



Серия «Науки о Земле»
2011. Т. 4, № 2. С. 42–52

Онлайн-доступ к журналу:
<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ
*Иркутского
государственного
университета*

УДК: 574.9, 528.946

Картографирование мезонаселения почв (на примере степного участка Хакасского заповедника)

И. В. Балязин (grave79@mail.ru)
Е. П. Бессолицына (bessol@irigs.irk.ru)

Аннотация. Тематические карты, отражая распространение животных, являются основой для выяснения связей между организмами и абиотической средой и понимания роли тех или иных видов в биогеоценозах. Крупномасштабные схемы и карты могут использоваться для познания пространственной организации зооценозов, закономерностей динамики и оптимизации экологического контроля за состоянием популяций отдельных видов и ландшафта в целом. В статье предпринята попытка создания крупномасштабной карты-схемы распределения мезонаселения почв модельного участка Хакасского заповедника.

Ключевые слова: почвенная биота, зоогеографическое картографирование, экологическая индикация.

Введение

В настоящее время в рамках тематического картографирования доминирующее положение занимает составление эколого-географических, экологических, геоэкологических карт. Развитию экологического направления в современной картографии способствует накопление информации об изменении природной среды вследствие усиливающегося воздействия на нее человеческой деятельности, в результате которого наблюдается загрязнение и снижение плодородия почв, истощение ресурсной базы и как следствие – ухудшение качества жизни и здоровья населения.

Тематические карты, отражая структуру зоокомплексов и распространение отдельных видов и популяций, являются основой для выяснения связей между организмами и абиотической средой, а также актуальны для оценки ресурсов, организации отдыха, проведения борьбы с вредными видами и других мероприятий [17; 15; 2]. Крупномасштабные схемы и карты распространения сообществ почвенных беспозвоночных, могут использоваться также для познания пространственной организации зооценозов, закономерностей динамики и оптимизации экологического контроля.

При разработке методов экологического картографирования наибольшего внимания заслуживает вопрос о территориальном распределении отдельных групп почвенных беспозвоночных и природных процессов и явлений, определяющих структуру их ареалов, т. е. детальное понимание

внутриландшафтных взаимосвязей и определение географических пределов их проявления. Важно также учитывать инвариантные свойства геосистем и их эволюцию по конкретным подразделениям ландшафта. В центре внимания должны находиться динамические характеристики природных режимов в спонтанных и антропогенных модификациях.

Картографический синтез разрозненных аналитических данных о таксономическом составе, разнообразии и структуре сообществ животных, географических особенностях и временной динамике биоты, как в естественных, так и в нарушенных условиях с использованием геосистемного подхода, является важным этапом развития пространственной концепции в экологии. Картографический метод способствует выявлению тонких различий в структуре ландшафта и его биотических компонентов, позволяя глубже понять динамические процессы и потенциальные возможности географической среды [5].

Обитатели аккумулярующего субстрата – почвенные беспозвоночные, интегрирующие воздействие целого комплекса абиотических и биотических факторов, выполняют активную роль в трансформации и перераспределении органического вещества, деструкционных и почвообразовательных процессах. Тесная связь беспозвоночных со средой обитания (температурой, влажностью и содержанием химических элементов) позволяет рассматривать основные черты зооценозов как одну из характеристик состояния геосистем [4]. Структура зооценозов и диапазон ее варьирования в пространственно-временном аспекте может служить одной из характеристик устойчивости геосистем к внешним воздействиям и способности биотических сообществ к самовосстановлению.

Соответствие спектра эдафических условий определенной структуре сообществ почвообитающих организмов расширяет возможности биодиагностики различных типов почв и процессов, в них протекающих [7; 10].

Ландшафтно-экологические исследования зооценозов почв Хакасии проводятся с 1986 г., и на данном этапе актуальной задачей является разработка экологических оценок современного состояния природных и природно-антропогенных геосистем в целях сохранения их устойчивости и ресурсного потенциала. Наиболее подробная и точная информация может быть получена со специально составленных тематических карт. Такая карта дает представление о современном состоянии мезонаселения в заповедном режиме, без антропогенной нагрузки.

Изучение распределения почвенной биоты необходимо для выявления «модельных» сообществ, в сравнении с которыми можно будет определить тенденции изменения экологической ситуации под воздействием антропогенных факторов, а также – пороговые значения устойчивости природных комплексов.

Целью работы стала комплексная оценка состояния степных зооценозов почв в условиях заповедного режима и ее картографическое представление. Проводимые исследования включали определение особенностей распределения комплексов почвенной биоты на территории Хакасского

заповедника, в условиях естественного режима природных явлений, а также количественные характеристики состава мезонаселения почв отдельных биогеоценозов.

Методы и объекты исследования

Степные участки Хакасского заповедника можно отнести к уникальным объектам сохранения природного разнообразия, без каких-либо существенных влияний со стороны хозяйственной деятельности человека. Здесь можно проводить исследования биотических сообществ в условиях, где их развитие и функционирование лимитируется только природными факторами [1].

Мезонаселение почв – это сообщества гетеротрофных немикроскопических беспозвоночных, связанных между собой непосредственно или опосредованно через другие виды и/или совместным использованием трофических ресурсов и территории географического масштаба, объединенных на основе общности распределения соответствующего типа почвы и растительности [14; 17].

Источником фактического материала послужили многолетние исследования населения почвенных беспозвоночных на ключевых участках степного стационара Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН на юге Красноярского края, один из которых расположен на территории Хакасского заповедника (Камызякская степь). При постановке и проведении полевых работ использовалось структурно-динамическое профилирование, которое осуществлялось с учетом структуры территории и наиболее полного охвата разнообразия биогеоценозов.

Сбор материала и его обработка осуществлялись по единой методике с использованием как традиционных, так и современных подходов и методов, рекомендованных для эколого-фаунистических, почвенно-зоологических, биогеоценологических и ландшафтно-экологических исследований [16; 7; 4; 11]. Для определения численности и биомассы обитателей почвы и подстилки на каждой площади с применением монолитореза размером 25×25 см² в шахматном порядке брали 6–8 проб глубиной 25–40 см (в зависимости от предельной встречаемости беспозвоночных). Для сравнительного анализа использовались широко распространенные в почвенно-зоологических исследованиях расчеты количества беспозвоночных на единицу площади земной поверхности (экз., г/м²).

Количественные характеристики (численность и биомасса беспозвоночных) представлены графически по средним (суммарным) для каждой площади величинам с использованием методов математической статистики и пакетов программ Excel и Paint Net.

Современные методы картографирования позволяют создавать карты широкого предназначения с помощью дистанционных методов, однако получить информацию о некоторых физических параметрах из космоса остается пока невозможным. К ним можно отнести и распространение почв, и распределение ареалов отдельных групп животных, в том числе и почвенных беспозвоночных.

Трудности картографирования животного в значительной мере объясняются спецификой зоологических исследований, в частности сложная структура сообществ, скрытый образ жизни почвенных беспозвоночных и необходимость применения специальных методов учета при получении данных, для составления карты. В отличие от растительности животные редко доступны прямым визуальным наблюдениям. Это послужило одной из причин использования ландшафтно-экологического подхода при картографировании животного населения почв, объединяющего все компоненты природного комплекса в единое целое. В. А. Солнцев [13] отмечал, что ландшафт является центральной единицей в физико-географической классификации геосистем и имеет глубокий смысл при изучении разнообразия и структуры биотических сообществ.

В качестве картографического способа отображения был выбран метод качественного фона [3]. Данный способ используется для выявления особенностей распространения беспозвоночных в пределах модельных территорий и распределения их количественных характеристик в соответствии с типологическим районированием, например, с выделением типов растительности и почвенного покрова. Вследствие чего цветовой качественный фон используется одновременно как структура животного населения, так и его местообитание в совокупности с абиотическими, антропогенными и природными факторами [9]. Таким образом, при использовании для картографирования ландшафтной основы, определение животного населения, как части конкретного природно-территориального комплекса, становится менее затруднительным. Границы таких комплексов отражают не только границы геолого-геоморфологических структур, почв и растительного покрова, но также границы территориальных группировок животного населения. Пространственный рисунок карты формируют фоновые (преобладающие по площади) сообщества.

Основными критериями для картографирования были выбраны: численность, биомасса и таксономическое разнообразие почвенных беспозвоночных. По этим динамически меняющимся показателям можно определить пространственно-временную структуру населения животных, соответствующую данной элементарной геосистеме и отражающую ее состояние.

При выборе масштаба карты исходили из особенностей распространения господствующих типов почв на заповедном участке оз. Улугколь и типов растительных сообществ.

Пространственное распределение организмов на ландшафтном уровне легче объяснить для таксонов более высокого уровня, например семейств и отрядов [8]. В зоогеографии ландшафтная или геоботаническая карты на начальном этапе используются, как правило, в качестве основы для сбора материала, а впоследствии – для получения карты животного населения, отображающей итоговые концепции и результаты работы [12].

Результаты исследований

Основой дифференциации природных условий, представляющих среду обитания животных, является сочетание ландшафтно-экологических ситуаций, включающих орографические, фитоценоотические и почвенно-климатические характеристики, которые учитываются при выделении территориальных ландшафтных единиц.

Поскольку территориальные группировки почвенных животных не имеют видимых границ пространственной локализации, для построения карт нами использованы возможности ландшафтной индикации, в основе которой лежат теоретические представления о том, что все природные компоненты в пределах определенного генетически однородного пространства находятся в тесной связи и взаимообусловленности, образуя целостные системы.

Анализ пространственных изменений мезонаселения показал, что из числа экологических факторов в почвах степных ландшафтов критическое значение имеет влажность почвы, в значительной степени определяющая структуру геобия.

На основе структурно-динамического анализа различий местообитаний на территории модельного участка и соответствующих им комплексов беспозвоночных были выделены:

1 – сообщества разнотравно-типчачково-ковыльной степи на черноземах южных карбонатных средне- и малогумусных, маломощных солонцеватых (рис. 1, а);

2 – сообщества злаково-полынной комплексной степи с чиевыми и вострцовыми фитоценозами на темно-каштановых и каштановых солонцеватых маломощных почвах (рис. 1, б);

3 – сообщества петрофитноразнотравной, беломятливой степи на щепнистых малоразвитых почвах (рис. 1, в);

4 – сообщества тростниково-осокового кочкарного болота на лугово-болотных почвах и солончаках карбонатных тяжелосуглинистых (рис. 1, г).

В составе мезонаселения почв Камызякской степи преобладают насекомые 78–91 % (см. рис. 1) с относительно короткими циклами развития и в значительной степени адаптированные к дефициту влаги. Для остальных же групп – многоножек и моллюсков ограничивающим фактором является недостаток влаги в почвах. Жесткокрылые (*Coleoptera*) составляют один из многочисленных и широко распространенных отрядов насекомых. Их численность практически во всех биоценозах достаточно высока. Наиболее широко распространены чернотелки (*Tenebrionidae*) и пластинчатоусые (*Scarabaeidae*), которые являются основными потребителями растительной пищи. Кроме них встречаются и хищные жесткокрылые: стафилиниды (*Staphylinidae*) и жужелицы (*Carabidae*). Представители семейств щелкунов (*Elateridae*), долгоносиков (*Curculionidae*) и быстринок (*Anthicidae*) менее многочисленны. Вторая по численности группа беспозвоночных – это представители отряда перепончатокрылых: формицины (*Formicinae*) и мирмицины (*Myrmicinae*). В степях колонии муравьев полностью располагаются под землей, поэтому их наличие или отсутствие зависит от физико-химических свойств почв.

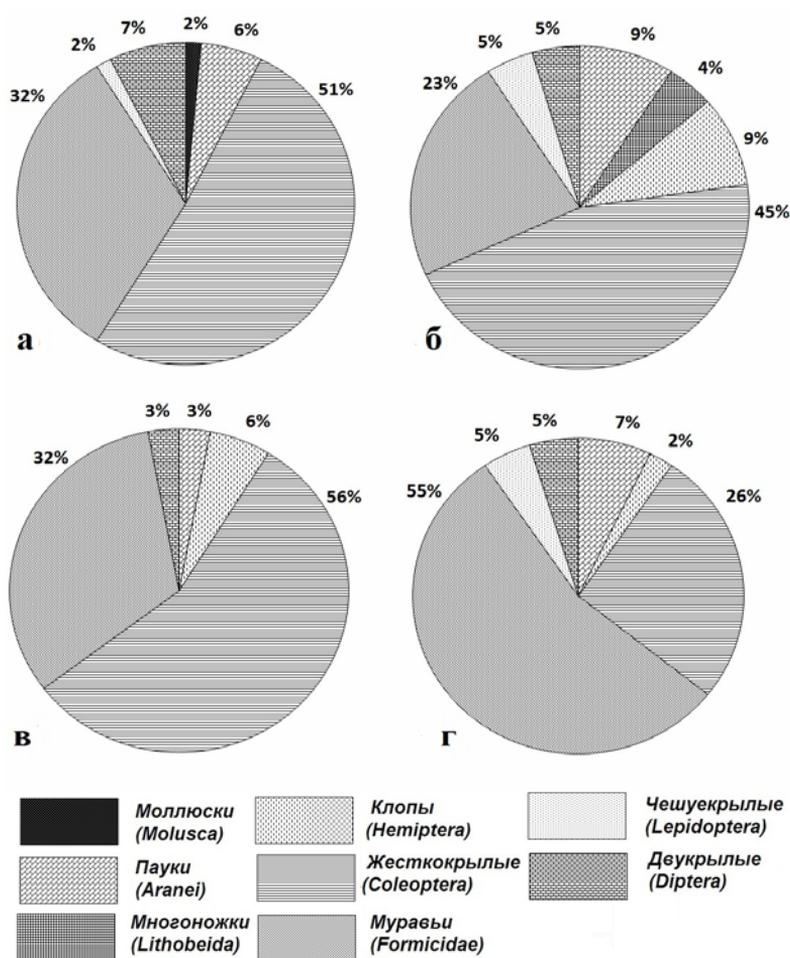


Рис. 1. Структура мезонаселения (по численности) на модельном участке Хакасского заповедника (буквенное обозначение – группы сообществ см. в тексте)

Основную долю биомассы беспозвоночных в степных сообществах составляют жесткокрылые. Это связано с тем, что представители этого отряда наиболее крупные особи. Так, масса отдельных личинок хрущей (*Scarabaeidae*) достигает 280 мг, а средняя масса мирмицин не превышает 2–3 мг. Соотношение биомассы беспозвоночных на пробных площадях представлено на рис. 2.

Обособленное место занимают комплексы беспозвоночных заболоченных почв, где переувлажненность отрицательно сказывается на характеристиках мезонаселения. На солончаках, лугово-болотных и малоразвитых щелнистых почвах многочисленны колонии мирмицин, более мелких перепончатокрылых, не имеющих конкурентов среди более крупных форм. Формицины в большом количестве встречаются в каштановых почвах и южных черноземах.

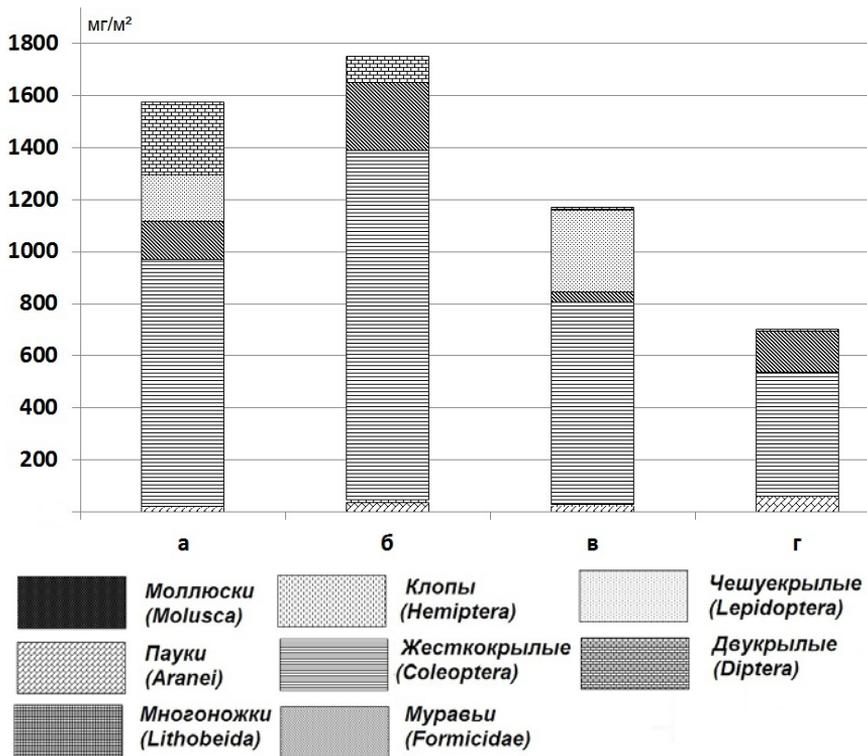


Рис. 2. Биомасса ($\text{мг}/\text{м}^2$) различных групп беспозвоночных на пробных площадях модельного участка

Распространение беспозвоночных на локальном уровне определяется физико-химическими характеристиками почвы как среды обитания и растительностью – наиболее важной составляющей в цепи питания фитофагов и сапрофагов. Структура фитоценоза, в свою очередь, также обусловлена гидротермическим режимом, однако взаиморасположение отдельных местообитаний для растений несравненно менее значимо, чем для почвенных беспозвоночных.

В результате проведенных исследований была получена карта пространственного распределения населения в почвах ключевого участка (рис. 3).

Полученные границы позволяют четко определить наиболее благоприятные территории для почвенных беспозвоночных. Особенности гидрологического режима приозерных участков для сухих степей оказываются наименее пригодными для жизни почвенных беспозвоночных. Повышенная засоленность и частое отсутствие влаги оказываются теми ограничивающими факторами, не позволяющими накапливать высокую численность для большинства групп животных. Слаборазвитые щелочные почвы оказываются более подходящими для почвенной биоты по сравнению с условиями болотных почв. Наиболее благоприятны для беспозвоночных южные черноземы, где воздействие негативных факторов сведено к мини-

муму. По мере продвижения на юг степной зоны в сообществах увеличивается удельный вес более крупных беспозвоночных. В почвах аридных районов они доминируют по численности и видовому разнообразию.

Закономерности, имеющие место в системе общих взаимосвязей и взаимообусловленности внутри среды обитания, неодинаковы по своим пространственно-временным масштабам. На региональном уровне структура сообществ и количественные характеристики зависят в основном от факторов макрогеографического порядка – природной зональности, секторности, высотной поясности, проявляющихся в изменении климата, растительности, почвенного покрова и особенностей рельефа [6]. На небольших по площади территориях, где действуют быстро меняющиеся локальные факторы, макрогеографические закономерности выступают в измененном виде. В преломлении физико-географического фона наиболее значительную роль играют особенности местного рельефа, распределение тепла и влаги и биотические факторы.

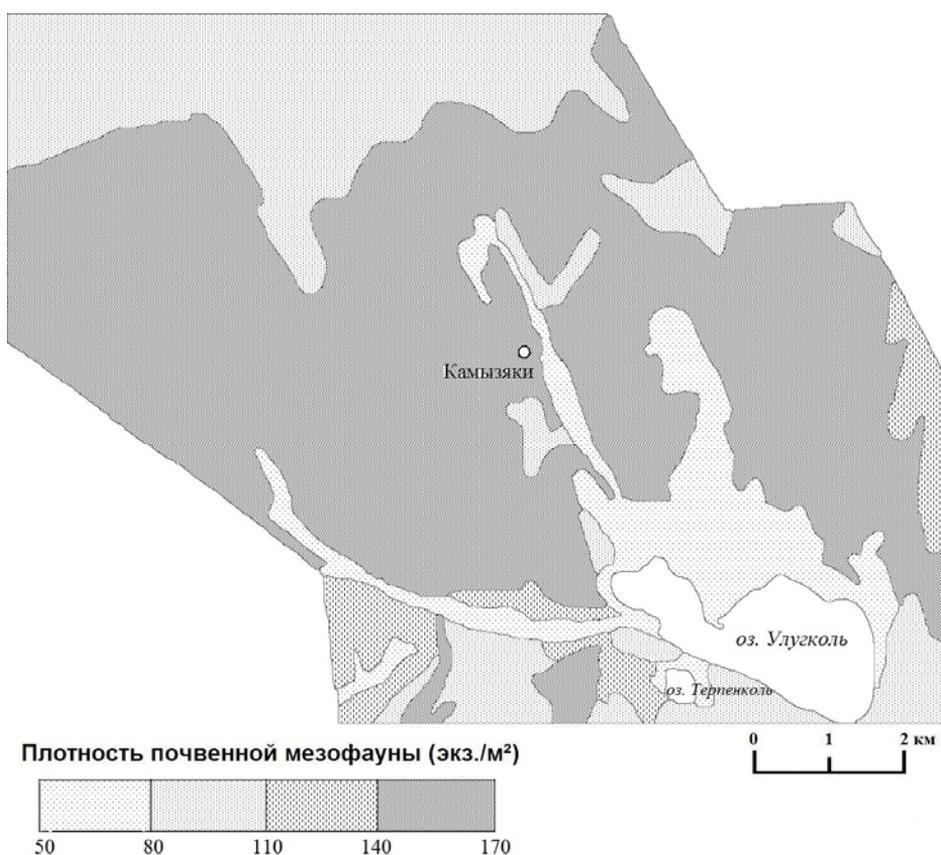


Рис. 3. Пространственное распределение мезонаселения в почвах модельного участка Хакасского заповедника

Заключение

В настоящее время еще недостаточно разработаны единые научные принципы и картографические приемы составления карт почвенной биоты. Изучение зооценозов почв с целью картографирования связано с рядом трудностей, которые заключаются в определении взаимных связей отдельных компонентов и пространственной сопряженности географических явлений, а также в выяснении доминирующих и индикационных элементов в зоокомплексах и отражении последних на карте. Важным методологическим аспектом картографирования почвенной биоты является представление об уровнях пространственной размерности геосистем, которые тесно связаны с масштабами картографирования.

Выполненная нами картосхема распределения почвенных беспозвоночных иллюстрирует пространственную вариабельность структуры геобия, связанную с неоднородностью абиотических условий: разнообразием геоморфологического строения, дифференциацией почвообразующих пород, локальными особенностями гидротермического режима. Существенное значение имеет также состояние растительного покрова. Главной тенденцией изменения структуры сообществ почвенных беспозвоночных является уменьшение количества беспозвоночных в градиенте нарастания аридности климата.

Соответствие структуры сообществ почвенных беспозвоночных определенным ландшафтным выделам интерпретировалось нами с позиций почвенно-типологического подхода – сопоставление и последующая идентификация сообществ почвенных беспозвоночных конкретным условиям среды обитания. Ландшафтно-экологический подход позволяет получить интегральную оценку современного состояния конкретного биогеоценоза (или ландшафтной единицы), а также определить степень трансформации и установить пределы допустимых, критических и недопустимых антропогенных нагрузок, выявить территории, подлежащие восстановлению и охране.

Геоэкологическое картографирование животного населения расширяют и обогащают информационную базу прогнозирования изменений природных комплексов, а также представляют значительный интерес для разработки методов диагностики их состояния и регламентации неблагоприятных воздействий в целях предотвращения деградации биотических сообществ и сохранения социально-экологических функций ландшафта.

При построении картосхем на основе ландшафтной или почвенной карты возможна экстраполяция данных на неисследованные территории, имеющие сходные экологические условия. Подобные картографические схемы представляют модели, позволяющие более детально проследить закономерности изменения биоты в зональном аспекте и под воздействием антропогенных факторов, а также оценить степень нарушенности биотических сообществ и осуществлять экологический контроль за их состоянием.

Список литературы

1. *Балязин И. В.* Изучение структуры сообществ почвенных беспозвоночных на территории Хакасского заповедника / И. В. Балязин // *Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее : материалы регион. науч.-практ. конф.* Иркутск, 11–16 апреля 2011 г. – Иркутск, 2011. – С. 11–13.
2. *Белов А. В.* Картографическое изучение биоты / А. В. Белов, В. Ф. Лямкин, Л. П. Соколова. – Иркутск : Облмаршинформ, 2002. – 166 с.
3. *Берлянт А. М.* Картография / А. М. Берлянт. – М. : Аспент-пресс, 2002. – 336 с.
4. *Бессолицына Е. П.* Ландшафтно-экологический анализ структуры зооценозов почв юга Сибири / Е. П. Бессолицына. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2001. – 166 с.
5. Картографирование населения почвенных беспозвоночных / Т. И. Коновалова [и др.] // *Ландшафтно-интерпретационное картографирование.* – Новосибирск : Наука, 2005. – С. 243–250.
6. *Бессолицына Е. П.* Ландшафтно-экологические закономерности распределения почвообитающих беспозвоночных в геосистемах юга восточной Сибири / Е. П. Бессолицына // *Материалы XIV совещания географов Сибири и Дальнего Востока.* Владивосток, 14–16 сентября 2011 г. – Владивосток : Дальнаука, 2011. – С. 115–117.
7. *Гиляров М. С.* Учет крупных беспозвоночных (мезофауна) / М. С. Гиляров // *Количественные методы в почвенной зоологии* / М. С. Гиляров. – М., 1987. – С. 9–18.
8. *Зайцев А. С.* Картографический анализ разнообразия панцирных клещей (Acari-formes, Oribatida) равнинной части Европейской территории России : автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / А. С. Зайцев ; МГУ. – М., 2002. – 25 с.
9. *Комплексные региональные атласы* / отв. ред. К. А. Салищев. – М. : Изд-во МГУ, 1976. – 637 с.
10. *Криволицкий Д. А.* Почвенная фауна в экологическом контроле / А. Д. Криволицкий. – М. : Наука, 1994. – 269 с.
11. *Покаряевский А. Д.* Пространственная экология почвенных животных / А. Д. Покаряевский, К. Б. Гонгальский, А. С. Зайцев. – М. : Т-во науч. изд. КМК, 2007. – 175 с.
12. *Равкин Ю. С.* Опыт картографирования населения животных / Ю. С. Равкин, Е. С. Равкин // *Изв. РАН. Сер. геогр.* – 2004. – № 1. – Ст. 1667. – С. 88–97.
13. *Солнцев В. А.* Системная организация ландшафтов / В. А. Солнцев. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 239 с.
14. *Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты* / отв. ред. Г. В. Добровольский. – М. : Наука, 2003. – 364 с.
15. *Тупикова Н. В.* Зоологическое картографирование / Н. В. Тупикова. – М. : Изд-во МГУ, 1969. – 250 с.
16. *Фасулати К. К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М. : Высш. шк., 1971. – 423 с.
17. *Wardle D. A.* Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components / D. A. Wardle. – Princeton : Princeton University Press, 2002. – 392 p.

Mapping of the mesopopulation of soils (as exemplified by the steppe area of the Khakasskiy reserve)

I. V. Balyazin, E. P. Bessolitsyna

Annotation. Thematic maps, reflecting the distribution of animals, form the basis for determination of relationship between organisms and abiotic environment and understanding the role of various species in biogeocenoses. Large-scale maps and diagrams can be used for cognition of spatial organization of zoocenoses, the laws of dynamics and optimization of environmental monitoring of the populations of individual species and landscape as a whole. The article attempts to create a large-scale pattern map of distribution of mesopopulation of soils of a model plot of the Khakasskiy reserve.

Key words: soil biota, zoogeographical mapping, environmental display.

*Балязин Иван Валерьевич
Институт географии
им. В. Б. Сочавы СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
инженер
тел.: (3952) 42–70–95, 89246321825*

*Бессолицына Екатерина Прокопьевна
доктор географических наук
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
ведущий научный сотрудник
тел.: (3952) 42–70–95*