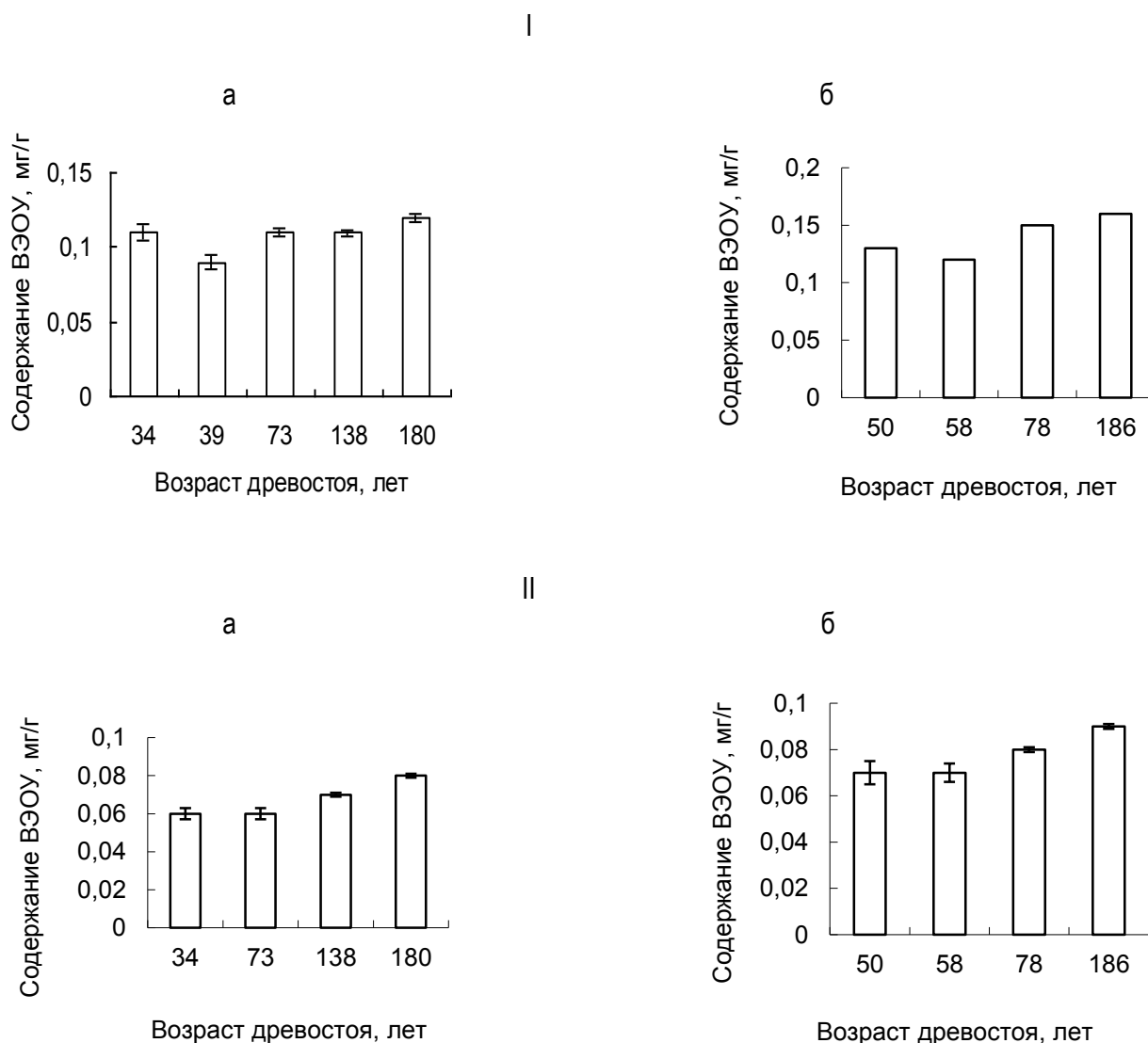


Рис. 1. Концентрация водозкстрагируемого органического углерода в 0–5 (I) и 5–10-сантиметровом (II) слое почвы на северном (а) и южном (б) склонах, мг/г а.с.м.

При изучении фракционного состава гумуса в почвах послепожарных лиственничников на склонах разной экспозиции выявлено, что его состав и содержание неодинаковы и определяются их экологическими особенностями. Так, на северных склонах в силу складывающихся неблагоприятных гидротермических условий, повышенной увлажненности, более близкого залегания многолетней мерзлоты и бедной микрофлоры происходит слабая минерализация и гумификация растительных остатков (рис. 2, I).

На склонах же южной экспозиции с более благоприятными гидротермическими условиями наблюдается увеличение микробиологической активности, что приводит к более интенсивной минерализации органического вещества (рис. 2, I).

В нижележащих слоях (5–10 см) отмечено снижение содержания гуминовых и фульвокислот по отношению к вышележащему горизонту. В данных горизонтах на северном склоне прослеживается увеличение доли гуминовых кислот по отношению к фульвокислотам, что связано с уменьшением численности микрофлоры и ее активности (рис. 2, II). Кроме того, изменения в их содержании наблюдаются и в зависимости от возраста постпирогенных древостоев.

Таким образом, различия в гидротермическом режиме местообитаний в значительной мере определяют содержание и фракционный состав гумусовых веществ в почве.

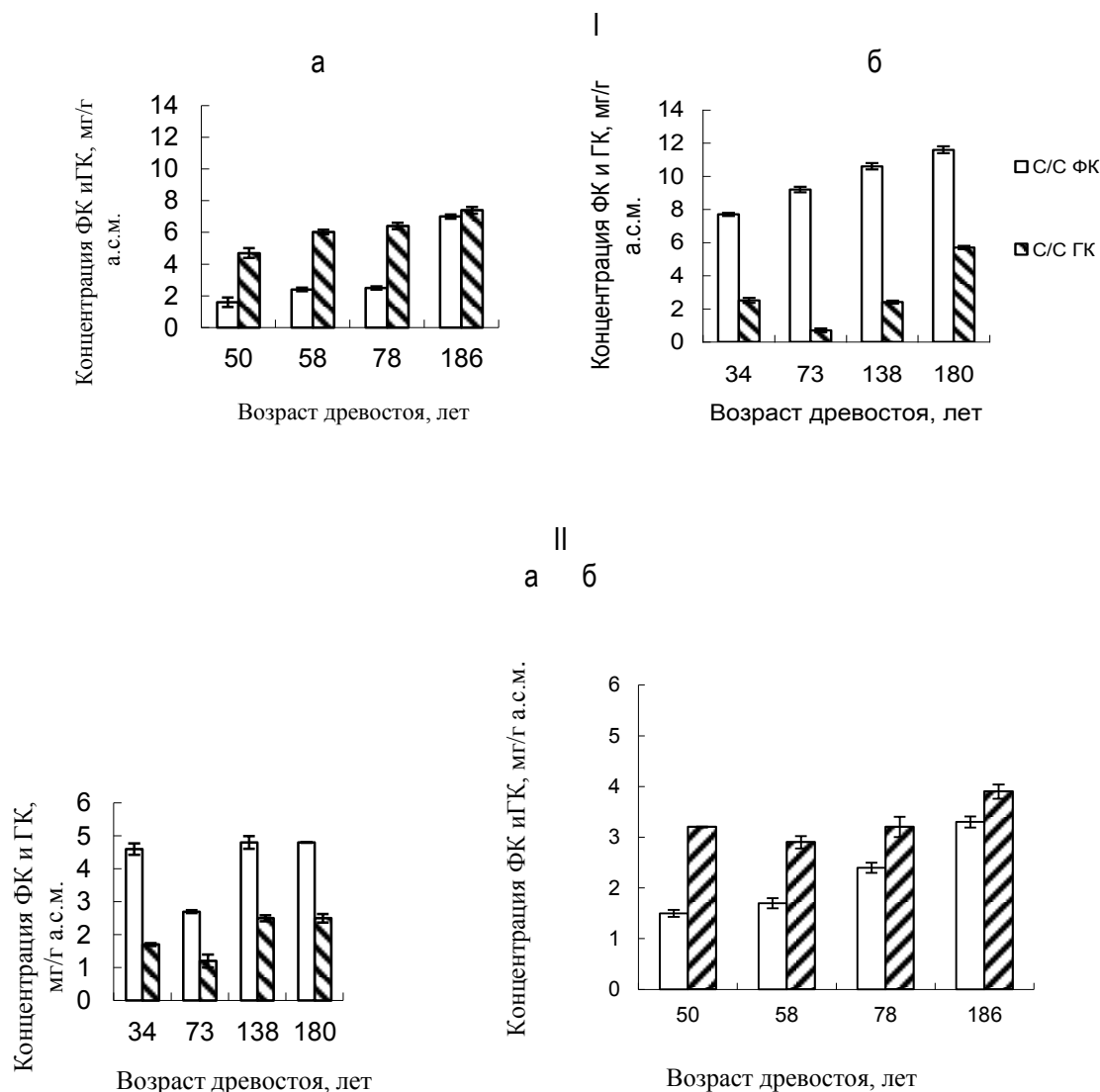


Рис. 2. Концентрация фульвокислот (ФК) и гуминовых кислот (ГК) в 0–5 (I) и 5–10-сантиметровом (II) слое почвы на северном (а) и южном (б) склонах, мг/г а.с.м.

Органическое вещество (ОВ) почвы на склонах разной экспозиции представляет особый интерес, так как в процессе функционирования лесного биогеоценоза в отличающихся экологических условиях формируется разный состав ОВ, которое подвергается разным воздействиям. Для оценки его качественного состава использован термический анализ, который основан на разной степени устойчивости ОВ к нагреванию [3].

В результате выполненного анализа минеральных почв (0–5, 5–10-сантиметровых слоев) постпирогенных лиственничников на склонах разной экспозиции выявлено, что при прокаливании в верхних 0–5-сантиметровых слоях почвы прослеживается три пика потери массы (рис. 3, I).

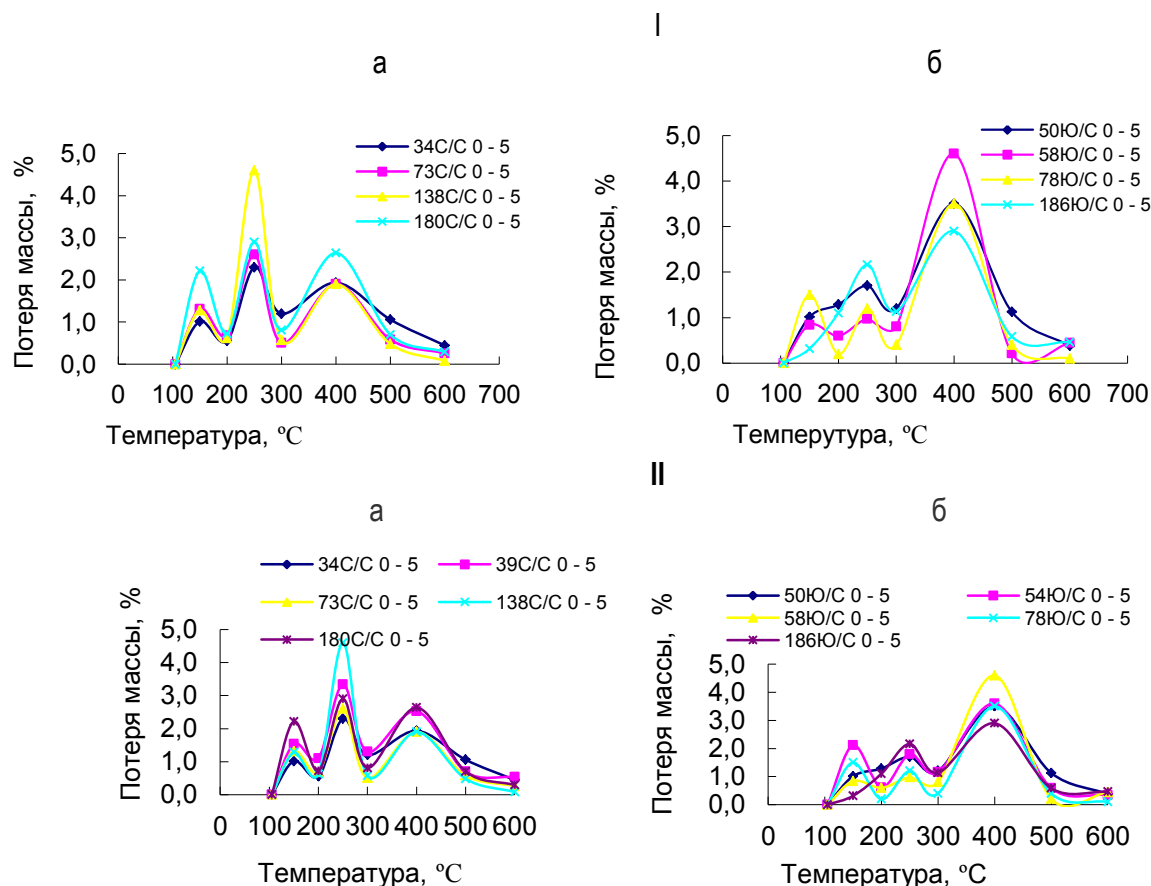


Рис. 3. Потеря органического вещества при прокаливании 0–5 (I) и 5–10-сантиметрового (II) слоя почвы на северных (а) и южных (б) склонах, % от а.с.м.

Первый пик наблюдается при 100–150 °С и связан с удалением конституционной воды, второй – при 250 °С и характерен для почв склонов северной экспозиции, указывая на присутствие слабоустойчивых к нагреванию соединений – гемицеллюлозы и целлюлозы. При этом разлагаются сначала менее термоустойчивые гемицеллюлозы, а затем собственно целлюлоза [3].

Для склонов южной экспозиции характерна потеря массы при более высокой температуре 400 °С, при которой происходит разложение важных структурных компонентов – структурированной и аморфной целлюлозы, а также более устойчивых соединений – типа лигнина или лигноцеллюлозы. В минеральном слое 5–10 см также выявлено три пика потери массы, характеризующих качественный состав органического вещества этих горизонтов (рис. 3, II).

Таким образом, в результате термического анализа минерального горизонта почв следует, что органическое вещество почв на склоне северной экспозиции представлено в большей степени «свежими» негумифицированными фракциями, такими как гемицеллюлоза, целлюлоза и в меньшей степени продуктами гумификации.

В то же время органическое вещество склонов южной экспозиции представлено структурированной и аморфной целлюлозой, а также более устойчивыми соединениями, такими как лигнин, гумусовые вещества (гумины и гуматы), и в меньшей степени слабоустойчивыми к нагреванию соединениями.

Выводы. На основании полученных данных следует, что южные склоны характеризуются меньшим количественным и специфическим качественным составом органического вещества. Данные условия можно рассматривать как возможную модель поведения пула углерода в листовенничных биогеоценозах криолитозоны при изменении климата.

Различия в гидротермических условиях на склонах определяют в напочвенном покрове и содержании водорастворимой фракции ОВ, что существенно влияет на интенсивность и направленность биогеохимических процессов в почве. В верхних минеральных горизонтах почв на южных склонах, в связи с более интенсивной минерализацией и высоким содержанием водорастворимой фракции углерода, возрастает отношение $C_{гк}/C_{фк}$, что служит показателем более интенсивной минерализации ОВ и увеличения скорости гумификации растительных остатков. При этом ОВ представлено как «свежими» фракциями гемицеллюлозы и целлюлоз, так и лигнином, и лигноцеллюлозой. С увеличением давности пожара в органическом веществе почв возрастает доля более термостойчивых соединений – лигнина или лигноцеллюлозы, гуматов и гуминов.

В целом северные склоны можно рассматривать как модель формирования ОВ в листовенничниках при глобальном похолодании климата, а южные – как при потеплении.

Литература

1. Биологические свойства почв на гарях и ход роста послепожарного возобновления в северотаежных листовенничниках Средней Сибири / П.А. Цветков [и др.] // Лесоведение. – 1998. – № 6. – С. 23–32.
2. Богданов В.В., Прокушкин С.Г. Влияние экспозиции склонов на послепожарную трансформацию органического вещества в листовенничниках криолитозоны Средней Сибири // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – Вып. 5. – С. 3–7.
3. Ведрова Э.Ф., Стаканов В.Д., Плешиков Ф.И. Закономерности изменения пула углерода в бореальных лесах // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 206–221.
4. Влияние пожара на баланс углерода в бореальной зоне Северной Евразии, создание информационной базы для моделей / М.А. Софронов [и др.] // Лесоведение. – 2000. – № 4. – С. 3–8.
5. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. – Л.: Наука, 1980. – 218 с.
6. Прокушкин С.Г., Сорокин Н.Д., Цветков П.А. Экологические последствия пожаров в листовенничниках северной тайги Красноярского края // Лесоведение. – 2000. – № 4. – С. 11–17.
7. Химический анализ почв: учеб. пособие / О.Г. Растворов [и др.]. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1995. – 264 с.

