

Оценка эмиссий углерода при пожарах на вырубках в хвойных лесах Центральной и Южной Сибири

А. В. БРЮХАНОВ, С. В. ВЕРХОВЕЦ

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок*

АННОТАЦИЯ

Площади необлесившихся вырубок в Сибири увеличиваются с каждым годом. Запас напочвенных горючих материалов на них нередко достигает 120 т/га. При этом 70 % пожаров возникает именно на этих площадях, что оказывает существенное влияние на баланс углерода в экосистеме. Наши исследования проводились на сплошных лесосечных вырубках в хвойных лесах Нижнего Приангарья, Енисейского края и Восточного Саяна.

Оценка полноты сгорания биомассы показала, что при III–IV классах пожарной опасности по условиям погоды пожарные эмиссии составляют 20–28 т/га, при V классе – 30–35, а “консервация” углерода при этом – 15–35 т/га. Скорость послепожарного депонирования углерода зависит от успешного лесовосстановления, которое определяется дальнейшим типом зарастания вырубки и наличием источников обсеменения.

В настоящее время на нашей планете наблюдается глобальное изменение климата. С каждым годом средняя температура воздуха у поверхности Земли увеличивается на 0,2 °С. Это так называемый парниковый эффект, вызванный повышенным содержанием окислов углерода в атмосфере. Потепление климата приводит к увеличению природных стихийных бедствий: наводнений, сходов лавин и оползней, смерчей и тайфунов и, наконец, к самой серьезной проблеме – увеличению уровня воды в мировом океане и как следствие – к затоплению большой прибрежной территории многих стран. Ученые объясняют парниковый эффект снижением толщины озонового слоя над нашей планетой и увеличившейся за последние десятилетия концентрацией углекислого газа в атмосфере. Эти неблагоприятные явления обуславливаются выбросами промышленных предприятий, транспорта, циклическими природными изменениями и т.д.

Значительную долю в увеличение концентрации углерода в атмосфере Земли вносят

и лесные пожары [1, 2]. Суммарное количество эмиссий от лесных пожаров сопоставимо с промышленными выбросами. Для пояса северных бореальных лесов (Россия, Канада, Аляска) на их долю приходится от 15 до 60 % от общего энергетического сектора. Так, только от лесных пожаров в Канаде в атмосферу поступает в среднем $30\text{--}40 \cdot 10^6$ т углерода в год, а учитывая то, что в России и США площади лесных пожаров не уступают канадским (1–6 млн га в год), можно представить себе их роль в процессе потепления климата на нашей планете.

При полном сгорании 1 т лесных горючих материалов (ЛГМ) расходуется в среднем 3,5 т O₂, а в атмосферу поступает 1,8 т CO₂, 0,06 т CO и 0,5 т H₂O. В условиях лесных пожаров горючие материалы полностью не сгорают, из-за этого в результате реакций кроме CO₂ образуются CO, CH₄ и другие углеводороды.

В большинстве публикаций, оценивающих размер эмиссий при лесных пожарах, приводятся цифры, рассчитанные по запасам

ЛГМ для древостоев [3–5], в то время как площади необлесившихся вырубок увеличиваются с каждым годом и в настоящее время только в Сибири занимают около 10 млн га.

Общепризнано, что вырубки являются одними из наиболее пожароопасных участков лесной территории, и до 70 % всех пожаров возникает именно на их площади с последующим переходом на окружающие древостои. Тем самым пожары, возникающие на вырубках, оказывают существенное влияние на баланс углерода в экосистеме борельных лесов Сибири.

В настоящее время в нашей стране данные по эмиссиям углеводородов рассчитываются в усредненном виде как по запасу ЛГМ, так и по интенсивности горения. Цель наших исследований – основываясь на более дифференцированной оценке интенсивности горения, оценить влияние лесных пожаров на вырубках в лесах Сибири на эмиссию и депонирование углерода.

Интенсивность горения на участке определяется, прежде всего, погодными условиями, обуславливающими увлажнение и высыхание ЛГМ. Не один метеорологический фактор в отдельности не может точно прогнозировать наступление пожарной зрелости участка, будь то температура или влажность воздуха, количество выпавших осадков или скорость ветра. Наиболее полно изменение погоды характеризуется величиной комплексного показателя пожарной опасности (КППО), который служит многофакторной оценкой метеоданных. В зависимости от величины КППО делится на пять классов пожарной опасности (КПО). Тесная взаимосвязь между величиной КППО и полнотой сгорания ЛГМ (выделяемых эмиссий) позволила нам взять величину КПО за основу оценки предполагаемых эмиссий при лесных пожарах на вырубках.

Большая часть вырубок расположена в районах Центральной и Южной Сибири, где интенсивная промышленная заготовка древесины ведется в течение последних семи десятилетий. Наши исследования проводились на сплошных лесосечных вырубках в хвойных лесах Нижнего Приангарья (Усольский лесхоз), Енисейского края (Большемуртинский и Казачинский лесхозы) и Восточного Саяна (Маганский и Манский лесхозы), которые характеризуются повышенной горимостью (см. таблицу).

Выявлено, что запасы ЛГМ на вырубках во всех трех регионах значительны и обуславливают более высокую природную пожарную опасность вырубок по сравнению с окружающими древостоями. Запасы углерода рассчитаны на основе проведенных измерений биомассы для равнинных темнохвойных лесов на 15 вырубках, для горных темнохвойных лесов – на 23 и для светлохвойных лесов – на 10 вырубках. Заготовка древесины во всех трех районах велась по одинаковой технологической схеме, существенное различие в биомассе ЛГМ на вырубках объясняется только различием в породном составе древостоев до рубки.

При подборе объектов использованы лесоустроительные материалы: таксационные описания, таблицы распределения выделов по типам леса, планы лесонасаждений. По этим материалам отобраны репрезентативные для данного региона вырубки, сгруппированные по признаку их давности: до 3 лет, 4–5, 6–10 и более 10 лет [6]. Для определения типов вырубок использовалась методика И. С. Мелехова [7].

Запасы проводников горения I и II групп (подстилка, опад, мхи и лишайники) опре-

Средние многолетние (1980–1996) данные по горимости лесов в районах исследований

Название лесхоза	Средняя многолетняя площадь пожаров, га/год	Фактическая горимость, га/100 тыс. га в год	Средние запасы ЛГМ, т/га
Маганский	1405	824	116
Манский	2418	584	120
Казачинский	271	73	145
Большемуртинский	80	18	153
Усольский	324	44	98

делялись по методике Н. П. Курбатского [8]. Для определения запасов порубочных остатков (проводники III группы) и валежа использована методика Ван-Вагнера [9], усовершенствованная Брауном [10]. Для уменьшения ошибок, связанных с выбором направления трансекты, запас порубочных остатков определялся пересчетом ЛГМ вдоль сторон равностороннего треугольника [11].

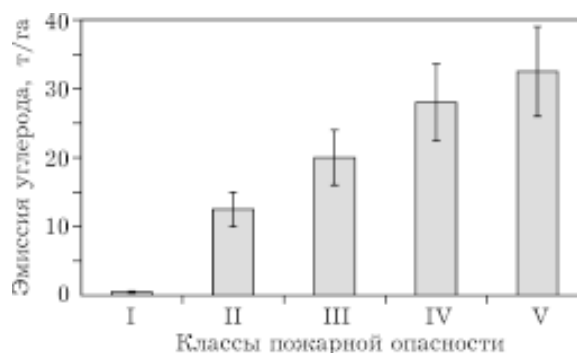
Во время горения порубочных остатков на вырубке определялись высота пламени и скорость распространения горящей кромки, а также время пламенного горения. Метеонаблюдения (измерение температуры и влажности воздуха, а также определение скорости и направления ветра на высоте 2 м) во время выжиганий проводились через каждый час. Полнота сгорания слоев порубочных остатков и подстилки определялась по Г-образным штырям. Запасы механического недожога и золы учитывались с площадок 20×25 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство пожаров (до 40 %) на вырубках возникает в мае после схода снежного покрова. Этому способствуют большие запасы сухой прошлогодней травы. В начале июля наблюдается значительное снижение пожароопасности в связи с разрастанием вегетирующей растительности. Однако из-за больших запасов порубочных остатков вырубки остаются пожароопасными в течение всего сезона.

Наибольший запас биомассы зафиксирован в равнинных темнохвойных лесах Енисейского края – в среднем 145 т/га. В горных хвойных лесах Восточного Саяна средние запасы ЛГМ достигают 120 т/га. Наименьшие запасы ЛГМ выявлены в равнинных хвойных лесах Нижнего Приангарья – в среднем 100 т/га. Соответственно средний запас углерода для этих районов составил 73, 60 и 50 т/га.

Благодаря применению технологии контролируемых выжиганий появилась возможность оценить полноту сгорания горючих материалов, а следовательно, и эмиссий углерода в зависимости от типа вырубок и погодных условий (класса пожарной опаснос-



Эмиссия углерода при горении в различных погодных условиях.

ти). Величина эмиссии углерода при пожарах определяется интенсивностью горения, которая, в свою очередь, зависит прежде всего от погодных условий, влияющих как прямо (температура и влажность воздуха, ветер при горении), так и косвенно, обуславливая влагосодержание ЛГМ и полноту их сгорания.

При проведении выжиганий выявлена тесная взаимосвязь ($R = 0,74-0,82$) между КПО и средней интенсивностью горения на участке. Интенсивность горения рассчитывалась по формуле Байрама [12].

Оценка полноты сгорания биомассы показала, что при I классе пожарной опасности горение на вырубках практически невозможно из-за высокого влагосодержания ЛГМ (см. рисунок). При II классе пожарной опасности возможно лишь слабое горение с полнотой сгорания ЛГМ 20–30 т/га и эмиссией углерода 10–15 т/га. Выявлено, что при III–IV классах пожарной опасности по условиям погоды пожарные эмиссии составляют 20–28, при V классе – 30–35 т/га. “Консервация” углерода при этом составляет 15–35 т/га.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенных исследований не установлено существенных различий между полнотой сгорания порубочных остатков на вырубках в светло- и темнохвойных лесах при одинаковых погодных условиях.

Выявлено, что скорость послепожарного депонирования углерода зависит от успешного лесовосстановления, которое определяется дальнейшим типом зарастания вырубки

(доминирование вейниковых видов трав или кипрея) и наличием источников обсеменения. Несмотря на то что при пожарах высокой интенсивности происходит большой разовый выброс углерода в атмосферу (до 25–35 т/га), в дальнейшем за счет снижения захламленности поверхности вырубki порубочными остатками и уменьшения мощности слоя подстилки происходит снижение и пожароопасности вырубki, а также улучшение начальных условий лесовосстановления. Особенно это актуально для свежих вырубок (давность рубки до 3 лет), где после высокоинтенсивных пожаров идет зарастание кипреем или осинкой (если она была в составе древостоя до рубки). Эти два типа зарастания вырубок являются наименее пожароопасными и обеспечивают наиболее благоприятные условия для возобновления хвойных пород.

На участках, пройденных слабым пожаром (интенсивностью горения до 5000 кВт/м), сгорают только мелкие порубочные остатки (до 2,5 см) и опад, а подстилка остается нетронутой огнем. Сохранившийся мощный слой лесной подстилки (5–10 см) приводит к тому, что поверхность вырубki задерживается злаками, с доминированием вейника в покрове. Вейниковые вырубki являются одними из самых пожароопасных участков лесной площади, которые при наличии источников огня могут гореть каждый год. В результате этого с вейниковых вырубок возможны ежегодные эмиссии углерода в 8–12 т/га. Кроме этого, задерживая почву и мешая росту молодых хвой-

ных деревьев, вейники затягивают процесс лесовосстановления, а как следствие – депонирования углерода.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Алексеев, Р. Бердси, Углерод в экосистемах лесов и болот России, Красноярск, 1994, 170.
2. B. D. Amiro, J. D. Todd, B. M. Wotton et al, *Can. J. Forest Res.*, 2001, **31**: 3, 512–525.
3. М. А. Софронов, А. З. Швиденко, И. Г. Голдаммер, А. В. Волокитина, *Лесоведение*, 2000, 4, 3–8.
4. С. Г. Конард, Г. А. Иванова, Там же, 1998. 3, 28–35.
5. Н. В. Выводцев, Материалы Международной науч.-практ. конф. “Охрана лесов от пожаров в современных условиях”, Хабаровск, 27–29 марта, Хабаровск, 2002, 180–185.
6. А. В. Побединский, Изучение лесовосстановительных процессов (Методические указания), Красноярск, ИЛИД СО АН СССР, 1962.
7. И. С. Мелехов, Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними, М., Лесн. пром-сть, 1965, 5–25.
8. Н. П. Курбатский, Вопросы лесной пирологии, Красноярск, ИЛИД СО АН СССР, 1970, 5–58.
9. J. K. Brown, P. J. Roussopoulos, *Forest Sci.*, 1974, 20, 250–256.
10. J. K. Brown, R. D. Oberheu, C. M. Johnston, Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in the Interior West. Gen. Tech. Rep. INT-129. Ogden, UT: U.S.D.A., Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1981.
11. D. J. McRae, M. E. Alexander, B. J. Stocks, Measurement and Description of Fuels and Fire Behavior on Prescribed Burns: a Handbook. Rep. OX-287. – Sault Ste. Marie, Ontario, Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., 1979.
12. G. M. Byram, Forest Fire Control and Use. New York, Toronto, London, McGraw-Hill Book Co, Inc., 1959, 61–89.

Estimation of Carbon Emissions in Fires on Cuttings in Coniferous Forests of Central and South Siberia

A. V. BRYUKHANOV, S. V. VERKHOVETS

Areas of unreforested fellings in Siberia increase every year. The reserve of surface burning materials in them is often as large as 120 ton/ha. Therein, 70 % of fires arise in these areas, which exerts a strong influence on the carbon balance in the ecosystem. Our studies were carried out in continuous fellings in coniferous forests of the lower reaches of the Angara, Yenisei range and East Sayan. Estimation of biomass burning has demonstrated that in classes III - IV of fire hazard by weather conditions, fire emissions amounted to 20–28 ton/ha, in class V it was 30–35 ton/ha. Carbon “conservation” therein amounted to 15–35 ton/ha. The rate of the post-fire deposition of carbon depends on the success of reforestation which is determined by the further type of felling overgrowing and the availability of seed sources.