УДК 574.4+574.9(571.1): 595.7

М. Г. Сергеев

Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия

Институт систематики и экологии животных СО РАН
ул. Фрунзе, 11, Новосибирск, 630091, Россия
E-mail: mgs@fen.nsu.ru

ХОРТОБИОНТНЫЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ: ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА [*]

Оценка содержания углерода в хортобионтных членистоногих показывает, что их роль формировании запасов этого химического элемента в наземных экосистемах Западно-Сибирской равнины невелика. Ее обширная территория может быть расчленена на две большие части: северную и южную, граница между которыми проходит по стыку южной тайги и подтайги. В первом случае, т. е. в тундре и тайге, запасы углерода, содержащиеся в этих животных, обычно не превышают 10 кг С/га, во втором – они часто существенно больше этой величины. На юге Западно-Сибирской равнины довольно значительна роль прямокрылых насекомых, особенно саранчовых. На их примере хорошо прослеживаются возможные последствия резких нарастаний численности в годы вспышек массового размножения, когда в биомассе накапливаются значительные количества углерода.

Ключевые слова: членистоногие, запас углерода, экосистема, Западная Сибирь.

Биологический или биотический круговорот – это перераспределение в пределах биосферы вещества и энергии (а также связанной с ними информации) при активном участии живых существ. В общем все круговороты характеризуются, во-первых, определенной цикличностью, во-вторых, непрерывностью, сочетающейся с разомкнутостью, а в-третьих, неравномерностью во времени и пространстве [1; 2]. Важно, что процесс перераспределения вещества в значительной степени зависит от притока энергии извне. Как известно, один из основных биологических круговоротов – это круговорот углерода – химического элемента, во многом определяющего сущность живой материи. Это совокупность ряда взаимосвязанных процессов: продукционных, деструкционных, депонирования и ресинтеза органических соединений [3]. В последние десятилетия интерес к нему также обусловлен тем, что углекислый газ считается одним из самых значимых соединений, обеспечивающих так называемый «парниковый эффект».

Основные особенности круговорота углерода известны достаточно хорошо: 1) значительное варьирование (более чем на порядок) содержания данного химического элемента в атмосфере на протяжении фанерозоя; 2) сравнительно небольшая доля в атмосфере в кайнозое; 3) интенсивное выведение углекислого газа из атмосферы автотрофами; 4) формирование огромных депозитов углерода как абиогенного, так и биогенного происхождения; 5) наличие так называемого неучтенного стока (примерно 2–4 Гт в год). В индустриальную эпоху характер круговорота углерода существенно изменился, в первую очередь из-за интенсивного использования запасов угля, нефти и газа. Результат – заметное увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере планеты.

Ведущую роль в биологическом круговороте углерода в наземных экосистемах играют настоящие растения, а также другие

[*] Работа выполнена в рамках Интеграционного проекта СО РАН № 50, при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (07-04-00341).

Автор выражает искреннюю благодарность всем участникам экспедиций и полевых практик кафедры общей биологии и экологии Новосибирского государственного университета, принимавшим то или иное участие в сборе первичных данных.

© М. Г. Сергеев, 2009

фотосинтезирующие организмы. Кроме того, велико значение таких групп редуцентов, как бактерии и грибы. Каково же место в данном круговороте настоящих животных (Metazoa) (понятно, за исключением человека) – группы живых существ, характеризующейся самым высоким уровнем выявленного таксономического разнообразия? Согласно классическим экологическим представлениям, восходящим к работам первой половины XX в. [4], роль консументов-фитофагов незначительна: судя по различным данным, они потребляют не более 10 % чистой первичной продукции, при этом одна часть углерода выделяется при дыхании в виде CO_2, а другая – либо входит в состав мортмасс, либо может накапливаться в виде карбонатных скелетных образований. Непосредственные оценки для ряда почвообитающих животных показывают, что потребляемый ими углерод затрачивается на формирование продукции (0,6 г/м^2), дыхание (0,9), выделение (2,8) [5]. Суммарный вклад животных в так называемое дыхание почвы оценивается всего в 3 % [6].

Достаточно сложно оценить косвенный вклад животных в круговорот углерода в наземных экосистемах. Разрушение фитомассы во многих случаях упрощает доступ бактерий и грибов и соответственно влияет на скорость оборота. Более того, в пищеварительном тракте некоторых обитателей травостоя растительные остатки обогащаются витаминами группы В [7]. Деятельность животных-педобионтов способствует фиксации углерода в почве. Массовое размножение вредителей может существенно изменить перераспределение этого элемента на обширных территориях. Хотя опубликованные оценки показывают, что вклад таких вспышек в эмиссию углекислого газа невелик (для России около 0,5 %) [6], однако ускоренное разрушение значительной части зеленой фитомассы (в некоторых случаях до 100 % на протяжении недель) должно приводить к интенсификации накопления мортмасс и последующему выведению углерода в почвенный пул. **Цель** исследования: оценить место одной из самых многочисленных групп беспозвоночных – членистоногих, обитающих в травяном ярусе (хортобионтов), в круговороте углерода в пределах Западно-Сибирской равнины.

Материал и методы

Основные особенности оценки воздушно-сухой биомассы животных, характер и объем использованных оригинальных и опубликованных материалов описаны ранее [8; 9]. В дополнение к созданной на предыдущем этапе базе данных по экосистемам Западно-Сибирской равнины выделены членистоногие-хортобионты. В связи с имеющимися лакунами в исходных материалах при расчетах доступные оценки использовались в следующей последовательности: 1) при наличии применялись оценки для конкретной растительной формации, выделенной на карте растительности Западно-Сибирской равнины [10]; так как материалов по собственно биомассам сравнительно мало, то в основном использовались результаты кошений сачком; 2) при отсутствии подобных величин производилась экстраполяция по близким формациям в пределах природной подзоны в границах Западно-Сибирской равнины; 3) наконец, экстраполировались данные по близким формациям в пределах соседних подзон. Оценки обилия, полученные методом кошения сачком, пересчитывались с использованием следующих коэффициентов: для большинства групп 50 взмахов соответствуют 1 м^2 (коэффициент 1) [11], для отдельных таксонов таким образом: Aranei – 0,5; Coleoptera – 0,78; Diptera – 0,31; Hemiptera – 1,06; Homoptera – 0,74; Hymenoptera – 0,25; Lepidoptera – 0,66; Neuroptera – 0,59; Odonata – 0,66; Thysanoptera – 1,45 [12]. Для прямокрылых использовались ранее полученные оценки, базирующиеся на плотности и среднем весе особей [13]. Принято, что содержание углерода в воздушно-сухой биомассе животных составляет 50 % [14].

Результаты исследования и обсуждение

Анализ созданной базы данных по биомассам живых организмов в основных типах наземных экосистем Западно-Сибирской равнины [8; 9; 15] позволяет выделить основные закономерности распределения запасов углерода, накапливаемого местными членистоногими-хортобионтами.

Оценки запасов углерода (кг С/га) в хортобионтных членистоногих основных экосистем Западно-Сибирской равнины

Зона или подзона	Зональные экосистемы		Азональные экосистемы		Сельскохозяйст-венные угодья	
	все членистоногие	только прямокрылые	все членистоногие	только прямокрылые	все членистоногие	только прямокрылые
Арктическая	0,6	–	0,2	–	–	–
Субарктическая	0,5	–	0,6	–	–	–
Лесотундра	2,6	–	2,6	–	–	–
Северная тайга	2,6	–	0,3	–	–	–
Средняя тайга	2,0	–	0,3	–	–	–
Южная тайга	5,1	0,2	3,2	0,2	4,0	–
Подтайга	98,0	0,4	35,8	0,2	109,18	0,4
Лесостепь	11,4	0,5	29,9	0,1	62,92	0,4
Луговостепная	33,3	0,6	10,8	0,1	70,7	0,4
Степь	78,4	0,8	10,8	0,1	78,4	0,4

В зональных экосистемах прослеживается довольно четкая тенденция нарастания средних запасов углерода с юга на север, причем она прослеживается как для всех членистоногих, так и только для прямокрылых насекомых (табл.). Вместе с тем в первом случае картина отклоняется от идеальной: максимальное значение (98 кг С/га) этого показателя выявляется в подтайге. Судя по всему, в этой полосе условия для существования хортобионтов в целом оптимальны: богатый и нередко высокий травостой, сравнительно длинный теплый сезон, достаточное для развития таких животных количество тепла и осадков.

В азональных экосистемах (главным образом пойменные луга и болота) ситуация более сложная: на севере равнины запас углерода несколько увеличивается в лесотундрах, затем он уменьшается и снова увеличивается в подтайге. В лесостепных и степных районах данный показатель уменьшается. В то же время запас углерода в прямокрылых практически не изменяется.

В сельскохозяйственных угодьях (преимущественно различные поля) прослеживается максимум в подтайге, южнее (в лесостепи) запасы углерода сокращаются, а затем увеличиваются. Вклад прямокрылых в эти запасы, по-видимому, остается неизменным.

Судя по соотношению запасов углерода в травостое (оцененного по соответствующим величинам фитомассы [15]) и в хортобионтных членистоногих, участие последних в круговороте этого элемента можно считать сравнительно незначительным: их доля в большинстве сопоставляемых зон и подзон значительно меньше 0,01. Только в степях, подтайге и тундрах данный показатель выше, причем если в первом и последнем случаях он составляет 0,01–0,03, то в подтайге он весьма значителен (0,16).

Вклад прямокрылых насекомых сравнительно невелик. Только в районах с преобладанием различных типов степей, в том числе луговых, на них приходится несколько процентов суммарного содержания углерода в хортобионтных членистоногих.

В общем это соответствует характеру распределения их численности и биомассы [13]. Вместе с тем в годы подъема численности запасы углерода, накапливающиеся в этих насекомых, могут значительно увеличиваться. Так, расчеты для лугово-степного участка, расположенного на юго-западе Новосибирской обл. (окрестности с. Александровский), показывают, что этот показатель в годы вспышки массового размножения итальянской саранчи может достигать

32–33 кг С/га, причем $^2/_3$ этой величины обеспечено данным видом.

Заключение

Таким образом, роль хортобионтных членистоногих в формировании пула углерода в экосистемах Западно-Сибирской равнины невелика. Ее обширная территория может быть расчленена на две большие части: северную и южную, граница между которыми проходит по стыку южной тайги и подтайги. В первом случае, т. е. в тундре и тайге, запасы углерода, содержащиеся в этих животных, обычно не превышают 10 кг С/га, во втором – они часто существенно больше этой величины. Судя по имеющимся данным, эта картина справедлива и для полевых ценозов. На юге Западно-Сибирской равнины довольно значительна роль прямокрылых насекомых, особенно саранчовых. На их примере хорошо прослеживаются возможные последствия резких нарастаний численности в годы вспышек массового размножения, когда в биомассе накапливаются значительные количества углерода. Это, в частности, может приводить к его перераспределению между экосистемами, поскольку нередко происходят перемещения стай насекомых на разные расстояния и в разных направлениях.

Вместе с тем сопоставление содержания углерода в биомассе трав и хортобионтных членистоногих не позволяет выявить всю специфику участия последних в круговороте данного химического элемента. Необходимо сопоставление продукционных процессов, а также учет косвенных эффектов участия этих животных в переработке фитомассы (особенно ее разрушения). Подобное воздействие может быть очень существенным, хотя и трудно оцениваемым в количественных показателях.

Список литературы

1. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М., 1990.
2. *Котляков В. М., Комарова А. И.* География: понятия и термины. М., 2007.
3. *Базилевич Н. И., Титлянова А. А.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск, 2008.
4. *Lindeman R. L.* The trophic-dynamic aspect of ecology // Ecology. 1942. Vol. 23, № 4. P. 399–417.
5. *Sohlenius B.* A carbon budget for nematodes, rotifers and tardigrades in a Swedish coniferous forest soil // Ecography. 2006. Vol. 2, № 1. P. 30–40.
6. *Пулы* и потоки углерода в наземных экосистемах России. М., 2007.
7. *Стебаев И. В.* Характеристика надпочвенного и напочвенного зоомикробиологических комплексов степных ландшафтов Западной и Средней Сибири // Зоологич. журн. 1968. Т. 47, № 5. С. 661–674.
8. *Информационная* теория стоимости и системные экономические оценки природных ресурсов. Новосибирск, 1999.
9. *Сергеев М. Г., Молодцов В. В.* Пространственное распределение биомассы беспозвоночных животных Западно-Сибирской равнины // Сиб. эколог. журн. 2004. Т. 11, № 5. С. 665–670.
10. *Растительный* покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск, 1985.
11. *Кашкаров Д. Н.* Среда и сообщество (основы синэкологии). М., 1933.
12. *Marston N., Davis D. G., Gebhardt M.* Ratios for predicting field populations of soybean insects and spiders from sweep-net samples // Journal of Economic Entomology. 1982. Vol. 75, № 6. P. 976–981.
13. *Сергеев М. Г.* Зонально-ландшафтное распределение зоомассы прямокрылых насекомых в Срединном регионе СССР // География и природные ресурсы. 1989. № 2. С. 89–93.
14. *Bowen H. J. M.* Trace elements in biochemistry. L., 1966.
15. *Природные* ресурсы России: территориальная локализация, экономические оценки. Новосибирск, 2007.

Материал поступил в редколлегию 31.08.2009

M. G. Sergeev

Grass-Layer Arthropods in The Terrestrial Ecosystems of West Siberian Plain: Carbon Pool Estimations

An estimation of carbon contents in the grass-layer arthropods shows that their role in forming of its pool is not significant in the terrestrial ecosystems of West Siberian Plain. The huge territory of the Plain may be divided in two wide areas: the northern and southern ones dividing along the boundary between the southern taiga and so-called subtaiga (the belt of mixed and deciduous small-leaved forests). In the northern part (tundra and taiga), the arthropod carbon pool is usually less than 10 kg C/ha, in the southern part, it is usually more that this value. In the southern part of West Siberian Plain, the role of Orthoptera (especially locusts and grasshoppers) is relatively high. During their outbreaks the significant quantity of carbon can be accumulated in their biomass and these changes may result in ecosystem functions and dynamics.

Keywords: arthropods, carbon pool estimations, ecosystem, West Siberian.