



УДК 574.9:528.9(571.5)

Ландшафтно-экологические закономерности изменения таксономического разнообразия мезонаселения почв Байкальского региона

Е. П. Бессолицына

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН

Аннотация. Проведен ландшафтно-экологический анализ структуры сообществ почвенных беспозвоночных и их распределения в геосистемах Байкальского региона на локальном (биогеоценотическом), топологическом (фациальном) и региональном уровнях. Рассмотрены закономерности преобразования структуры сообществ в ландшафтно-зональном диапазоне под воздействием природных – фитоценологических (особенности растительности), эдафических и климатических (гидротермический режим почв) факторов, в горах – высотного градиента и антропогенного воздействия (изъятие древесины в результате вырубki лесов, пожары, нерациональное использование пастбищ, техногенное загрязнение почв, рекреация и др.). Даны основные подходы и принципы картографирования почвенной биоты.

Представленная карта таксономического разнообразия сообществ почвенных беспозвоночных выполнена на основе карты растительности Байкальского региона. Сообщества наземных беспозвоночных объединены в четыре группы: высокогорные, таежные и лесные, лесостепные и степные, луговые и гидрофильные. В каждой группе по количеству таксономических единиц в сообществе выделено пять категорий разнообразия структуры: 1 – очень низкое разнообразие (менее 5 таксонов); 2 – низкое (6–10 таксонов); 3 – среднее (11–15 таксонов); 4 – высокое (16–20 таксонов); 5 – очень высокое (более 20 таксономических единиц). Главной тенденцией изменения таксономического разнообразия сообществ почвообитающих беспозвоночных является уменьшение количества видов в градиенте нарастания аридности климата, усиления гипотермальности и антропогенного прессинга.

Ключевые слова: геосистема, почвенная биота, сообщества, таксономическое разнообразие, структура, экологические факторы, картографирование.

Введение

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. Кроме этого, мезонаселение как система биогеоценологического уровня широко используется для диагностики состояния наземных экосистем в службе мониторинга и экологическом прогнозировании [7; 10]. Ответные реакции почвенных беспозвоночных на изменение экологических факторов проявляются на разных уровнях иерархии географических объектов. Проблемы пространственно-временной дифференциации биоты

занимают ведущее место при экологической реставрации нарушенных биотических сообществ, оптимизации сети охраняемых природных территорий, оценке сбалансированности биоразнообразия и степени нарушенности экосистем и ландшафтов.

Благодаря огромной территории и разнообразию природно-климатических условий в Сибири находится значительная часть фаунистического фонда Северной Евразии. Здесь можно наблюдать зональную смену животного населения от арктических пустынь и тундр, таежных и смешанных лесов до настоящих степей и высокогорных областей с хорошо выраженной высотной поясностью в распределении животных.

Высокое разнообразие биотических сообществ Байкальского региона обусловлено его географическим положением и особенностями рифтовой зоны, способствовавшими образованию своеобразной ландшафтной структуры. Здесь наблюдается наложение ареалов представителей различных биогеографических зон, что ведет к усложнению ситуации с точки зрения распространения видов и фаунистических комплексов и выделяет регион на фоне сопредельных территорий. Своеобразие ландшафтно-экологических условий создает предпосылки для местного эндемизма и формирования уникальных природных объектов с большим количеством редких видов и высоким ценотическим и видовым разнообразием, наличие рефугиальных зон обеспечивает сохранение пустынно-степных и неморальных реликтов прошлых геологических эпох [18].

Район и методы исследований

Специфика климатических условий Байкальского региона определяется его положением в зоне действия Азиатского антициклона, а также горным рельефом, образующим барьерно-теневую и котловинный эффекты [4]. В целом климат характеризуется как умеренно континентальный. Преобладающие почвы региона относятся к трем типам: высокогорному, горно-таежному и степному. Из высокогорных преобладают горно-тундровые и горно-луговые почвы. Горно-таежная группа представлена преимущественно подбурами, подзолистыми, дерново-подзолистыми, дерновыми и мерзлотно-таежными почвами. Среди почв степного типа преобладают степные бескарбонатные, в меньшей степени встречаются каштановые глубокопромерзающие [12].

Особенности островных степей в Байкальском регионе в значительной степени определяют своеобразные климатические условия, выделяющиеся на общем фоне Прибайкалья. Здесь выше продолжительность солнечного сияния и прозрачность атмосферы, и, как следствие, отмечаются наибольшие для всей котловины Байкала величины суммарной радиации [4]. Специфика взаимодействия атмосферы, водной массы озера и окружающей суши создает предпосылки для выпадения наименьшего на западном побережье Байкала количества атмосферных осадков. Велика роль подгорного и котловинного эффектов, усиливающих сухость климата. Усугубляют климато-экологическую ситуацию малоснежные зимы. Дифференциацию биоклиматических ресурсов определяют также орографические и литолого-геоморфологические факторы.

Концептуальные и методологические основы ландшафтно-экологического изучения почвенной биоты базируются на представлениях о системной природе ее организации как важнейшего компонента геосистем и на фундаментальных работах в области географии и экологии сообществ почвообитающих организмов [6; 7; 9; 10; 15–17 и др.].

Изучение зооценозов почв природных и нарушенных антропогенной деятельностью ландшафтов проводилось на ключевых полигонах, охватывающих (в ландшафтно-зональном диапазоне) основной региональный спектр геосистем Байкальского региона. Эта территория характеризуется многокомпонентностью фитоценозов, мозаичностью и большим разнообразием производных сообществ, возникающих в результате деятельности человека. Пробные площади были выбраны в пределах горно-таежного, южнотаежного, подтаежного и лесостепного ландшафтов в различных местоположениях и структурно-динамических категориях, включающих выровненные участки междуречий – плакоры с суглинистыми почвами, сублитоморфные, субгидроморфные, гидроморфные и субкриоморфные фации.

Объект анализа – видовое (таксономическое) разнообразие наземных беспозвоночных животных, образующих сообщества и обладающих системными и функциональными взаимосвязями. Основное внимание уделялось мезонаселению (надвидовой таксономический уровень) – относительно крупным беспозвоночным, обитающим в почве и на ее поверхности. Закономерности изменения видового разнообразия в градиентах экологических факторов: высотной поясности, температурного режима и влажности почв выявлены на наиболее хорошо изученных в Байкальском регионе модельных группах беспозвоночных – представителей семейств Lumbricidae, Carabidae, Staphylinidae, Elateridae. На расширенном информационном поле рассматривается надвидовой таксономический уровень.

Для анализа изменений структуры животного населения в горизонтальном пространстве и взаимосвязей отдельных компонентов с факторами среды на локальном, сублокальном и региональном уровнях нами были использованы методы крупномасштабного экологического картографирования [2].

При постановке задач и проведении работ использована методика почвенно-зоологических и биогеоценологических исследований [8; 13]. Для сравнительного анализа применялись широко распространенные в почвенно-зоологических исследованиях расчеты количества животных на единицу площади земной поверхности (экз., мг, г/м²).

Количественные характеристики (численность и биомасса педобионтов) представлены графически с использованием методов математической статистики [3] и пакетов программ Microsoft Excel, MapInfo 7.5 и Photoshop CS.

Обсуждение результатов

При изучении и оценке биологического разнообразия основное внимание уделяется таксономическому составу сообщества – наиболее важным структурным единицам в достаточно сложной системе живых организмов. Показателем разнообразия принято считать соответствие между числом ви-

дов и их удельным значением (численностью, биомассой, продуктивностью, встречаемостью и т. д.) или отношение числа видов к единице площади [14].

Анализ данных по распространению сообществ и экосистем свидетельствует, что их структура и пространственное размещение находятся в теснейшей зависимости от абиотических параметров биосферы, среди которых выделяются географические, действующие прямо или опосредованно через экологические процессы. Именно географические факторы определяют уровень дифференциации биот во времени и пространстве, включая действие факторов эволюции живых организмов и их катастрофическое вымирание на рубежах геологических эпох и периодов. Географические процессы обуславливают динамику биоразнообразия через экологию не только сообществ, но также видов и популяций. Особенно это касается регуляции структуры сообществ климатическими и почвенными факторами [5].

Важным аспектом географии биологического разнообразия является представление об уровнях пространственной размерности геосистем [17], которое относится к фундаментальным свойствам организации биосферы. Уровни размерности – планетарный, региональный, топологический (локальный) взаимосвязаны, при этом на каждом уровне географические системы характеризуются своими временными и пространственными закономерностями, экологическими, динамическими и другими связями. Поэтому учет размерностей необходим при классификации экологических систем и разработке критериев оценки уровня разнообразия.

Изменение структуры сообществ беспозвоночных в экологических градиентах

Таксономическое разнообразие сообществ беспозвоночных в мезомасштабе пространства (на уровне групп фаций) изменяется главным образом в градиенте эдафо-климатических и фитоценологических факторов, которые варьируют в зависимости от местоположения биогеоценоза в ландшафте. По степени естественной изменчивости, обусловленной особенностями функционирования ландшафта, различаются фации 5 категорий – коренные, полукоренные, мнимокоренные, полусерийные и серийные [9]. В этих различающихся и по степени изменчивости и устойчивости фациях неодинаково проявляются и последствия экзогенных воздействий, в частности, чувствительность почвенно-биотических сообществ к воздействию антропогенных факторов возрастает с повышением динамичности.

Гидротермический режим почвы. Взаимосвязь и взаимообусловленность организмов и среды весьма отчетливо проявляется в корнеобитаемом слое почвы, который, выступая непосредственным местом обитания многочисленных групп животных, в то же время представляет собой одно из самых важных ландшафтно-экологических образований, обязанное своим существованием совместной работе биоты и абиотических факторов. Свойства почв, уменьшающие зависимость ее обитателей от прямого воздействия экологических факторов, имеют существенное значение для распространения животных в ландшафтах.

Теплообеспеченность верхнего слоя почвы является интегрально-ключевым показателем, контролирующим жизнеспособность почвенных организмов, структуру и развитие биотических сообществ. В зависимости от характера почвенного покрова в одной климатической зоне условия теплообеспеченности могут быть очень разными. Для горно-таежных ландшафтов температурный режим приобретает особое биогеографическое и экологическое значение в связи с тем, что по мере роста дефицита тепла он становится основным лимитирующим фактором в распространении многих видов животных. В зависимости от характера адаптаций к гидротермическим условиям среды находятся не только количественные соотношения отдельных групп беспозвоночных, но и активность их взаимодействия с другими компонентами геосистемы и участие в почвенно-биологических процессах.

Высокая степень зависимости пойкилотермных животных от абиотических условий среды детерминирована отсутствием автономии по отношению к термическому фактору. При этом следует принимать во внимание не только среднесуточные температуры, а и конкретные границы, в которых протекают жизненные циклы беспозвоночных, – абсолютные суточные минимумы в холодное время и максимумы в теплый период. Для типичных таежных форм максимальные летние температуры не выступают как ограничивающий биотические процессы фактор. Более важным для живых организмов является нижний предел температуры, отражающий экстремальность зимнего периода.

Повышенные значения разнообразия сообществ педобионтов характерны для биогеоценозов со средними величинами температуры почвы. Как в более теплых, так и в более прохладных почвах отмечено пониженное количество таксонов. При этом в лесных биогеоценозах таежных, подтаежных и горно-таежных ландшафтов, где температура почвы варьирует от низких до средних величин, видовое разнообразие и биомасса тем выше, чем сильнее прогрета почва.

Дефицит влаги в почвах степных геосистем сказывается на структуре и количественных характеристиках мезонаселения. В остепненных и степных биогеоценозах, где летнее прогревание почвы превышает среднюю для каждого ландшафта величину, разнообразие видов и масса педобионтов, как правило, уменьшается от менее теплых к наиболее обеспеченных теплом почвам. На безлесных площадях самое высокое разнообразие наблюдалось в подтаежно-луговых биогеоценозах, заметно ниже – в остепненно-луговых и степных, а самое низкое – на деградированных от перевыпаса участках степи и обрабатываемых полях.

Коэффициент корреляции между температурой почвы и массой геобия составляет от $-0,75$ до $-0,78$. В составе населения возрастает удельный вес мезоартропод, среди которых наибольшее число видов и жизненных форм представляют насекомые. На их долю приходится до 97 % численности и до 80–90 % массы педобионтов.

Воздействие температуры на количественные характеристики мезонаселения теснейшим образом связано с влажностью почвы. Для зооценозов с

преобладанием мезотермогигрофильных почвенных сапрофитов влажность имеет наиболее существенное значение. Высокое разнообразие сообществ, как правило, свойственно биогеоценозам со средней влажностью почвы, а невысокое – наиболее сухим и самым влажным.

При этом в лесах биомасса несколько увеличивается от наиболее обеспеченных влагой к менее увлажненным биогеоценозам, а на безлесных площадях – от сухих к влажным. Коэффициенты корреляции (0,56–0,62) свидетельствуют о наличии положительной связи между величиной биомассы и влажностью верхнего 20-сантиметрового слоя почвы.

Наибольшее разнообразие мезонаселения и высокие количественные показатели характерны для смешанных и мелколиственных лесов. Темнохвойные сообщества с длительно-мерзлотными глееватыми почвами подножий склонов и заболоченных депрессий, а также сосновые леса на супесчаных и песчаных гривах представляют пессимальные для беспозвоночных условия: первые в силу дефицита тепла, вторые – из-за недостатка влаги.

Экстремальными факторами *горных областей*, влияющими на численность, разнообразие и сезонную активность животных, являются: крутизна склонов, оказывающая влияние на величину обитаемого слоя, короткий период с положительными температурами воздуха и почвы, нестабильный гидротермический режим. Существующий в горах высотный температурный градиент меняется в зависимости от экспозиции склона и положения над уровнем моря и в среднем составляет около 1° на 200 м высоты. Это определяет соответствующие изменения климатических условий – от жарких и умеренно теплых у подножия склонов до холодных в нивально-гляциальной зоне. Закономерно изменяются и факторы увлажнения – количество осадков, облачность, влажность воздуха, а также длительность фенофаз и вегетационного периода. Дифференциация почв и биотических сообществ в горах в зависимости от высоты могут меняться от ультрагумидных до семиаридных.

В высотном градиенте таксономическое разнообразие сообществ почвенных беспозвоночных уменьшается от пойменных светло- и темнохвойных с тополем и березой разнотравно-вейниковых лесов к горно-долинным тундрам и относительно крутым склонам с разреженной растительностью. Самое низкое таксономическое разнообразие наблюдается на скальных водоразделах и обвально-осыпных горных склонах.

Антропогенные факторы дестабилизации состояния сообществ. Антропогенные воздействия на биотические сообщества: изъятие древесины, пожары, нерациональное использование пастбищ, техногенное загрязнение, рекреация и др., разрушая растительный и почвенный покровы, нивелируют различия между отдельными биогеоценозами и ландшафтными единицами, наносят существенный вред целостности и жизнеспособности коренных сообществ.

Представляя факторы дестабилизации ландшафтных связей, влияние человека в большинстве случаев вызывает изменение структуры зооценозов почв в сторону уменьшения разнообразия видов, снижения численности и биомассы крупных сапрофагов и увеличения количества более адаптацион-

но-способных и широко распространенных представителей фауны. Это проявляется в сходстве физиономических, флористических, фаунистических и структурных свойств ценозов и обусловлено широкой эколого-ценотической амплитудой эвритопных и космополитных видов. Систематическое поступление ксенобиотиков, накопление их в почве, в надземных и подземных органах растений нарушает геохимическую обстановку, ухудшает условия существования биоты, снижая тем самым функциональную активность почвы и устойчивость экологической системы в целом.

Изменения количественных характеристик и разнообразия мезонаселения от тайги к степям, так же как и от лесных биогеоценозов к пахотным землям, связаны главным образом с увеличением в этих направлениях жесткости гидротермического режима почвы, изменением массы и качественного состава фитокомпонента, а соответственно, и поступающего в почву мертвого органического вещества.

Пространственная структура мезонаселения почв. Географические закономерности изменения биоразнообразия наиболее полно выявляются картографическими методами. Картографический анализ состояния биоты позволяет оценить роль животных в формировании и поддержании структуры почвы и ее плодородия, а также выделить области экологического оптимума и пессимума для доминирующих групп обитающих в почве беспозвоночных.

Поскольку группировки почвенных животных не имеют видимых границ пространственной локализации, для построения картографических моделей 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.

Соответствие структуры животного населения определенному спектру эдафических условий, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность почвообитающих организмов, интерпретировалось нами с позиций ландшафтно-типологического подхода – сопоставление и последующая идентификация (экспериментальным путем) сообществ почвенных беспозвоночных конкретным условиям среды их обитания.

Исходя из подобия состава сообществ почвенных беспозвоночных, определен тип животного населения, который объединяет зооценозы одного структурно-таксономического уровня. При выделении типов животного населения нами учитывались количественные характеристики, совокупность доминирующих видов, спектры жизненных форм и соотношение экологических групп. При разработке принципов картографического анализа почвенной биоты нами принимались во внимание ландшафтные рубежи, в значительной степени влияющие на особенности географического распространения отдельных компонентов животного населения.

Данные для построения карты получены в результате детального изучения количественных характеристик сообществ беспозвоночных на ключевых полигонах и модельных участках таежных, горно-таежных и степных геосистем бассейна оз. Байкал. Проанализированы многочисленные карто-

графические материалы [11], сведения о почвенном покрове [12] и состоянии растительности, учтены данные о теплообеспеченности и влагообеспеченности почв.

Картографический анализ пространственного распределения таксономического разнообразия сообществ беспозвоночных животных осуществлен на основе карты растительности бассейна оз. Байкал (масштаб 1:5 000 000) [1].

В результате проведенных по единой методике исследований сообщества наземных беспозвоночных были объединены в четыре группы: высокогорные, таежные и лесные, лесостепные и степные, луговые и гидрофильные (рис.). В каждой группе по количеству таксономических единиц в сообществе выделено пять категорий разнообразия структуры: 1 – очень низкое разнообразие (менее 5 таксонов); 2 – низкое (6–10 таксонов); 3 – среднее (11–15 таксонов); 4 – высокое (16–20 таксонов); 5 – очень высокое (более 20 таксономических единиц).

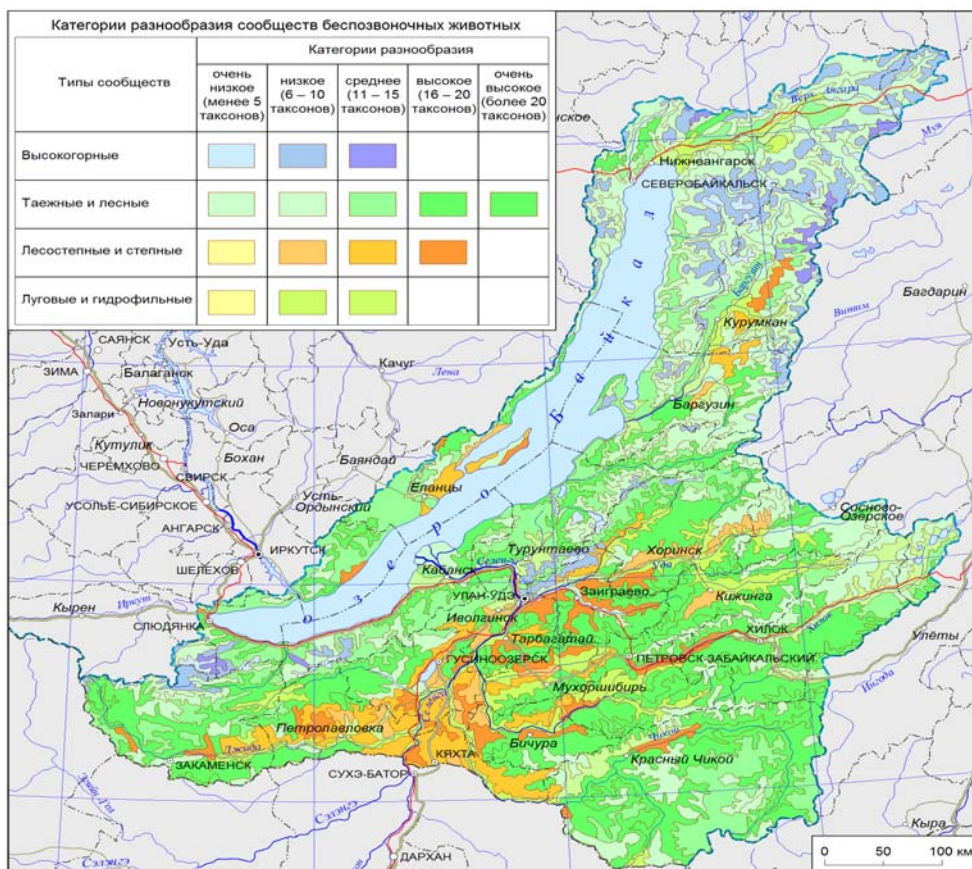


Рис. Таксономическое разнообразие сообществ почвообитающих беспозвоночных

С очень низким таксономическим разнообразием сообщества характерны для скальных водоразделов, обвально-осыпных склонов в гольцовом поясе, где преобладают кустарничково-лишайниковые тундры с горными аркто-тундровыми примитивными почвами, а также для высокогорных степных участков на каменистых склонах и привершинных литоморфных поверхностях с горными степными бескарбонатными почвами. Очень низкое разнообразие наблюдается также в верховьях ручьев и распадков, на низких заболоченных водоразделах и в пониженных участках пойм с переувлажненными торфянистыми почвами олиготрофных болот в сочетании с ивняковыми зарослями.

Сообщества с низким таксономическим разнообразием отмечены на крутых каменистых склонах разных экспозиций в верхних частях лесного пояса, где преобладают лиственничные, кедровые и еловые редколесья с ерником и кедровым стлаником, местами с фрагментами альпинотипных луговин и зарослями кедрового стланика в сочетании с каменистыми тундрами с горными мерзлотно-таежными, торфянисто-глеевыми и торфянисто-перегнойными длительно-мерзлотными почвами, по днищам каров и вогнутым склонам с горно-тундровыми и горно-луговыми дерново-перегнойными почвами.

Низкое разнообразие характерно для почв заболоченных лиственничников с подлеском из ерника в средних и нижних частях пологих и вогнутых склонов, по заболоченным поймам в сочетании с зарослями ерников и травяно-моховыми болотами с торфяными сфагново-болотными маломощными сырыми почвами, а также в мерзлотных дерново-глеевых, торфянисто-глеевых и лугово-болотных почвах осоково-разнотравных и разнотравно-злаковых переувлажненных лугов вдоль рек и в нижних частях склонов.

Сообщества с низким таксономическим разнообразием обычны также по окраинам солончаковых котловин, озер, террасам и берегам степных рек и ручьев с лугово-солончаковыми почвами в степной и лесостепной полосе, а также на крутых склонах и вершинах, где преобладают караганные разнотравно-типчаковые на горно-степных маломощных супесчаных поверхностно-сильносkeletalных почвах.

Среднее разнообразие сообществ характерно для светлохвойных лесов: сосновых и лиственнично-сосновых на плоских вершинах низких хребтов, пологих песчаных склонах со щебнистыми маломощными почвами, на выровненных поверхностях – с дерновыми лесными, в заболоченных долинах и понижениях – с торфянисто-подзолистыми супесчаными и песчаными почвами; а также для мелколиственных длительно производных лесов, восстанавливающихся на гарях и вырубках (заключительные стадии сукцессий).

Средние значения таксономического разнообразия почвенной биоты наблюдаются также по вершинам водоразделов, на высоких террасах и склонах, где распространены кедрово-пихтовые с елью и лиственницей, лиственничные (с участием темнохвойных пород) леса с дерновыми маломощными щебнистыми, подзолистыми супесчаными и легкосуглинистыми, перегнойными слабоподзоленными среднесуглинистыми и оторфованными почвами.

Высокое таксономическое разнообразие почвенно-биотических сообществ наблюдается в лиственничных, сосновых, лиственнично-сосновых, сосново-лиственничных (иногда с примесью кедра и ели), пихтово-кедровых лесов, распространенных на вершинах и склонах водоразделов, террасах рек, по речным долинам и дренированным падам с дерново-лесными, дерново-подзолистыми, дерново-карбонатными выщелоченными суглинистыми и супесчаными почвами; а также характерно для мелколиственных травянистых длительно производных лесов, восстанавливающихся на гарях и вырубках.

Очень высокое (максимальное) таксономическое разнообразие сообществ почвенных беспозвоночных отмечено в сосновых, березово-сосновых и лиственнично-сосновых лесах на выровненных поверхностях и пологих низких склонах с дерново-лесными и дерново-карбонатными почвами, а также – полидоминантных (светло- и темнохвойных лесов) с чозенией и тополем, расположенных в поймах крупных рек с мощными перегнойными и дерново-подзолистыми супесчаными почвами.

Среди остепненных и степных сообществ (относительно) высокое таксономическое разнообразие характерно для лиственничных, сосново-лиственничных и березово-сосновых лесов в сочетании со степными формациями на выровненных поверхностях, в нижних частях южных склонов и террасах рек со слабоподзолистыми песчаными, лугово-лесными глубокомерзлотными и дерновыми лесными почвами. С относительно высоким разнообразием почвенно-биотические сообщества отмечены в лугово-каштановых почвах лугово-степных биогеоценозов, расположенных в межгорных и приозерных понижениях.

В группе степных и лесостепных сообществ средние значения таксономического разнообразия наблюдаются на пологих склонах, где наиболее распространены разнотравно-осоково-типчаковые степи на дерново-степных супесчаных поверхностно-слабо- и среднекаменистых почвах.

Сообщества с низким таксономическим разнообразием отмечены на крутых склонах, где преобладают карагановые разнотравно-типчаковые на горно-степных маломощных супесчаных поверхностно-сильносkeletalных почвах. Сообщества с очень низким разнообразием характерны для дерновых степных слаборазвитых почв с выходами горных пород, расположенных на скалистых и каменистых склонах и привершинных литоморфных поверхностях.

Обособленное место занимают с менее выраженной по контрастности структурой комплексы беспозвоночных заболоченных почв (гидрофильные сообщества), где переувлажненность в сочетании с низкой теплообеспеченностью отрицательно сказывается на состоянии сообществ. Присутствие многих групп беспозвоночных, и в первую очередь крупных сапрофагов, зависит от глубины залегания мерзлоты и степени заболоченности почвы. В интразональных заболоченных биогеоценозах возрастает количество герпетобионтных беспозвоночных.

Полученная карта (см. рис.) представляет результат ландшафтно-экологического синтеза экспериментальных данных и опубликованной информации по биоразнообразию, характеризующих современное состояние почвенно-биотических сообществ геосистем Байкальского региона. На ней отражено естественное (природно обусловленное) разнообразие мезонаселения почв с различными числом таксонов и плотностью популяций без детальной оценки антропогенной нарушенности геосистем.

В результате обобщения полученных данных и картографических материалов на территории Байкальского региона выделены следующие ландшафтно-экологические комплексы беспозвоночных животных: I – зональные и подзональные (таежные, таежно-лесные, подтаежные, лесостепные и степные); II – интразональные (луговые, лугово-болотные, лугово-лесные и болотные); III – полизональные (включающие пирогенные на ранних стадиях восстановления, агроценотические, урбанизированные и техногенные сообщества).

Заключение

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

Результаты анализа, воспроизведенные в виде карты «Таксономическое разнообразие сообществ беспозвоночных животных», отражают современное распределение почвенно-биотических комплексов ландшафтно-зонального диапазона Байкальского региона и их изменение в градиентах влияния экологических факторов, включая и воздействие человека.

Широтная зональность в распространении животных на равнинных территориях соответствует зональности растительного покрова и почв. Она обусловлена различным притоком солнечной энергии, увеличивающимся с севера на юг. Вертикально-поясное распределение беспозвоночных в горах во многом повторяет их зональное распределение на равнинах.

Структура мезонаселения, формирующаяся в соответствии со спецификой ландшафтно-климатических условий, в значительной мере определяется степенью средообразующего влияния растительности, преломляющегося через физико-химические свойства почвенного субстрата, его влажность и температуру.

Таксономическое разнообразие сообществ беспозвоночных в мезомасштабе пространства (на уровне групп фаций) изменяется главным образом в градиенте эдафо-климатических и фитоценологических факторов, которые варьируют в зависимости от местоположения биогеоценоза в ландшафте.

Анализ полученных данных на широкой информационной основе показал, что из числа экологических факторов в почвах горно-таежных и таежных ландшафтов критическое значение имеет теплообеспеченность почвы, лимитирующая численность и активность животных, а также в значительной степени определяющая структуру геобия; в почвах подтаежных, лесостепных и степных ландшафтов – влажность почвенного субстрата.

Представленная карта распределения почвенных беспозвоночных отражает закономерности ландшафтно-зональной дифференциации экологических условий, определяемых разнообразием геоморфологического строения, почвообразующих пород, локальными особенностями гидротермического режима и степенью освоенности территории. Главной тенденцией изменения структуры сообществ почвенных беспозвоночных является уменьшение количества крупных почвенных сапрофагов в градиенте нарастания аридности климата, усиления гипотермальности и антропогенного прессинга.

Таким образом, таксономическое разнообразие находится в многоуровневой функциональной зависимости с характеристиками геосистемы: ее размерностью и динамической структурой – биотой и абиотической средой, представляющих единое целое. Разнообразие сообществ и суммарное обилие животных уменьшается от таежной зоны к лесостепной, затем эти показатели уменьшаются в степной зоне и достигают максимальных величин в горно-таежных ландшафтах Южной Сибири.

Картографические произведения, отражающие пространственную дифференциацию естественного разнообразия, в сочетании с картами нарушенности и устойчивости геосистем могут быть использованы для организации природоохранных мероприятий, направленных на сбережение и воспроизводство социально-экологических функций ландшафта и его биотического потенциала путем ограничения негативного воздействия на основе регламентации и нормирования отдельных форм хозяйственной деятельности, а также для дальнейшего развития системы охраняемых территорий.

Список литературы

1. Белов А. В. Растительность. Карта. М 1:5 000 000 / А. В. Белов, Л. П. Соколова // Экологический атлас бассейна озера Байкал. – Иркутск, 2015. – С. 41–43.
2. Бессолицына Е. П. Картографирование населения почвенных беспозвоночных / Е. П. Бессолицына // Ландшафтно-интерпретационное картографирование. – Новосибирск, 2005. – С. 243–250.
3. Боровиков В. П. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М. : Филинь, 1998. – 608 с.
4. Буфал В. В. Условия формирования современного климатического фона / В. В. Буфал // Природопользование и охрана среды в бассейне Байкала. – Новосибирск, 1990. – С. 29–40.
5. География и мониторинг биоразнообразия. – М. : Изд-во Науч. и учеб.-метод. центра, 2002. – 432 с.
6. Гиляров М. С. Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых / М. С. Гиляров. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. – 279 с.
7. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв / М. С. Гиляров. – М. : Наука, 1965. – 278 с.
8. Количественные методы в почвенной зоологии. – М. : Наука, 1987. – 288 с.
9. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения / А. А. Крауклис. – Новосибирск : Наука, 1979. – 231 с.
10. Мордкович В. Г. Зоологическая диагностика почв лесостепной и степной зон Сибири / В. Г. Мордкович. – Новосибирск : Наука, 1977. – 110 с.
11. Картографирование и районирование геосистем / В. М. Плюссин, И. Н. Биличенко, М. В. Загорская, А. А. Сороковой // Географические исследования Сибири. В 5 т. Т. 1. Структура и динамика геосистем. – Новосибирск : Гео, 2007. – 413 с.

12. Почвенная карта Иркутской области. М-б 1:1 500 000. – М. : ГУГК, 1988.
13. Программа и методика биогеоценологических исследований. – М. : Наука, 1974. – 404 с.
14. *Реймерс Н. Ф.* Популярный биологический словарь / Н. Ф. Реймерс. – М. : Наука, 1991. – 544 с.
15. *Сочава В. Б.* География и экология / В. Б. Сочава. – Л. : Изд-во Геогр. о-ва СССР, 1970. – 22 с.
16. *Сочава В. Б.* Системная парадигма в географии // Изв. ВГО. – 1973. – Т. 105, вып. 5. – С. 393–401.
17. *Сочава В. Б.* Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 319 с.
18. Уникальные объекты живой природы Бассейна Байкала. – Новосибирск : Наука, 1990. – 224 с.

Landscape-Ecological Regularities of Changes in Taxonomic Diversity of Soils Mesopopulation in Baikal Region

E. P. Bessolitsyna

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS

Abstract. Landscape-ecological analysis of community structure of soil invertebrates and their distribution in the geosystems of the Baikal Region was carried out on the local (biogeocenotic), topological (facies) and regional levels. The paper considers regularities of transformation of communities' structure in landscape-zonal range under the influence of natural: phytocenotic (peculiarities of vegetation) edaphical and climatic (hydrothermal regime of the soil), in the mountains – an altitudinal gradient and anthropogenic factors: the removal of the wood as a result of deforestation, fires, irrational use of pastures, technogenic pollution of soils, recreation and others; the basic approaches and principles of mapping soil biota were given.

Presented map of taxonomic diversity of soil invertebrate communities made on the basis of the vegetation map of the Baikal region. Communities of terrestrial invertebrates were grouped into four groups: alpine, taiga and forest, forest-steppe and steppe, meadow and hydrophilic. Five categories of diversity structure were identified of each group by the number of taxonomic units in the community: 1 – very low diversity (less than 5 taxons), 2 – low (6–10 taxons), 3 – medium (11–15 taxons), 4 – high (16–20 taxons), 5 – very high (more than 20 taxonomic units). The main trend of changes in taxonomic diversity of pedobionts communities is a decrease in the species number in the gradient of an increase of climate aridity, and strengthening of the hypothermal character and anthropogenic pressure.

Keywords: geosystem, soil biota, communities, taxonomic diversity, structure, ecological factors, cartography.

Бессолицына Екатерина Прокопьевна
доктор географических наук,
ведущий научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-70-95
e-mail: bessol@irigs.irk.ru

Bessolitsyna Ekaterina Prokopievna
Doctor of Science (Geography),
Leading Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography SB
RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-70-95
e-mail: bessol@irigs.irk.ru