

Пространственное распределение биомассы беспозвоночных животных Западно-Сибирской равнины

М. Г. СЕРГЕЕВ, В. В. МОЛОДЦОВ

Новосибирский государственный университет
630090 Новосибирск, ул. Пирогова, 2

Институт систематики и экологии животных СО РАН
630091 Новосибирск, ул. Фрунзе, 11

АННОТАЦИЯ

Характеризуются подходы, использованные для создания тематических карт распределения биомасс шести функционально-таксономических групп наземных беспозвоночных животных на Западно-Сибирской равнине. Обсуждаются общие закономерности этого распределения.

ВВЕДЕНИЕ

Характерная черта распределения живых организмов – его сложная структура, иерархически организованная во времени и пространстве, причем связи между компонентами и элементами этой структуры могут быть разными, в том числе функциональными. Все это определяет возможность и необходимость различных подходов к описанию такой картины и к выявлению ее общих закономерностей.

Несомненна целесообразность совместного использования системного и пространственно-временного подходов. Первый подразумевает присутствие в природе определенным образом устроенных систем с характерной структурой, т. е. их инвариантной частью [1]. Каждая система состоит из элементов и связей между ними. Более или менее близкие элементы могут быть объединены в компоненты, или блоки. Такие системы обычно иерархически организованы, и тогда какой-то элемент системы в ином масштабе сам может быть системой или подсистемой. Пространственно-временной подход позволя-

ет вычленивать, с одной стороны, картину определенного пространственного размещения элементов, компонентов и связей (в том числе и возможную направленность последних), а с другой – изменение всей системы (включая и ее отдельные элементы) во времени.

Вместе с тем очевидно, что при исследовании обширных территорий всё разнообразие экосистем, живых организмов и связей между ними изучить невозможно. Поэтому естественно использование экстра- и интерполяций, которые, в свою очередь, тесно связаны с различными классификационными подходами, разделяющими какие-то совокупности объектов на группы с более или менее близкими свойствами. Естественно, что необходимые классификации могут быть получены самыми разными способами, определяемыми целями и задачами конкретного исследования, кроме того, в определенной степени – и предпочтениями исследователя. Несомненна и важность использования возможностей, предоставляемых современными информационными технологиями, в частности ГИС.

Применение таких подходов необходимо в первую очередь для установления законо-

мерностей распределения тех групп живых организмов, данные для которых немногочисленны и разнородны. К числу таковых относятся, например, беспозвоночные животные, играющие, как известно, во многих экосистемах ведущую роль. Так, среди беспозвоночных многочисленны потенциальные вредители. С другой стороны – практически все группы наземных животных принимают то или иное участие в формировании почв, хотя в целом их деятельность, видимо, до сих пор недооценивается [2, 3]. В общем виде это участие можно разделить на прямое и косвенное. Прямое воздействие осуществляется главным образом почвообитающими видами. Часть обитателей надпочвенной среды может также оказывать прямое воздействие на почву. Косвенное воздействие чаще всего выражено в форме нанесения разнообразных повреждений растениям, в результате могут меняться их обилие, развитость и, в конце концов, количество формирующегося опада и массы корней. Своеобразная, промежуточная между прямым и косвенным участием, форма влияния на почвообразовательные процессы – образование животными надземных ярусов экскрементов и других выделений, а также накопление на поверхности почвы прочих отходов жизнедеятельности. Кроме того, некоторые животные, обычно относимые к наземным, в действительности проводят часть жизни в почве. При этом перемешиваются почвенные слои, создается система ходов, благоприятствующая корням растений и проникновению воды, во внутренние части нор затаскиваются значительные количества растительной массы. Показано и активное участие почвенных беспозвоночных в разложении растительного опада [4].

В связи с этим актуально выявление закономерностей пространственного распределения биомассы (как одного из параметров, характеризующих биогеоэкологическую роль той или иной группы) наземных беспозвоночных животных в естественных и умеренно нарушенных экосистемах Западной Сибири – региона, активно осваиваемого в последние десятилетия.

Исследования, легшие в основу данной публикации, выполнялись в рамках Интеграционных грантов СО РАН № 49, 91, 145 и

ФЦП “Интеграция” Э0415 и проекта «Создание экспертно-аналитической ГИС “Пространственно-временная динамика экосистем Урала и Сибири”».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Общие подходы к оценке биомассы охарактеризованы в работах Д. Н. Кашкарова [5], А. Г. Воронова [6], Л. Б. Пшеницыной и др. [7], Н. Л. Беручашвили и В. К. Жучковой [8].

Прямые оценки биомассы. Для беспозвоночных в подавляющем большинстве случаев такие сведения просто не могут быть получены. Это определяется следующими причинами.

1. Разные размеры беспозвоночных – даже если не рассматривать одноклеточных, размеры многоклеточных форм меняются от долей миллиметра до десятков сантиметров. Поэтому очевидно, что размеры учетной площадки для круглых червей и микроартропод (мелкие клещи и ногохвостки), с одной стороны, и крупных членистоногих – с другой, должны быть разными.

2. Почвенных животных часто очень сложно извлечь из среды обитания. Обычно удается отловить не более 70–80 % особей [9].

3. Трудность оценки биомассы подвижных (в первую очередь летающих) животных определяется их способностью к перемещениям, иногда на сотни и тысячи километров.

4. На протяжении года прослеживается значительное пространственно-временное изменение в распределении биомассы. Например, многие насекомые зимуют на стадии яйца, а во второй половине лета появляются взрослые особи. Соответственно, зимой их биомасса минимальна, а в конце лета может быть максимальной. Кроме того, у некоторых групп животных одна стадия заселяет одну среду обитания (например, почву), а другая – иную (травостой). Что касается пространственного распределения, то для многих видов типично наличие скоплений, не всегда определяемых очевидными факторами.

Можно определить живую (сырую) биомассу непосредственно после отлова животных, однако при этом надо помнить, что многие организмы очень быстро теряют воду [6]. Воздушно-сухая биомасса часто оценивает-

ся наиболее просто, хотя и может варьировать в зависимости от влажности воздуха и способа сушки. Определение абсолютно сухой биомассы наиболее надежно, но требует специальной подготовки образцов.

Косвенные оценки биомассы. В полевых исследованиях часто существенно проще получить оценки численности, т. е. оценки количества особей на единицу какой-то меры (например, квадратный километр, час учета и т. п.). Различают так называемую плотность (число особей на единицу площади или объема) и обилие (число на единицу учета, например число взмахов сачком, продолжительность учета и т. п.). Соответственно, для получения оценки биомассы в первом случае необходимо знать среднюю массу особи (предпочтительно каждого вида и даже возраста и пола), тогда значение плотности просто перемножается на среднюю массу. Во втором случае необходим какой-то пересчетный коэффициент для определения плотности. Получение таких коэффициентов крайне трудоемко, а достоверность полученных подобным способом оценок резко снижается [7]. Естественно, на достоверность косвенных данных влияют те же факторы, что и в предыдущем случае. Кроме того, нет идеальных методов оценки численности, поэтому результаты, полученные разными методами для разных групп живых организмов, различаются по своему характеру, в первую очередь точности. Это относится и к данным разных исследователей, к результатам работ в разных районах, ландшафтах и в разные сезоны годы.

Неравномерность изученности. Хорошо прослеживается резко выраженная неравномерность изученности как отдельных групп животных, так и разных природных и административных районов. Например, крайне немногочисленны данные по почвенным круглым червям, что определяется их мелкими размерами и сложностью определения и подсчета.

Непосредственные источники информации. Для оценки общих запасов биомассы беспозвоночных животных по почвенно-растительным формациям использовались все доступные материалы [10–31 и др.]. В первую очередь использовались опубликованные данные для Западной Сибири. Особенно ценны в этом

плане исследования И.В. Стебаева и В. В. Волковинцер [19], И. А. Четыркиной [22] и А. В. Соромотина [30]. Кроме того, использовались сведения, собранные во время экспедиций и летних полевых практик, проводимых на кафедре общей биологии и экологии Новосибирского государственного университета. Эти материалы происходят главным образом из окрестностей Новосибирска и из колючей степи Западной Сибири (район Карасука).

Принципы сведения, пересчета и экстраполяции данных. Все опубликованные значения биомассы пересчитывались в килограммы на один гектар (кг/га). Везде приведена оценка воздушно-сухой массы (в частности, в связи с необходимостью адекватного сопоставления с фитомассой); при этом в тех случаях, когда отсутствовали четкие указания на характер зоомассы, считалось, что это живая биомасса; все показатели для живой массы пересчитывались в соответствии с имеющимися оценками содержания воды в животных [9, 32] с использованием следующих усредненных пересчетных коэффициентов:

- | | |
|--|--------|
| – почвенные круглые черви | – 0,3 |
| – кольчатые черви | – 0,15 |
| – членистоногие (почвенные и наземные) | – 0,25 |
| – моллюски (без раковины) | – 0,15 |

В тех случаях, когда для одной формации имелись разные оценки, рассчитывалась их арифметическая средняя; то же делалось для крайних значений интервальных оценок. Исключены все сомнительные оценки. При наличии данных по плотности использовались пересчетные коэффициенты, основанные на усредненной сырой биомассе одной особи [33].

Данные объединялись для крупных функционально-таксономических групп [33]:

- а – свободноживущие почвенные круглые черви (нематоды);
- б – кольчатые черви (преимущественно Lumbricidae и энхитреиды);
- в – микроартроподы – почвенные членистоногие (главным образом клещи и ногохвостки), сопоставимые по размерам с почвенными частицами;
- г – мезоартроподы – более крупные почвенные членистоногие (мокрицы, многоножки, настоящие насекомые);

е – моллюски (без раковины);

ж – наземные членистоногие (в основном насекомые и паукообразные).

Фактически все полученные оценки следует рассматривать как минимальные, в том числе и потому, что для некоторых функционально-таксономических групп данные заведомо неполны, в частности, мало данных, позволяющих корректно оценить массу обитателей крон деревьев и кустарников. В целом, вероятно, наиболее надежны данные для почвенных животных, на втором месте по надежности находятся материалы для животных травостоя.

Принципы экстраполяции. При анализе материалов выявлены значительные лакуны. Во-первых, для большинства растительных формаций (естественных и восстановленных), выделенных на карте растительности Западной Сибири [34], количественных данных по беспозвоночным просто нет. Во-вторых, существенно меньше материалов по отдельным модельным группам (в первую очередь – по круглым червям, в меньшей степени – по наземным членистоногим, особенно в лесных экосистемах). Для Западно-Сибирской равнины оценки собственно биомасс немногочисленны, поэтому использовались преимущественно величины, характеризующие плотность. Рассчитывались усредненные значения для основных растительных формаций Западной Сибири [34]. При этом группы близких формаций в пределах региона объединялись главным образом по соответствию почвенно-растительным формациям, принятым нами для мира [33]. Полученные данные размещены в реляционной базе данных в формате MS Access.

Создание тематических карт. Основой послужила оцифрованная «Карта растительности Западно-Сибирской равнины», каждый контур которой привязан к легенде. Поэтому именно ключи легенды логично использовать для связывания их с данными базы. Поскольку детальность упомянутой легенды в ряде случаев избыточна, нами введен классификатор экосистем, включающий в себя основные типы экосистем данной местности.

Анализ связей между двумя упомянутыми таблицами показал невозможность построения однозначных соответствий между ними. Такой характер исходных данных по-

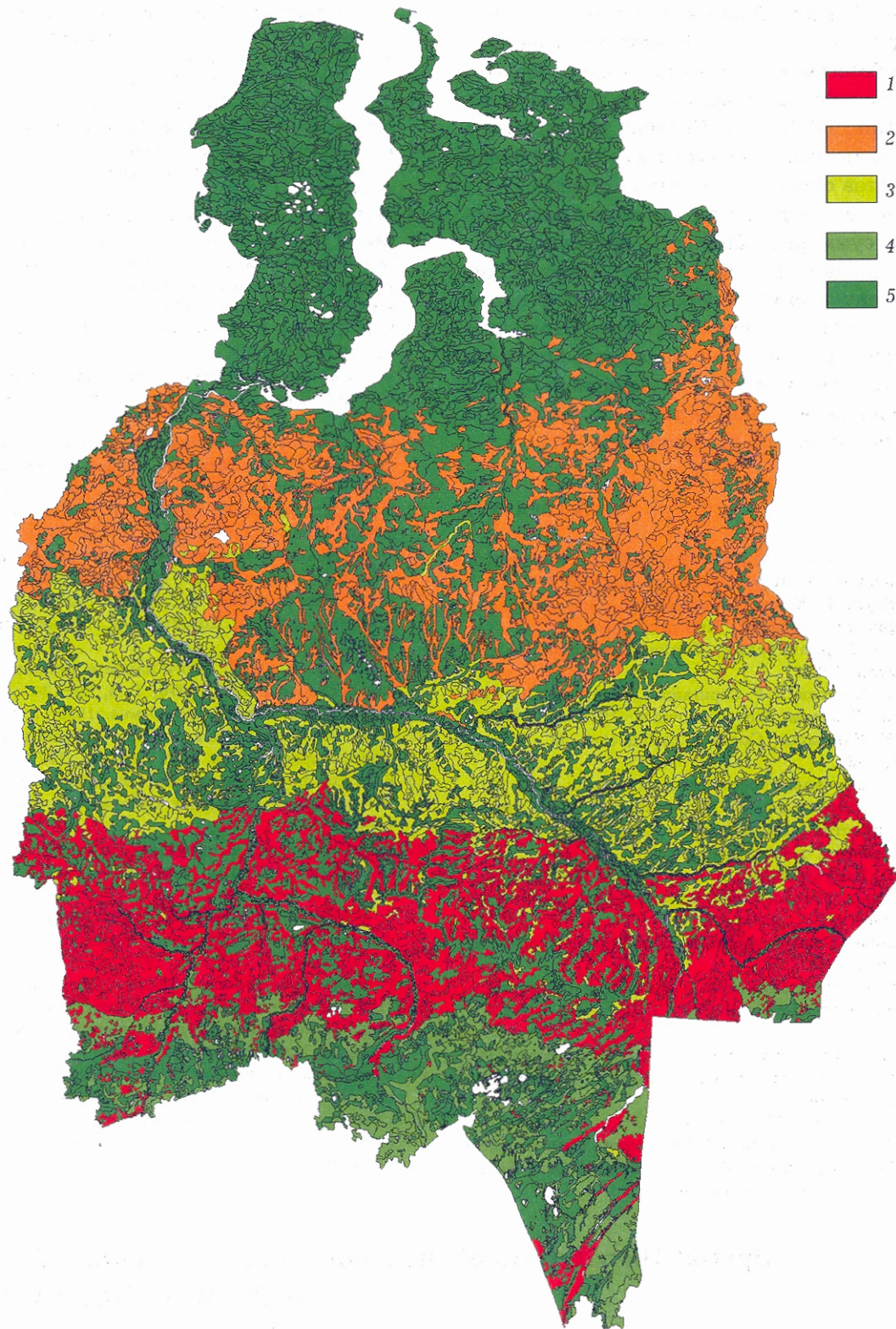
требовал реализации отношений “многие-ко-многим”, что и сделано за счет введения промежуточной таблицы ссылок. В то же время имеющаяся совокупность данных оказалась во многих отношениях неоднородной, что потребовало введения дополнительных классификаторов. Числовые данные сохранены в отдельной таблице, имеющей ссылки на классификаторы данных и экосистем. Такая структура позволяет, с одной стороны, хранить весь набор данных для каждой из экосистем, с другой – легко увеличивать размерность упомянутых классификаторов, не изменяя структуры таблиц. При этом использование SQL запросов позволяет в любой момент извлечь нужный набор данных, например, для построения тематических карт.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приведенная на рисунке карта суммарной биомассы почвенных многоклеточных беспозвоночных (включая моллюсков) Западно-Сибирской равнины отражает общие пространственные закономерности, проявляющиеся в той или иной степени на всех других картах. Очевидно резкое преобладание по запасам биомассы беспозвоночных регионов с доминированием лесных экосистем (главным образом за счет почвенных артропод). Такие же высокие значения характерны для ленточных боров на юге равнины. Южнее и особенно севернее таежной зоны биомасса беспозвоночных существенно меньше.

Обращает на себя внимание более низкий уровень биомассы в средней тайге, главным образом за счет почвенной мезофауны. Возможно, это связано с преобладанием здесь менее благоприятных для существования сравнительно крупных членистоногих глинистых почв. Другое объяснение такого “провала” – неполнота имеющихся в нашем распоряжении данных. Вместе с тем полученные нами величины в целом соответствуют оценкам В. Г. Мордковича [26] для педобионтов автоморфных почв Западно-Сибирской равнины, причем в этом случае также прослеживается определенное снижение суммарной зоомассы (и тоже за счет мезофауны) в подзолистых почвах.

Наименьшие значения биомассы характерны для заболоченных ландшафтов, занимаю-



Картограмма распределения суммарной воздушно-сухой биомассы (кг/га) почвенных многоклеточных беспозвоночных (включая моллюсков) на Западно-Сибирской равнине (в пределах Российской Федерации).

1 – свыше 567; 2 – от 426 до 567; 3 – от 284 до 425; 4 – от 142 до 283; 5 – менее 142.

щих на Западно-Сибирской равнине обширные площади (см. рисунок). Несколько выше биомасса беспозвоночных в различных тундрах, а также в пойменных выделах по всей территории Западной Сибири. Средние уровни типичны для мелколиственных лесов и различных вариантов суходольных лугов и степей.

В общем виде созданная карта распределения суммарной биомассы почвенных беспозвоночных похожа на соответствующий фрагмент весьма генерализованной карты оценки зоомассы почвенных беспозвоночных [35], согласно которой максимум биомассы этой группы животных в Западной Сибири приходится на южную тайгу и подтайгу, а севернее и южнее уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Б. Сочава, Введение в учение о геосистемах, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1978.
2. С. Боул, Ф. Хоул, Р. Мак-Крекен, Генезис и классификация почв, М., Прогресс, 1977.
3. Л. О. Карпачевский, Зеркало ландшафта, М., Мысль, 1983.
4. М. С. Гиляров, Б. Р. Стриганова, Итоги науки и техники. Зоология беспозвоночных, 1978, т. 5, 8-69.
5. Д. Н. Кашкаров, Среда и сообщество, М., Госмедгиз, 1933.
6. А. Г. Воронов, Геоботаника, М., Высш. шк., 1973.
7. Л. Б. Пшеницына, Ж. И. Резникова, М. Г. Сергеев, Количественные методы исследования экологии насекомых, Новосибирск, 1993.
8. Н. Л. Беручашвили, В. К. Жучкова, Методы комплексных физико-географических исследований, М., Изд-во МГУ, 1997.
9. Количественные методы в почвенной зоологии, М., Наука, 1987.
10. А. С. Бабенко, Полезные и вредные насекомые Сибири, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1982, 52-59.
11. Т. М. Брагина, Проблемы почвенной зоологии. Матер. IX Всесоюз. совещ., Тбилиси, Мецниереба, 1987, 47-48.
12. Л. Г. Гришина, Там же, 75-76.
13. Л. Г. Гришина, А. К. Добротворский, Членистоногие Сибири и Дальнего Востока, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1985, 23-28.
14. С. Л. Есюнин, Н. С. Мабура, Беспозвоночные животные Южного Зауралья и сопредельных территорий, Курган, Изд-во КГУ, 1998, 137-139.
15. А. А. Лящев, Там же, 226-228.
16. С. И. Новикова, Проблемы почвенной экологии, Минск, Наука и техника, 1978, 170-171.
17. Т. С. Перель, Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР, М., Наука, 1979.
18. Н. М. Порядина, Всесоюз. совещ. по проблемам кадастра и учета животного мира. Тез. докл. Ч. IV. Опыт кадастровой характеристики, материалы к кадастру по беспозвоночным животным, Уфа, Башкирское кн. изд-во, 1989, 233-234.
19. И. В. Стебаев, В. В. Волкомишнер, Зоол. журн., 1964, 43: 10, 1425-1439.
20. С. К. Стебаева, Фауна и экология членистоногих Сибири, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1981, 96-99.
21. С. К. Стебаева, Почвенная фауна и почвенное плодородие. Тр. 9-го Международного коллоквиума по почвенной зоологии, М., Наука, 1987, 710-714.
22. И. А. Четыркина, Тр. Биол. НИИ при Пермском гос. ун-те, 1930, т. 2, вып. 4, ч. 1, 433-468.
23. Н. Н. Данилов, Структурно-функциональная организация биогеоценозов, М., Наука, 1980, 90-109.
24. Ю. И. Коробейников, Экология и география членистоногих Сибири, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1987, 69.
25. Д. А. Кривошукский, Итоги науки и техники. Зоология беспозвоночных, 1978, т. 5, 70-134.
26. В. Г. Мордкович, Почвоведение, 1995, 7, 840-849.
27. В. Н. Ольшванг, Зоологические проблемы Сибири, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1972, 151-152.
28. В. Н. Ольшванг, Регуляция численности и плотности популяций животных Субарктики, Свердловск, 1988, 3-9.
29. F. E. Wiegolaski, Productivity of world ecosystems, Washington, National Academy of Sciences, 1975, 1-12.
30. А. В. Соромотин, Сиб. экол. журн., 1995, 6, 549-552.
31. Ю. И. Чернов, Структура животного населения Субарктики, М., Наука, 1978.
32. Р. Флиндт, Биология в цифрах, М., Мир, 1992.
33. Информационная теория стоимости и системные экономические оценки природных ресурсов, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1999.
34. Растительный покров Западно-Сибирской равнины, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1985.
35. Оценка запаса зоомассы почвенных беспозвоночных (гг/га), http://www.sci.aha.ru/biodiv/apd/1_79.html.

Spatial Distribution of the Biomass of Invertebrate Animals of the West Siberian Plane

M. G. SERGEEV, V. V. MOLODTSOV

Approaches used for the subject mapping of the distribution of biomasses of six functional taxonomic groups of land invertebrates on the West Siberian Plane are characterized. The general regularities of this distribution are discussed.