



## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 630\*231:631:681.47 + 631\*114.351

В.В. Богданов, С.Г. Прокушкин

#### ВЛИЯНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНОВ НА ПОСЛЕПОЖАРНУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЛИСТВЕННИЧНИКАХ КРИОЛИТОЗОНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

*В статье показано, что в зависимости от гидротермических условий на склонах разной экспозиции в напочвенном покрове постпирогенных лиственничников идут специфические биогенные процессы, приводящие к формированию органического вещества с разным количественным и качественным составом.*

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

V.V. Bogdanov, S.G. Prokushkin

#### THE INFLUENCE OF THE SLOPE EXPOSITION ON THE ORGANIC MATTER AFTER FIRE TRANSFORMATION IN THE LARCH FORESTS OF THE PERMAFROST AREAS IN THE CENTRAL SIBERIA

*It is shown in the article that depending on the hydrothermal conditions on the slopes of different exposition the specific biogenic processes leading to the formation of the organic matter with different quantitative and qualitative composition are taking place in the ground cover of the post-pyrogenic larch forests.*

**Key words:** organic matter, stocks, carbon, ground fires.

**Введение.** В горных условиях Центральной Эвенкии хорошо выражен макро- и мезорельеф, в которых в зависимости от экспозиции, крутизны и формы склона идет неравномерное распределение солнечной радиации и осадков. В результате этого на склонах разной экспозиции создаются неодинаковые микроклиматические условия, которые и определяют разную направленность и интенсивность процессов накопления фитомассы и деструкции растительного материала [4, 7], что приводит к формированию участков с различным содержанием органического вещества. Кроме того, согласно исследованиям Л.К. Позднякова [3], А.С. Прокушкина и других [4], в лиственничниках криолитозоны Центральной Якутии и Эвенкии количество тепла на склонах разной экспозиции определяет уровень залегания многолетней мерзлоты. Так, на склонах северной экспозиции глубина ее залегания от поверхности почвы значительно меньше, чем на южных склонах. Северные склоны характеризуются также медленным оттаиванием почв, низкими температурами в ризосфере и большим увлажнением. В результате этого на склонах разной экспозиции создаются неодинаковые микроклиматические условия, которые определяют разную направленность и интенсивность процессов накопления фитомассы и деструкции растительных остатков, что приводит к формированию биогеоценозов с различным содержанием органического вещества в напочвенном покрове [3, 7].

В связи с этим в криолитозоне Центральной Эвенкии в послепожарных лиственничниках, сформировавшихся на склонах разной экспозиции, были проведены исследования по формированию и трансформации в них запасов углерода в напочвенном покрове.

**Цель исследований.** Изучить запас органического вещества напочвенного покрова в лиственничниках криолитозоны Средней Сибири в зависимости от экспозиции склона.

**Задачи исследований.** Определить запас органического вещества в живом напочвенном покрове и подстилке, а также качественный состав органического вещества подстилок в постпирогенных лиственничниках криолитозоны Центральной Эвенкии.

**Объекты и методы исследований.** Исследования выполнены в криолитозоне Центральной Эвенкии в низовьях р. Кочечум – правого притока р. Н. Тунгуска (64°18' с.ш., 100°11' в.д.). В связи с тем, что пожары – неотъемлемый фактор лесных территорий этого региона, то все изучаемые лиственничные насаждения пирогенного происхождения.

Для выполнения поставленных задач подобраны лиственничники постпирогенного происхождения в возрасте от 30 до 180 лет, возобновившиеся в разные годы после прохождения пожара на северных и южных склонах. Возраст гарей определяли по подсушинам на спилах лиственниц.

На всех пробных площадях заложены 20-метровые трансекты, где фиксировался микрорельеф, а в его элементах (буграх пучения и западинах) в 3-кратной повторности были заложены учетные площадки (20 x 25 см), на которых проведен учет запасов живого напочвенного покрова (ЖНП) и подстилки.

В лабораторных условиях образцы подготавливались к анализам по методу Растворовой [5]. В подстилках определяли качественный состав почвенного органического вещества (ПОВ) по потере массы при последовательном прокаливании образцов в течение 2 ч в муфельной печи в диапазоне температур 150–600°C. Во всех случаях предварительно высушенные до абсолютно сухого состояния (а.с.м.) образцы брали в 2-кратной повторности.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В условиях Центральной Эвенкии были проведены исследования в лиственничниках, расположенных на склонах разной экспозиции. В результате изучения температурного режима в этом регионе отмечена значительно меньшая степень прогревания северных склонов по сравнению с южными, что связано с разной степенью поступления солнечной радиации. Так, если на северные склоны поступает около 70 %, то на южные более 90 % от общей солнечной радиации [8]. Изучаемые лиственничники представлены в основном кустарниково-зеленомошно-лишайниковой группой типов леса, для которых свойственна низкая продуктивность древостоев (Va – Vb бонитетов), лесотаксационная характеристика которых приведена в таблице.

**Характеристика лиственничников на склонах разной экспозиции**

| Экспозиция склона | Тип леса и почвы  | Возраст древостоя, лет | Давность пожара, лет | Среднее          |                | Полнота | Запас древесины, м³/га | Масса стволов, т/га * | Запас углерода, кг/га |
|-------------------|---|------------------------|----------------------|------------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                   |   |                        |                      | D <sub>1,3</sub> | H <sub>m</sub> |         |                        |                       |                       |
| Северный          | Лиственничник багульниково-зеленомошный, криозем тиксотропный                       | 34                     | 44                   | 5,7              | 7,6            | 0,45    | 42,0                   | 22,05                 | 11,02                 |
|                   | Лиственничник багульниково-голубичный зеленомошный, криозем тиксотропный            | 73                     | 76                   | 5,5              | 6,1            | 0,22    | 16,1                   | 13,70                 | 6,85                  |
|                   | Лиственничник багульниково-зеленомошный, криозем тиксотропный                       | 138                    | 156                  | 10,9             | 11,2           | 0,55    | 79,2                   | 41,58                 | 20,79                 |
|                   | Лиственничник багульниково-бруснично-зеленомошный тиксотропный                      | 180                    | 190                  | 5,2              | 8,2            | 0,75    | 75,3                   | 40,06                 | 20,03                 |
| Южный             | Лиственничник брусничково-зеленомошный, криозем тиксотропный                        | 50                     | 52                   | 9,2              | 11,2           | 0,51    | 74,0                   | 38,85                 | 19,42                 |
|                   | Лиственничник багульниково-лишайниково-зеленомошный, криозем тиксотропный           | 58                     | 60                   | 6,0              | 7,6            | 0,39    | 36,4                   | 18,1                  | 9,56                  |
|                   | Лиственничник багульниково-лишайниково-зеленомошный, криозем тиксотропный           | 78                     | 80                   | 14,7             | 9,4            | 0,80    | 97,0                   | 50,92                 | 25,46                 |
|                   | Лиственничник багульниково-бруснично-лишайниково-зеленомошный, криозем тиксотропный | 186                    | 195                  | 9,9              | 4,9            | 0,34    | 20,7                   | 10,87                 | 5,43                  |

\*Масса ствола определялась по [1].

В связи с вышесказанным на склонах северной экспозиции температура верхнего 0–30 см слоя составляет +4–1,5°C, а уровень мерзлоты в большинстве случаев не опускается ниже 40 см (рис. 1).

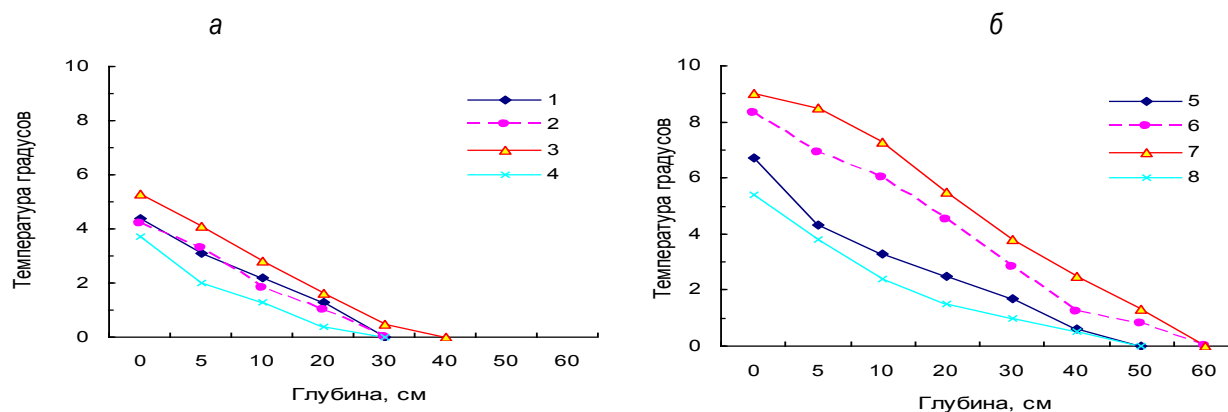


Рис. 1. Температура почвы в послепожарных лиственничниках на северном (а) и южном (б) склонах: 1 – 34-летние древостои, 2 – 73-, 3 – 138-, 4 – 180-, 5 – 50-, 6 – 58-, 7 – 78-, 8 – 186-летние древостои

Анализ процесса накопления живого напочвенного покрова (ЖНП) показал, что его запасы в лиственничниках зависят как от экспозиции, так и от возраста гари. Так, на северных склонах его запасы составляют от 807,4 до 1884,9 г/м<sup>2</sup>, в то время как на южных от 747,2 до 1504,9 г/м<sup>2</sup>. Во всех случаях его запасы с возрастом древостоев возрастают (рис. 2).

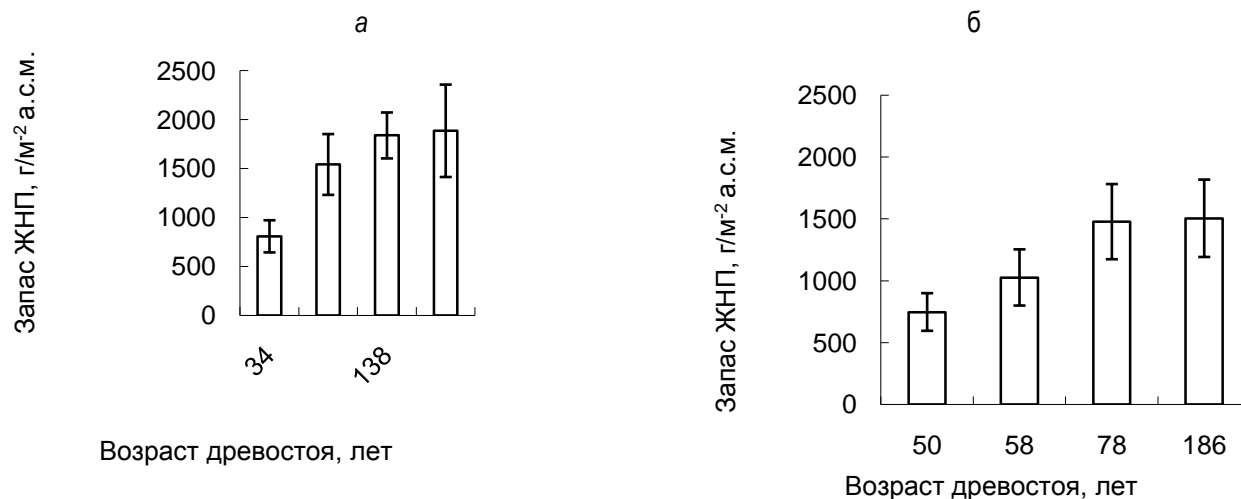


Рис. 2. Запасы живого напочвенного покрова в послепожарных лиственничниках на северных (а) и южных (б) склонах, г/м<sup>2</sup> а.с.м.

Вероятно, на южных склонах, как более теплообеспеченных, снижена влажность субстрата, регулирующая интенсивность роста нижних ярусов в насаждении. В то же время на северных склонах, отличающихся большей увлажненностью в течение всей вегетации, создаются более оптимальные условия для интенсивного роста мохово-лишайникового покрова. Данные условия стимулируют ветвление мхов, приводящее к образованию более плотных подушек, сохраняющих влагу. В условиях южных склонов уменьшение прироста компенсируется увеличением плотности мохового покрова, что приводит к увеличению биомассы ЖНП.

Процесс накопления ЖНП в послепожарных лиственничниках на склонах разной экспозиции также существенно зависит и от микрорельефа, определяющего гидротермический режим и являющегося основным фактором скорости формирования и роста мохово-лишайникового покрова. Так, в микроповышениях как на южных, так и на северных склонах, в результате более интенсивного прогревания и пересыхания верхнего субстрата в течение вегетации запасы ЖНП меньше, и в зависимости от возраста древостоев на южных

склонах составляют от 498,5 до 1430,3 г/м<sup>2</sup>, а на северных с несколько меньшим прогреванием и увлажнением от 624 до 1662,4 г/м<sup>2</sup>.

Запасы живого напочвенного покрова в микропонижениях на южных и северных склонах всегда выше, чем в микроповышениях, и составляют от 1005,5 до 1807,4 г/м<sup>2</sup> на южных и от 1051,4 до 2107,4 г/м<sup>2</sup> а.с.м – на северных склонах.

Формирование подстилки и ее запасов также в значительной степени зависит от гидротермических условий, сложившихся на склонах разной экспозиции. В свою очередь подстилка, являясь главным запасом детрита в лесных экосистемах северной тайги, в значительной степени сама определяет гидротермические и химические свойства корнеобитаемого слоя и оказывает существенное влияние на функционирование лесного биогеоценоза.

Накопление подстилки в лиственничниках, также как и ЖНП, происходит преимущественно на склонах северной экспозиции и составляет от 1142,4 до 2250,5 г/м<sup>2</sup>, в то время как на южных всего от 963,2 до 1554,3 г/м<sup>2</sup> (рис. 3). Данные различия обусловлены гидротермическими условиями, способствующими не только развитию живого напочвенного покрова на северных склонах, но и снижению скорости минерализации детрита, что приводит к его накоплению.

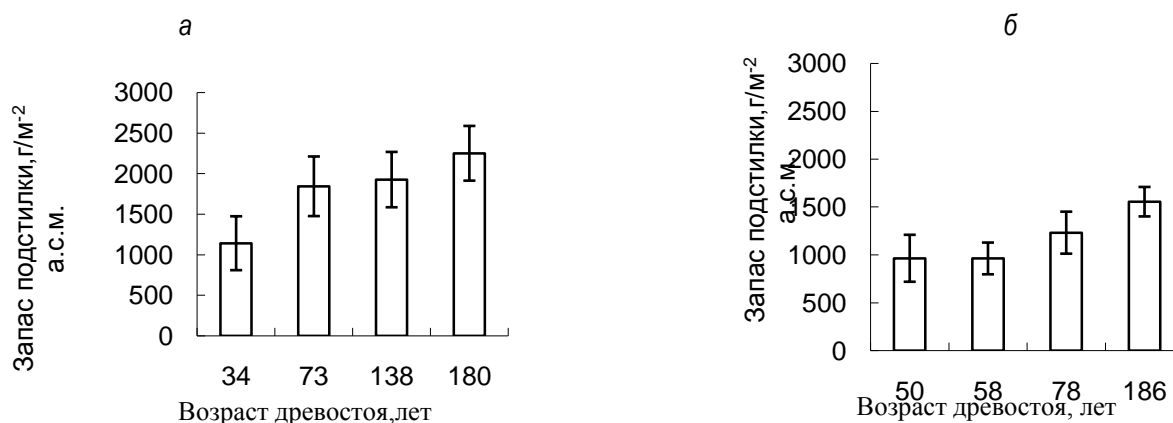


Рис. 3. Запасы подстилок на северных (а) и южных (б) склонах, г/м<sup>2</sup> а.с.м.

Так, во всех случаях в микропонижениях на северных склонах более высокое накопление подстилки, чем на южных, и составляет в зависимости от возраста послепожарных древостоев от 1393,6 до 2945,7 и от 986 до 1949,8 г/м<sup>2</sup> соответственно. Микроповышения как на северных, так и на южных склонах, значительно отличаются меньшими запасами подстилки. Однако в этих элементах рельефа их запасы на южных склонах ниже, чем на северных, и составляют от 797,2 до 1158,8 и от 891,3 до 1854,3 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Известно, что по потере массы при прокаливании органического вещества можно судить о его качественном составе и возрасте в подстилках [6, 2].

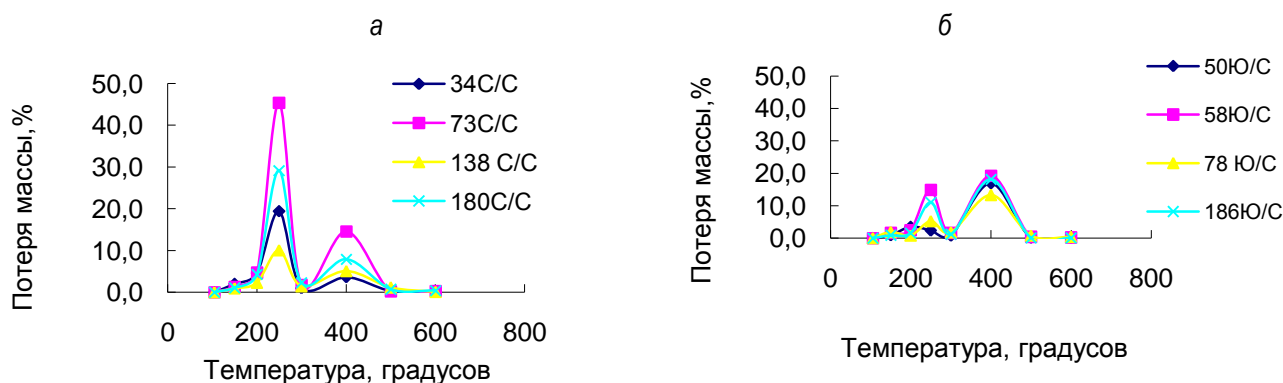


Рис. 4. Потеря массы органического вещества подстилок при прокаливании на северном (а) и южном (б) склонах, % от а.с.м.

Проведенный анализ показал, что потеря органической массы подстилок характеризуется тремя пиками. Первый пик наблюдается в диапазоне температур 100–150°C, который характерен как для склонов южной, так и северной экспозиции. Данный пик связан с удалением конституционной воды. Значительная потеря массы для склонов северной экспозиции наблюдается в диапазоне температур 200–250°C. Пик потери массы указывает на присутствие слабоустойчивых к нагреванию углеводов, гемицеллюлоз, целлюлоз, причем разлагаются сначала менее термоустойчивые гемицеллюлозы, а затем собственно целлюлоза [2].

Для склонов южной экспозиции максимальная потеря массы характерна в температурном интервале от 300 до 500°C. В этой области происходит разложение важных структурных компонентов опада – структурированной и аморфной целлюлозы, а также более устойчивых соединений – лигнина или лигноцеллюлозы.

**Заключение.** В зависимости от экспозиции склонов в напочвенном покрове постпирогенных лиственных лесов идут специфические биогенные процессы, приводящие к формированию органического вещества с разным количественным и качественным составом. Накопление запасов подстилок, так же, как и живого напочвенного покрова, происходит преимущественно на склонах северной экспозиции. Они достигают здесь от 1142,4 до 2250,5 г/м<sup>2</sup>, в то время как на южных их запасы составляют всего от 963,2 до 1554,3 г/м<sup>2</sup> соответственно. Данные различия обусловлены гидротермическими условиями, степенью развития живого напочвенного покрова и скоростью минерализации опада.

Согласно полученным данным, запас подстилки в микропонижениях северных склонов превышает таковой на южных и составляет от 1393,6 до 2945,7 и от 986 до 1949,8 г/м<sup>2</sup> соответственно. Это объясняется тем, что в менее благоприятных условиях в процессе замедленной деструкции органического материала накапливаются больше промежуточных продуктов разложения в виде низкомолекулярных органических кислот, снижающих минерализацию мортмассы. Однако их запасы в микроповышениях южных склонов значительно ниже, чем на северных склонах, и составляют от 797,2 до 1158,8 и от 891,3 до 1854,3 г/м<sup>2</sup> соответственно. Проведенный анализ позволил охарактеризовать динамику накопления подстилок в разновозрастных лиственных лесах в зависимости от давности пожара, микрорельефа и их местопроизрастания на склонах разной экспозиции.

Таким образом, можно предположить, что органическое вещество подстилок на склонах северной экспозиции в связи с неблагоприятными условиями для процессов деструкции больше накапливается «свежими» фракциями и в меньшей степени продуктами гумификации. Сочетание теплообеспеченности, увлажнения и хорошего дренажа на южных склонах приводит к меньшему накоплению органического вещества в подстилках и представлено преимущественно структурированной и аморфной целлюлозой, а также более устойчивыми соединениями, например, лигнина или лигноцеллюлозы.

В целом северные склоны постпирогенных лиственных лесов можно рассматривать как модель формирования ОВ в лиственных лесах при глобальном похолодании, а южные при потеплении климата.

### Литература

1. 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.
2. Кошелева Ю.П., Трофимов С.Я. Особенности биохимического состава растительного опада разной степени разложенности (по данным термического анализа) // Изв. РАН. Сер. Биол. – 2008. – № 1. – С. 77–83.
3. Поздняков Л.К. Гидроклиматический режим лиственных лесов Центральной Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 144 с.
4. Поступление растворенного органического углерода в почву в условиях сплошной мерзлоты Средней Сибири / А.С. Прокушкин, И.В. Гавриленко, С.Г. Прокушкин [и др.] // Лесоведение. – 2005. – № 5. – С. 41–46.
5. Химический анализ почв: учеб. пособие / О.Г. Растворова, Д.П. Андреев, Э.И. Гагарина [и др.]. – СПб., 1995. – 264 с.
6. Fernandez I., Cabaneiro A., Carballas T. Thermal resistance to high temperatures of different organic fraction from soils under pine forests // Soil Biol Biochem. – 2001. – Vol. 104. – P. 281–298.
7. Controls over carbon storage and turnover in high-latitude soils / S.E. Hobbie, J.P. Schimel, S.E. Trumbore [et al.] // Global Change Biology. – 2000. – Vol. 1. – P. 196–210.
8. Van Cleve K., Powers R.F. Soil carbon, soil formation and ecosystem development // Carbon forms and functions in forest soils, soil science society of America. – 1995. – P. 155–196.