



Серия «Науки о Земле»
2012. Т. 5, № 2. С. 64–74

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

ИЗВЕСТИЯ
*Иркутского
государственного
университета*

УДК: 574.9, 528.946

Ландшафтно-экологические закономерности изменения таксономического разнообразия мезонаселения почв степных геосистем Прибайкалья

Е. П. Бессолицына (bessol@irigs.irk.ru)

И. В. Балязин (grave79@mail.ru)

Аннотация. Представлен ландшафтно-экологический анализ структуры мезонаселения почв степных геосистем Прибайкалья. Рассмотрены закономерности изменения количественных характеристик сообществ беспозвоночных под воздействием природных и антропогенных факторов, а также – особенности распределения таксономического разнообразия на ландшафтной основе. Главной тенденцией изменения таксономического разнообразия сообществ педобионтов является уменьшение количества видов в градиенте нарастания аридности климата, усиления гипотермальности и антропогенного прессинга.

Ключевые слова: степные геосистемы, население беспозвоночных животных, таксономическое разнообразие, экологические факторы, оценка состояния, картографирование.

Введение

Высокое биологическое разнообразие Байкальского региона обусловлено его географическим положением и особенностями формирования 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 [14].

Наиболее высоким разнообразием характеризуется биота наземных экосистем. В настоящее время в мировой фауне общее количество беспозвоночных, по предварительным подсчетам, составляет не менее 4–5 млн видов. Почвообитающие беспозвоночные могут служить тест-объектами уровня загрязнения в зонах промышленных аномалий, качества земель и тенденций их изменения в результате антропогенного преобразования, процессов

деградации почв, таких как утрата способности к самоочищению и восстановлению, снижение природного потенциала и опустынивание [4].

Для расширения возможностей использования информации о состоянии почвенной биоты в решении эколого-географических проблем является актуальным изучение локальных и региональных спектров зооценозов, дифференциации структуры в связи с климатическими, эдафическими и биотическими факторами, разработка их типологии, определение пространственных особенностей таксономического разнообразия и закономерностей реакции на антропогенные воздействия.

Район и методы исследований

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 [8]. 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.

Исследование зооценозов почв природных и нарушенных антропогенной деятельностью ландшафтов проводилось на ключевых участках, охватывающих основной региональный спектр степных геосистем Маломорского побережья оз. Байкал (окрестности пос. Сарма, залива Куркут) и о. Ольхон в 2007, 2009 гг.; полевые работы были продолжены в 2012 г. на базовых площадках в Приольхонье (ключевой участок «Куркут»). Базовые площадки представлены: I – редкостойным лиственничником злаково-разнотравным на дерновой лесной остепненной почве, расположенном на пологом склоне; II – полевицево-осоковой степью на лугово-каштановой почве в межгорном понижении; III – разнотравно-осоково-типчаковой степью на дерновой степной супесчаной поверхностно-слабокаменистой почве на пологом склоне; IV – разнотравно-типчаковой с караганой степью на маломощной горно-степной супесчаной поверхностно-сильносkeletalной почве; V – разреженной растительной группировкой на дерновой степной слаборазвитой почве с выходами горных пород, расположенной на крутом каменистом склоне.

При постановке и проведении работ использована методика почвенно-зоологических и биогеоценологических исследований [11; 12] с применением сравнительно-географического подхода. Основное внимание уделялось мезонаселению – относительно крупным беспозвоночным, обитающим в почве и на ее поверхности. Для сравнительного анализа использова-

лись широко распространенные в почвенно-зоологических исследованиях расчеты количества животных на единицу площади земной поверхности (экз., мг, г/м²).

Для определения численности и биомассы обитателей почвы и подстилки на каждой площади с применением монолитореза размером 25×25 см 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., мг, г/м²). Кроме раскопок применялись качественные сборы беспозвоночных с поверхности почвы, из-под камней и разных укрытий, разрушающейся древесины и с цветущей растительности. Всего обследовано 23 пробные площади.

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]. Наиболее предпочтительную основу для картографирования населения почвенных беспозвоночных представляет ландшафтная карта [10], объединяющая большой объем информации о состоянии всех основных компонентов географической среды. Для изучения таксономического разнообразия и его пространственного распределения в качестве модельной территории был взят ключевой участок «Куркут», наименее измененный антропогенным воздействием.

Количественные характеристики (численность и биомасса педобионтов) представлены графически по средним (суммарным) для каждой площади величинам с использованием методов математической статистики [7] и пакетов программ Microsoft Excel, MapInfo 7. 5 и Photoshop CS .

Изменение сообществ беспозвоночных в градиенте температуры и влажности

Биотические сообщества степей Прибайкалья сформировались и функционируют в особых климатических условиях, существенно отличающихся от прилегающих территорий и настоящих степей южно-сибирского типа.

Для побережья оз. Байкал от устья р. Зундук до м. Рытый характерен засушливый (полузасушливый) с умеренно холодным летом, холодной малоснежной зимой тип климата. Здесь в теплое полугодие выпадает до 250 мм, в целом за год – от 280 до 370 мм атмосферных осадков. Высота снежного покрова составляет 10–40 см. Сумма положительных температур воздуха варьирует от 1465 до 1655, отрицательных – от 2220 до 2310 °С. Максимальная засушливость климата наблюдается в начале и конце вегетационного периода. Склоны Приморского хребта отличаются некоторым снижением теплообеспеченности и повышением атмосферного увлажнения.

Термозондирование земной поверхности в летний полдень показало, что в степных геосистемах Приольхонья радиационная температура колебалась от 33 до 45 °С. Наибольшая величина характерна для оголенной, щебнистой или каменисто-глыбовой поверхности. Встречающиеся локально на склонах остепненные лиственнично-сосновые и лиственничные леса, осоково-злаковые, преимущественно солонцеватые луга и песчаный берег Байкала имели радиационную температуру 25–32 °С. Радиационная температура поверхности степного участка прибрежной возвышенности достигала 35 °С, а иссушенный каменисто-хрящеватый верхний слой почвы прогревался к этому времени до 15–18 °С [6].

Дефицит влаги в почвах степных геосистем сказывается на структуре и количественных характеристиках мезонаселения. Повышенное количество педобионтов характерно для биогеоценозов со средними значениями температуры почвы. Как в более теплых, так и в более прохладных почвах отмечено снижение количественных характеристик. В остепненных и степных биогеоценозах, для которых характерно сильное летнее прогревание почвы, масса педобионтов, как правило, уменьшается от менее прогретых к наиболее теплым почвам.

Общая зоомасса уменьшается от луговых степей межгорных понижений и пологих склонов к умеренно засушливым кустарничковым биогеоценозам, настоящим и очень сухим степным ассоциациям в направлении усиления жесткости гидротермического режима почв (рис. 1). Коэффициент корреляции между температурой почвы и массой геобия составляет -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 80–99 % массы педобионтов. Степной элемент фауны, для которого характерны антициды, чернотелки, формициды, прямокрылые и мезоксерофильные виды элатерид, долгоносиков и пластинчатоусых, хорошо выражен в структуре зооценозов дерновых степных, горно-степных и каштановых почв.

Основное ядро мезонаселения устойчиво сохраняется в большинстве степных биогеоценозов, исключая отдельные, где обеднение видового состава происходит из-за своеобразия гидротермических условий, сложившихся в результате особого положения в ландшафте – литоморфные скелетные почвы на крутых каменистых склонах, либо антропогенного воздействия – высокая рекреационная нагрузка.

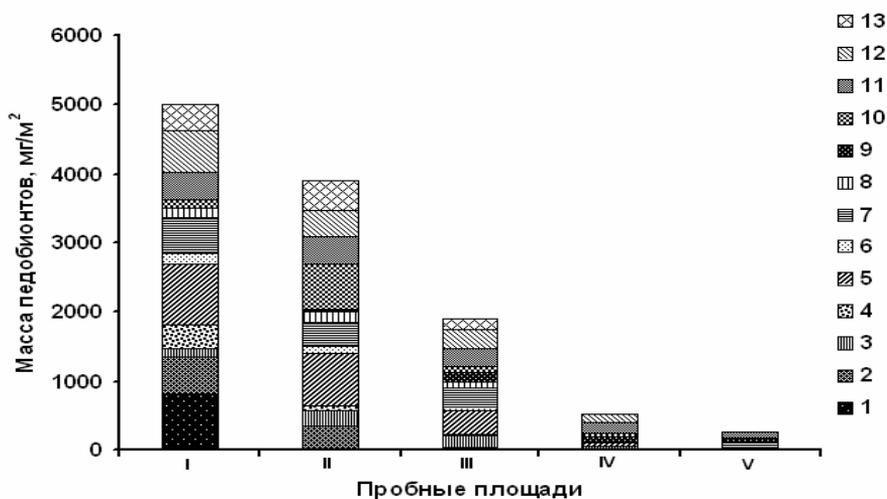


Рис. 1. Структура мезонаселения и масса беспозвоночных в почвах степных биогеоценозов

Систематические группы: 1 – Lumbricidae; 2 – Enchytraeidae; 3 – Aranei; 4 – Chilopoda; 5 – Carabidae (i, l); 6 – Staphilynidae (i, l); 7 – Scarabeidae (i, l); 8 – Elateridae (l); 9 – Anthicidae (l); 10 – Tenebrionidae (i,l); 11 – Curculionidae (i, l); 12 – Formicidae; 13 – Diptera (l)

Пробные площади: I – листовничник редкостойный злаково-разнотравный на дерново-лесной почве остепненный; II – полевицево-осоковая степь на лугово-каштановой почве; III – разнотравно-осоково-типчаковая степь на дерновой степной поверхностно-слабокаменистой почве; IV – разнотравно-типчаковая с караганой степь на маломощной горно-степной супесчаной поверхностно-скелетной почве; V – остепненная разреженная растительная группировка на дерновой степной слабообразованной почве

Оценка состояния и особенности распределения таксономического разнообразия на модельном участке

Разнообразие видов и характер их распространения, отражающие сложность структуры сообщества, являются одним из важнейших критериев его устойчивости к изменению экологических факторов. Показателем разнообразия принято считать соответствие между числом видов и их удельным значением (численностью, биомассой, продуктивностью, встречаемостью и т. д.) или отношение числа видов к единице площади [13].

При изучении и оценке биологического разнообразия основное внимание уделяется таксономическому составу сообщества – наиболее важным структурным единицам в достаточно сложной системе живых организмов. 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 осо-

бенностями 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.

Состояние элементарной геосистемы в целом и ее отдельных компонентов, в частности таксономического разнообразия биотических сообществ, могут быть выражены различными показателями: величиной биомассы и численности отдельных таксонов, их встречаемости, индексами сходства сравниваемых сообществ, а также посредством оценочных шкал, где отклонение оцениваемого признака от фоновых/максимальных характеристик выражается в процентах или баллах [1; 3; 5]. Наиболее распространенной является пятибалльная шкала, где первая категория – это отклонение не более 20 % (высокое разнообразие), вторая – отклонение составляет от 21 до 40 % (относительно высокое), третья категория – средняя с отклонением от 41 до 60 % (средняя величина разнообразия), четвертая – отклонение от 61 до 80 % (низкое разнообразие) и пятая категория – отклонение в пределах от 81 до 100 % (очень низкое таксономическое разнообразие).

Для систематизации состояний и картографического представления полученных данных были использованы решетки-матрицы, построенные с учетом типологических особенностей элементарных геосистем (а следовательно, и фитоценоза), количества таксонов, зарегистрированных в ландшафтном выделе, их встречаемость, общая численность и биомасса беспозвоночных. Такой подход позволяет получить оценку состояния таксономического разнообразия конкретного биогеоценоза (или ландшафтной единицы). Упорядоченный спектр состояний является источником информации для создания карты пространственной дифференциации таксономического разнообразия.

Важным методологическим аспектом оценки и сохранения биоразнообразия является представление об уровнях пространственной размерности геосистем. 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. 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.

Одной из наиболее рациональных и эффективных форм сохранения биологического разнообразия считается дальнейшее развитие сети особо охраняемых территорий, позволяющих сохранить не только виды и их со-

общества, но и среду обитания этих видов, как правило, являющуюся составной частью уникальной экосистемы или ландшафта в целом.

Поиску оптимальных схем размещения и выделения охраняемых объектов должна предшествовать первичная оценка и картографическая инвентаризация флоры и фауны в виде картосхем пространственной дифференциации биоразнообразия и распространения редких, реликтовых и эндемичных видов с последующей оценкой значимости этих природных объектов и их чувствительности к разного рода воздействиям.

Для построения карты-схемы распределения почвенно-биотических сообществ 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 геобионтных организмов, интерпретировалось нами с позиций ландшафтно-типологического подхода – сопоставление и последующая идентификация (экспериментальным путем) сообществ почвенных беспозвоночных конкретным условиям среды их обитания.

Распределение значений таксономического разнообразия по территории модельного участка, в значительной степени коррелирующего с устойчивостью почвенно-биотических сообществ, отражено на картосхеме (рис. 2).

1. Высокое (максимальное) таксономическое разнообразие сообществ почвенных беспозвоночных характерно для редкостойных лиственничников на дерново-лесных почвах, расположенных на относительно покатых склонах (пр. пл. I).

2. С относительно высоким разнообразием почвенно-биотические сообщества отмечены в лугово-каштановых почвах лугово-степных биогеоценозов, расположенных в межгорных и приозерных понижениях (пр. пл. II).

3. Средние значения таксономического разнообразия наблюдаются на пологих склонах, где наиболее распространены разнотравно-осоково-типчаковые степи на дерново-степных супесчаных поверхностно-слабо- и среднекаменистых почвах (пр. пл. III).

4. Сообщества с низким таксономическим разнообразием отмечены на крутых склонах, где преобладают карагановые разнотравно-типчаковые на горно-степных маломощных супесчаных поверхностно-сильносkeletalных почвах (пр. пл. IV).

5. 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 (пр. пл. V).

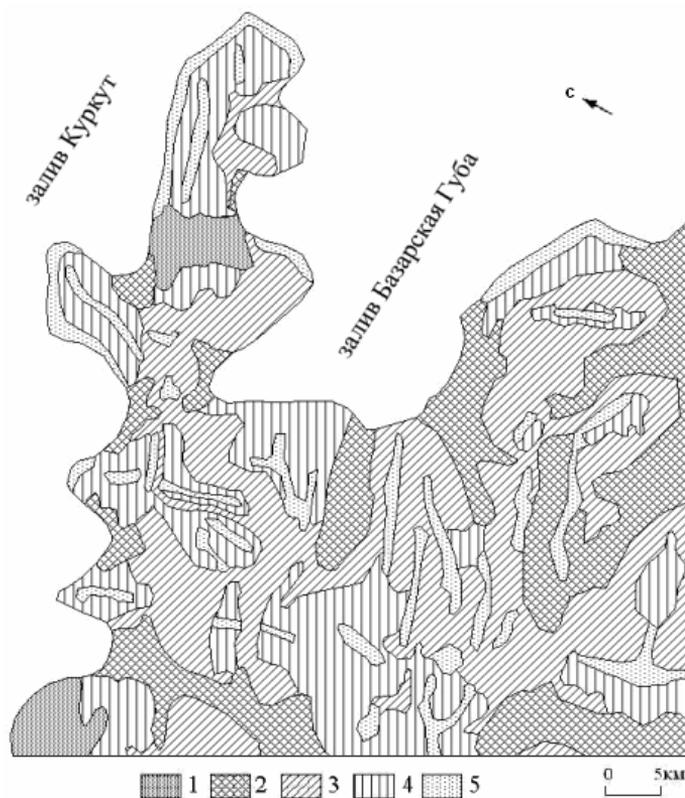


Рис. 2. Таксономическое разнообразие сообществ почвенных беспозвоночных в районе залива Куркут, Малое море.

Категории таксономического разнообразия: 1 – высокая, 2 – относительно высокая, 3 – средняя, 4 – низкая, 5 – очень низкая

Полученная карта-схема представляет результаты ландшафтно-экологического синтеза данных, характеризующих современное состояние почвенно-биотических сообществ геосистем ключевого участка «Куркут». На основе ландшафтной типологической карты [10] отражено естественное (природно-обусловленное) разнообразие мезонаселения почв с различным числом таксонов и плотностью популяций без детальной оценки антропогенной нарушенности геосистем.

Изменение биоразнообразия может прослеживаться на двух уровнях: видовом, когда происходит сокращение числа видов за счет выпадения отдельных видов и таксономических групп, и экосистемном, когда под воздействием антропогенных факторов наблюдается нивелирование различий между отдельными биогеоценозами (эко- и геосистемами) и полная деградация некоторых из них. Вероятность проявления нежелательных последствий увеличивается адекватно росту степени воздействия, преломляясь через экологические параметры среды.

Заключение

Региональный природно-зональный спектр сообществ беспозвоночных отражает сложность и уникальность ландшафтной структуры Байкальского региона. Локальные климатические условия Приольхонья способствуют сохранению экстразональных биотических сообществ центрально-азиатского степного типа, не встречающихся в других районах Байкальского побережья.

Структура мезонаселения почв является результатом воздействия различных по природе факторов, проявляющихся как на макрогеографическом, так и на внутриландшафтном фоне. Пространственные закономерности изменения сообществ почвенных беспозвоночных определяются главным образом широтно-зональными особенностями климата. Дифференцирующими факторами второго порядка являются локальные соотношения тепло- и влагообеспеченности, обусловленные строением ландшафта, составом фитоценоза, экспозиционными особенностями, мезо- и микрорельефом. По степени преобразующего действия на климатические параметры и состояние биотических сообществ с факторами макрогеографического порядка может сравниться антропогенный.

В результате неблагоприятного сочетания природных факторов степные и лесостепные ландшафты Прибайкалья наиболее ранимы, для них характерны низкая устойчивость к антропогенным воздействиям и слабая восстановительная способность разнообразия биотических сообществ. Обеднение и тривиализация таксономического и ценотического разнообразия животного населения, вспышки массовых размножений насекомых следует рассматривать как индикаторы неблагоприятных процессов в ландшафте – изменения почвенно-растительного покрова в направлении его значительной ксероморфизации и деградации.

Ландшафтно-экологический подход повышает объективность прогнозирования изменений компонентов геосистем за счет учета структурно-динамических особенностей природных комплексов и связанных с ними категорий чувствительности, устойчивости, экологической ценности и уникальности. Использование этого подхода на картографической основе обеспечивает типологическую и пространственную определенность оценочных и прогнозных построений, а также возможность проследить закономерности проявления последствий различных форм антропогенного воздействия.

Карты-схемы пространственной дифференциации 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.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 12–05–98063 р_сибирь_a.

Список литературы

1. Бессолицына Е. П. Геоэкологические методы оценки состояния геосистем / Е. П. Бессолицына // Новые географические знания и направления исследований (Сборник научных трудов). – Киев, 2006. – С. 254–263.
2. Бессолицына Е. П. Картографирование населения почвенных беспозвоночных // Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Е. П. Бессолицына. – Новосибирск : Наука, 2005. – С. 243–250.
3. Бессолицына Е. П. Ландшафтно-экологическая оценка изменения геосистем под воздействием антропогенных факторов / Е. П. Бессолицына // География и природные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 11–17.
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. Бессолицына Е. П. Оценка биологического разнообразия и устойчивости почвенно-биотических сообществ таежных геосистем / Е. П. Бессолицына // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. – М. ; Белгород, 2010. – С. 13–17
6. Бессолицына Е. П. Структура мезонаселения почв в условиях современных климатических и антропогенных изменений геосистем контакта тайги и степи Прибайкалья / Е. П. Бессолицына, И. Е. Трофимова // Сиб. экол. журн. – 2008. – № 5. – С. 717–725.
7. Боровиков В. П. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М., 1998. – 608 с.
8. Буфал В. В. Климатические ресурсы Байкала и его бассейна / В. В. Буфал, Г. П. Панова. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1976. – 134–146.
9. Геосистемы контакта тайги и степи: юг Центральной Сибири / Е. П. Бессолицына, С. В. Какарека, А. А. Крауклис, Л. К. Кремер. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 216 с.
10. Картографирование и районирование геосистем / В. М. Плюснин [и др.] // Географические исследования Сибири. Т. 1. Структура и динамика геосистем. – Новосибирск : Академ. изд-во «Гео», 2007. – 413 с.
11. Количественные методы в почвенной зоологии. – М. : Наука, 1987. – 288 с.
12. Программа и методика биогеоценологических исследований. – М. : Наука, 1974. – 404 с.
13. Реймерс Н. Ф. Популярный биологический словарь / Н. Ф. Реймерс. – М. : Наука, 1991. – 544 с.
14. Уникальные объекты живой природы Бассейна Байкала / отв. ред. Л. В. Попов. – Новосибирск : Наука, 1990. – 224 с.

Landscape-ecological Regularities of Changes in taxonomic Diversity of the soil Mesopopulation in steppe geosystems of the Prebaikalya

E. P. Bessolitsyna, I. V. Balyazin

Annotation. A landscape-ecological analysis is given of the structure of the soil mesopopulation in steppe geosystems of the Prebaikalya. The paper considers regularities of changes in quantitative characteristics of invertebrate communities under the influence of natural and anthropogenic factors, as well as peculiarities of distribution of taxonomic

diversity at the landscape basis. 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.

Key words: steppe geosystems, invertebrate population, taxonomic diversity, ecological factors, status assessment, mapping.

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

Balyazin Ivan Valerievich
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664003
leading engineer
tel.: (3952) 42-70-95

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

Bessolitsyna Ekaterina Prokopievna
Doctor in Geography
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664003
leading researcher
tel.: (3952) 42-70-95