



УДК 630.161.32:582.47(571.53)

Карты фотосинтетического стока углерода хвойных на территории Иркутской области

А. Т. Деловеров, Г. Г. Суворова, Л. Д. Копытова, Л. С. Янькова,
В. В. Осколков, А. К. Филиппова

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

E-mail: deloverov@gmail.com

Аннотация. Рассчитан фотосинтетический потенциальный сток углерода в хвойные древостои на территории Иркутской области для периода 1995–2006 гг. и отдельно для засушливого периода 2003 г. и оптимального периода 2004 г. Величины сезонной продуктивности фотосинтеза и прироста биомассы разных видов хвойных изменяются до 5 раз в зависимости от условий сезона вегетации. Построены карты фотосинтетического стока углерода в древостои трех видов хвойных для исследованных периодов. Карты отражают изменчивость сезонной продуктивности фотосинтеза и годичного потенциального стока углерода в зависимости от условий вегетации и вида хвойного дерева.

Ключевые слова: хвойные, экосистемы, сток углерода, фотосинтез, прирост биомассы, ГИС.

Хвойные леса, являясь одними из наиболее распространенных на территории Иркутской области и России наземных экосистем, имеют очень высокое хозяйственно-практическое и экологическое значение и играют огромную роль в ассимиляции техногенного и биогенного углерода в атмосфере. Для экосистем хвойных лесов одними из наиболее важных показателей их устойчивости и биологической продуктивности являются величины их фотосинтетической активности и фотосинтетического стока углерода. В связи с этим возникает необходимость изучения этих процессов в условиях глобального изменения климата. Геоинформационные (ГИС) технологии являются одними из наиболее удобных, эффективных и мощных средств решения задач исследования природных процессов, протекающих в экосистемах большого масштаба.

В связи с этим целью нашей работы было создание карт фотосинтеза и стока углерода в древостои трех видов хвойных на территории Иркутской области: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.).

Работа выполнялась в лаборатории биоиндикации экосистем СИФИБР СО РАН. Фотосинтетическую активность хвойных исследовали в насаждении на окраине г. Иркутска с 1995 по 2006 годы методом ИК-газоанализа.

Параллельно с измерением интенсивности фотосинтеза автоматически регистрировали факторы среды.

Сезонную фотосинтетическую продуктивность хвойных древостоев на территории области определяли с учетом методических указаний и данных, опубликованных ранее [3]. Дневную продуктивность фотосинтеза рассчитывали по часовым значениям [6]. Месячную продуктивность получали умножением среднедневной на количество дней в месяце, а сезонную – суммированием месячных значений продуктивности. Продуктивность фотосинтеза на территорию рассчитывали как произведение всей сухой массы хвои на территории на сезонную продуктивность фотосинтеза, выраженную в массе поглощенного CO_2 на единицу сухой массы хвои. Продуктивность фотосинтеза за вегетацию для деревьев данного возраста рассчитали, исходя из данных об изменении интенсивности фотосинтеза в зависимости от возраста дерева [7] по следующим коэффициентам: 0,59 – для сосны, 0,69 – для лиственницы и 0,65 – для ели. Исходя из данных о среднем возрасте и классе бонитета хвойных древостоев Иркутской области [5], абсолютно сухую массу хвои на 1 га для лиственницы приняли равной 2,6 т [9], для сосны и ели определили (с учетом коэффициентов перевода 0,78 и 0,48) равными 0,6 и 0,46 т соответственно [2; 3].

Карты фотосинтеза построены при помощи геоинформационной системы ArcView. Для построения карт фотосинтеза за основу в качестве слоя лесов был взят электронный вариант Карты лесов Российской Федерации, окрашенной по преобладающим группам пород деревьев и сомкнутости древесного полога [1], из которой были выделены слои распространения сосновых, лиственничных и темнохвойных лесов. Для построения карт стока углерода в еловые древостои было сделано допущение, что пространственное распространение еловых лесов совпадает с обозначенной на карте территории распространения темнохвойных лесов.

Вегетационные сезоны 1995–2006 годов различались по своим погодно-климатическим условиям. На протяжении этого периода чередовались теплые влажные, сухие жаркие, умеренно теплые и умеренно влажные сезоны. Это привело к различиям в величине полученных нами данных о сезонной продуктивности фотосинтеза в эти годы: для сосны диапазон колебаний составил от 1,9 до 6,83 г CO₂ г⁻¹·сезон⁻¹ при среднем значении 3,82; для ели от 0,9 до 7,09 г CO₂ г⁻¹·сезон⁻¹ при среднем значении 2,76; для лиственницы от 4 до 11,86 г CO₂ г⁻¹·сезон⁻¹ при среднем значении 7,88.

Для определения фотосинтетического потенциального стока углерода в хвойные древостои на территории Иркутской были сделаны следующие допущения: фотосинтез протекает одинаково на всей территории области; леса на

территории области соответствуют одному классу возраста 100–120 лет [5]; климатические условия на территории области примерно одинаковы; с учетом возраста древостоев средние за 11 лет значения сезонной продуктивности фотосинтеза, принимаемые в расчет, составляют для сосны 2,26, для ели – 1,8 и для лиственницы – 5,35 г CO₂ г⁻¹ сухой массы хвои за сезон.

Расчет годичного прироста биомассы произведен с учетом того, что в среднем 45 % (40–50 %) от ассимилированного CO₂ у хвойных расходуется на формирование биомассы [8]. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Для исследования динамики потенциального стока углерода в условиях почвенной засухи и в оптимальных условиях увлажнения были произведены аналогичные расчеты для 2003 и 2004 годов, существенно отличающихся по количеству осадков и теплообеспеченности. Вегетационный сезон 2003 г. был засушливым и жарким, а 2004 г. – дождливым, но с превышением среднемноголетнего уровня солнечной радиации.

Анализ полученных данных (табл. 2), показывает, что в зависимости от условий вегетационного сезона величина фотосинтетической продуктивности и соответственно потенциального стока углекислоты колеблется в значительных пределах. Для сосны эти пределы составляют от 6 до 17 т CO₂ га⁻¹, для лиственницы от 9,5 до 14 т CO₂ га⁻¹, и для ели от 11 до 55 т CO₂ га⁻¹.

Таблица 1
Расчетные значения сезонной продуктивности и прироста биомассы хвойных на территории Иркутской области по среднемноголетним данным

	Сосна	Лиственница	Ель	Сумма
Занимаемая площадь, га	15 063 200	17 425 000	3 245 000	–
Сухая масса хвои на территорию, т	78391303	45305000	38511660	–
Продуктивность фотосинтеза на территорию, т CO ₂	177421729,359	242160002,618	69431131,348	489012863,325
Продуктивность фотосинтеза на территорию, т С	44355432,34	60540000,655	17357782,837	122253215,831
Продуктивность фотосинтеза, т CO ₂ га ⁻¹	11,778	13,897	21,396	–
Продуктивность фотосинтеза, т С га ⁻¹	2,945	3,474	5,349	–
Прирост биомассы, т CO ₂ га ⁻¹	5,300	6,254	9,628	–
Прирост биомассы, т С га ⁻¹	1,325	1,563	2,407	–

Таблица 2

Расчетные значения сезонной продуктивности и прироста биомассы хвойных на территории Иркутской области в условиях засушливого (2003 г.) и оптимально влажного сезона (2004 г.)

	Сосна	Лиственница	Ель	Сумма
<i>2003</i>				
Занимаемая площадь, га	15 063 200	17 425 000	3 245 000	–
Сухая масса хвои на территорию, т	78391303	45305000	38511660	–
Продуктивность фотосинтеза на территорию, т CO ₂	92972085,254	165870666,0	35261275,896	294104027,15
Продуктивность фотосинтеза, т CO ₂ га ⁻¹	6,172	9,519	10,866	–
Прирост биомассы, т С га ⁻¹	0,694	1,071	1,222	–
<i>2004</i>				
Занимаемая площадь, га	15063200	17425000	3245000	–
Сухая масса хвои на территорию, т	78391303	45305000	38511660	–
Продуктивность фотосинтеза на территорию, т CO ₂	259856978,28	245427152,1	178573175,79	683857306,172
Продуктивность фотосинтеза, т CO ₂ га ⁻¹	17,251	14,085	55,030	–
Прирост биомассы, т С га ⁻¹	1,941	1,585	6,191	–

Величины сезонной продуктивности фотосинтеза и прироста биомассы разных видов хвойных изменяются до 5 раз в зависимости от условий сезона вегетации. Меньшие амплитуды изменений этих показателей у сосны и лиственницы по сравнению с елью говорят о более широкой экологической валентности этих пород. В то же время, высокая продуктивность фотосинтеза ели в оптимально влажный сезон может говорить о ее большей экологической специализации в связи с приспособленностью к более увлажненным местообитаниям. Сравнение карт фотосинтетического стока углерода засушливого 2003 и оптимально влажного 2004 годов показало отчетливую разницу стока в зависимости от вида хвойного дерева. Сосна создает высокий сток углерода главным образом за счет стабильной фотосинтетической активности (рис. 1), лиственница – за счет ее более широкого распространения по сравнению с другими хвойными, ель – за счет большой ассимилирующей массы и способности увеличивать в несколько раз фотосинтез во влажные годы. Построенные карты позволяют оценить изменчивость сезонной продуктивности фотосинтеза и годового потенциального стока углерода в зависимости от условий вегетации и в дальнейшем перейти к прогнозу динамики потенциального стока углерода при различных природных и антропогенных воздействиях.

Литература

1. Барталев С. А. Карта лесов Российской Федерации, окрашенная по преобладающим группам пород деревьев и сомкнутости древесного полога / С. А. Барталев, Д. В. Ершов, А. С. Исаев и др. – М., 2004. – 1 с.
2. Грошев Б. И. Лесотаксационный справочник / Б. И. Грошев, С. Г. Сеницын, П. И. Мороз и др. – М. : Лесн. пром-сть, 1980. – 288 с.
3. Деловеров А. Т. Сток углерода – гарант продуктивности хвойных лесов / А. Т. Деловеров, Г. Г. Суворова // Лесная Россия. – 2008. – № 23. – С. 46–50.
4. Климат Иркутска / ред. Н. А. Швер, Н. П. Форманчук – Л. : Гидрометеоздат, 1981. – 246 с.
5. Леса и лесное хозяйство Иркутской области / Л. Н. Вашук, Л. В. Попов, Н. М. Красный и др.; под ред. Л. Н. Вашука. – Иркутск, 1997. – 288 с.
6. Лонг С. П. Измерение ассимиляции CO₂ растениями в полевых и лабораторных условиях / С. П. Лонг, Д. Е. Холлгрэн // Фотосинтез и биопродуктивность : методы определения / под ред. А. Т. Мокроносова – Москва : ВО Агропромиздат», 1989. – С. 115.
7. Суворова Г. Г. Фотосинтез и рост хвойных лесостепного Предбайкалья : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Г. Г. Суворова. – Иркутск, 1992. – 23 с.
8. Углекислотный газообмен хвойных Предбайкалья / А. С. Щербатюк, Л. В. Русакова, Г. Г. Суворова и др. – Новосибирск : Наука, 1991. – 135 с.
9. Углерод в экосистемах лесов и болот России / под ред. В. А. Алексеева, Р. А. Бердси. – Красноярск : Ин-т леса СО РАН, 1999. – 170 с.

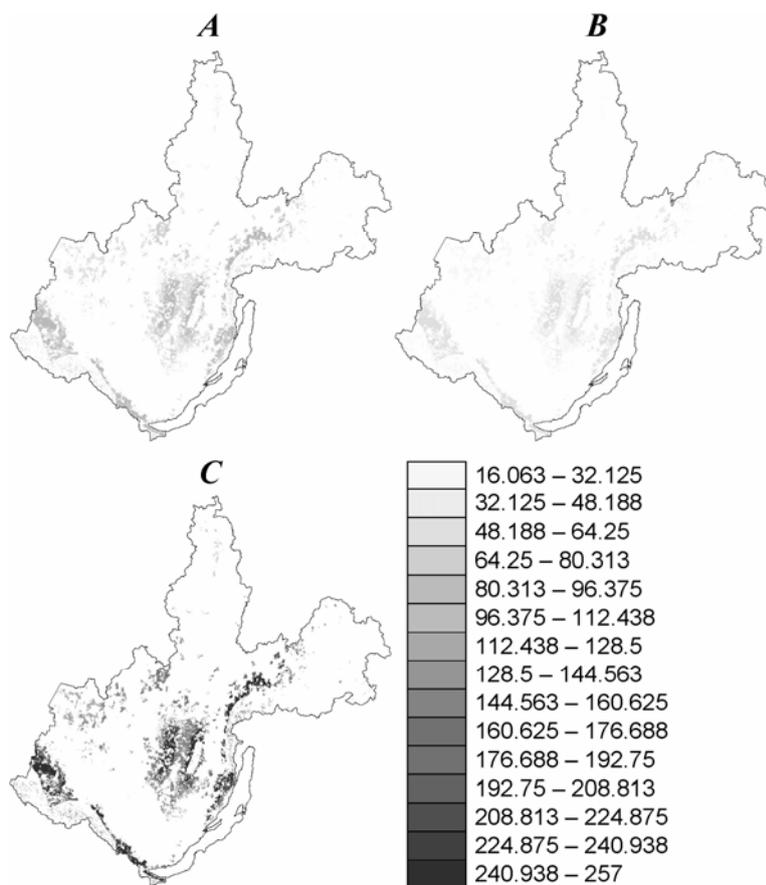


Рис. 1. Карта фотосинтетического стока углерода сосны на территории Иркутской области в среднем за 11 лет с 1995 по 2006 гг. (А), в засушливый сезон 2003 г. (Б) и оптимально влажный сезон 2004 г. (С)

Maps of a photosynthetic sink of carboneum in coniferous of Irkutsk region

A. T. Deloverov, G. G. Suvorova, L. D. Kopytova, L. S. Yankova, V. V. Oskolkov, A. K. Philippova
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk

Abstract. Potential photosynthetic sink of Carbon in coniferous forests of Irkutsk region for the season 1995–2006 and separately for the arid season of 2003 and optimum season of 2004 is counted. The values of seasonal photosynthesis productivity and biomass increment of miscellaneous coniferous species change up to 5 times depending on conditions of a vegetation season. The maps of a photosynthetic sink of Carbon in forest of three coniferous for the analyzed seasons are created. The maps show variability of seasonal photosynthesis productivity and year potential sink of Carbon depending on vegetation season conditions and species a coniferous tree.

Key word: coniferous, ecosystems, sink of Carbon, photosynthesis, biomass, GIS.

Деловеров Александр Тагирович
Сибирского института физиологии
и биохимии растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132
ведущий инженер лаборатории биоиндикации
экосистем, аспирант
тел. (3952) 42–46–92, факс (3952) 51–07–54
E-mail: deloverov@gmail.com

Deloverov Aleksandr Tagirovitch
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.
doctoral student, leading engineer, Laboratory of
Bioindication of Ecosystems
phone: (3952) 42–50–09, fax: (3952) 51–07–54
E-mail: deloverov@gmail.com

Суворова Галина Георгиевна
Сибирский институт физиологии
и биохимии растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132

Suvorova Galina Georgievna
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.

доктор биологических наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории биоиндикации экосистем
тел. (3952) 42-46-92, факс (3952) 51-07-54

Копытова Лидия Дмитриевна
Сибирский институт физиологии
и биохимии растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132
кандидат биологических наук, ведущий инженер
лаборатории биоиндикации экосистем
тел. (3952) 42-46-92, факс (3952) 51-07-54

Янькова Людмила Сергеевна
Сибирский институт физиологии
и биохимии растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132
ведущий инженер лаборатории
биоиндикации экосистем
тел. (3952) 42-46-92, факс (3952) 51-07-54

Осколков Владимир Александрович
Сибирский институт физиологии и биохимии
растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132
кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник лаборатории биоиндикации экосистем
тел. (3952) 42-46-92, факс (3952) 51-07-54

Филиппова Александра Константиновна
Сибирский институт физиологии и биохимии
растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132
Инженер-технолог лаборатории
биоиндикации экосистем
тел. (3952) 42-46-92, факс (3952) 51-07-54

*D.Sc. in Biology, leading research scientist,
Laboratory of Bioindication of Ecosystems,
phone: (3952) 42-50-09, fax: (3952) 51-07-54*

*Kopytova Lidya Dmitrievna
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.
Ph.D. in Biology, leading engineer,
Laboratory of Bioindication of Ecosystems
phone: (3952) 42-50-09, fax: (3952) 51-07-54*

*Yan'kova Lyudmila Sergeevna
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.
leading engineer, Laboratory of Bioindication of
Ecosystems
phone: (3952) 42-50-09, fax: (395 2) 51-07-54*

*Oskolkov Vladimir Aleksandrovitch
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.
Ph.D. in Biology, senior research scientist,
Laboratory of Bioindication of Ecosystems
phone: (3952) 42-50-09, fax: (3952) 51-07-54*

*Filippova Aleksandra Konstantinovna
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.
engineer-technologist, Laboratory of
Bioindication of Ecosystems
phone: (3952) 42-50-09, fax: (395 2) 51-07-54*