

3. Глазовская М. А. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. М.: Наука, 1989. 326 с.
4. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 157 с.
5. Пых Ю. А. Равновесие и устойчивость в моделях популяционной динамики. М.: Наука, 1983. 183 с.
6. Рюмин В. В. Динамика и эволюция южно-сибирских геосистем. Новосибирск: Наука, 1988. С. 13-23.
7. Семенов Ю. М., Мартынов А. В. Ландшафтные подходы к обоснованию норм техногенных воздействий на геосистемы // География и природные ресурсы. 1994. № 1. С. 15-22.
8. Гашев С. Н. Экологические характеристики сообществ млекопитающих // Тез. конф. «Биологическое разнообразие животных Сибири». Томск: ТГУ, 1998. С. 128-129.
9. Пых Ю. А., Малкина-Пых И. Г. Об оценке состояния окружающей среды. Подходы к проблеме // Экология. 1996. № 5. С. 323-334.
10. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: Изд-во ТГУ, 2000. 220 с.
11. Одум Ю. Экология: В 2 т. М.: Мир, 1986. 328 и 376 с.
12. Гашев С. Н. Показатель «плохой» агрегированности в оценке качества среды обитания животных // Териологические исследования. СПб.: ЗИН РАН, 2002. С. 131.

*Наталья Александровна САЗОНОВА —
ассистент, аспирант
кафедры зоологии и ихтиологии
биологического факультета*

УДК 573.7:574.4:576.8:591.4:599.3 (571.12)

СООБЩЕСТВА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СУКЦЕССИИ

АННОТАЦИЯ. В результате комплексных экологических исследований показан ход сукцессионного развития сообществ мелких млекопитающих при восстановлении брошенных пахотных земель.

This article is a result of complex ecological studies with an objective to show the process succession of small mammal communities in the abandoned arable lands.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка состояния и устойчивости сообществ организмов в условиях воздействия различных возмущающих факторов (в том числе и антропогенных) является одной из главных задач экологического мониторинга.

В данной работе исследовали степень воздействия на биоценозы сельскохозяйственного производства, которое существенно изменяет структуру сообществ организмов на трансформированных землях и определяет восстановительные процессы в сообществах животных на землях, исключенных из сельскохозяйственного использования (залежах).

Общая площадь залежей в последние годы значительно возросла — в Тюменской области она составила более 1000 тыс. га [1]. В связи с этим изучение сообществ животных на нарушенных и восстанавливающихся землях приобретает большой научный и практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в зоне развития агропромышленного комплекса — на юге Тюменской области: с. Сладково (средняя лесостепь), г. Ишим (северная лесостепь), биостанция оз. Кучак, окрестности г. Тюмени (подтайга) в течение 1998-99, 2001-02 гг.

Заложено 55 пробных площадей, принадлежащих к 4 местообитаниям — поле, молодая залежь (до 5 лет), старая залежь (6-10 лет), целина. Отработано 8100 ловушко-суток, отловлено 911 животных, относящихся к 18 видам.

В наших исследованиях мы использовали традиционные показатели биоразнообразия сообществ мелких млекопитающих [2], а также оригинальные показатели, предложенные С. Н. Гашевым [3, 4], которые в методологическом плане являются составной частью комплексной методики ведения регионального экологического мониторинга. Отдельно рассмотрена половозрастная структура популяций доминирующих видов и всего сообщества мелких млекопитающих, а также их репродуктивные особенности.

Все используемые показатели подвергнуты статистической обработке с применением пакетов программ «STATAN-2001» и «STATISTICA».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные показатели биоразнообразия и устойчивости сообществ мелких млекопитающих

На основе имеющегося материала проведен анализ показателей биоразнообразия сообществ животных в условиях естественной восстановительной сукцессии «поле — молодая залежь — старая залежь — целина».

Наблюдали достоверное увеличение общего количества видов и относительно-го обилия животных от поля и молодых залежей к менее нарушенным местообитаниям — старым залежам и целинным участкам.

В ряду изучаемой восстановительной сукцессии возрастают индексы видового разнообразия Симпсона и Шеннона, индекс видового богатства (табл. 1). Большее разнообразие означает более длинные пищевые цепи, больше случаев симбиоза и в целом — повышение стабильности системы. На поле эти характеристики имеют среднее значение, что определяется достаточно большим числом встреченных здесь видов при сравнительно низком обилии.

Как известно, в пределах сообщества отдельные виды или группы видов принимают значительное участие в регуляции энергетического обмена и оказывают существенное влияние на среду обитания других видов, являясь экологическими доминантами. В наших исследованиях наблюдается уменьшение степени доминирования, т. к. индекс доминирования Симпсона уменьшается при переходе к целине через молодую и старую залежь, а показатель выравненность по Пиелу возрастает (табл. 1). Распределение регулирующей роли в сообществах между меньшим числом видов может свидетельствовать об экстремальных условиях в сообществах агроценозов и молодых залежей [2].

Использование индекса антропогенной адаптированности для характеристики сообществ в ряду естественной восстановительной сукцессии «поле — молодая залежь — старая залежь — целина» показало, что антропогенная адаптированность сообщества мелких млекопитающих поля наибольшая, затем наблюдается снижение этого показателя. На старых залежах и целинных участках данный показатель на порядок меньше. Такое резкое снижение индекса свидетельствует о снижении удельного веса синантропов и антропофилов при восстановлении исходного типа сообщества.

Таблица 1

Показатели биоразнообразия и устойчивости сообществ мелких млекопитающих исследованных местообитаний

Показатели	Поле	Молодая залежь	Старая залежь	Целина	Примечание
Количество видов	2,21±0,41	1,93±0,3	3,77±0,51	4,12±0,61	** , 22,19%
Относительное обилие	8,16±1,29	9,67±2,23	18,46±3,01	14,22±2,54	* , 16,57%
Индекс антропогенизации	0,95±0,03	0,78±0,09	0,48±0,09	0,55±0,08	** , 29,35%
Индекс антропофилии	0,99±0,02	0,92±4,97	0,55±0,1	0,59±0,08	** , 27,43%
Показатель естественности	0,015±0,02	0,08±0,05	0,45±0,01	0,41±0,08	** , 36,27%
Индекс антропогенной адаптированности	93,12±6,88	69,99±11,47	4,15±1,34	2,56±0,58	** , 65,45%
Индекс видового богатства	1,51±0,41	1,18±0,29	2,05±0,26	2,57±0,34	* , 15,79%
Индекс видового разнообразия Шеннона	0,53±0,13	0,42±0,1	0,81±0,13	1,00±0,13	** , 21,2%
Индекс видового разнообразия Симпсона	0,32±6,9	0,33±0,07	0,43±0,07	0,53±0,06	* , 16,95%
Индекс доминирования Сипмсона	0,68±0,07	0,74±0,06	0,57±0,07	0,47±0,06	* , 19,87%
Индекс выравнимости по Пиелу	0,58±0,11	0,5±0,11	0,62±0,07	0,74±0,07	
Упругая устойчивость системы	0,74±0,25	0,37±0,074	3,21±1,07	11,87±4,10	** ; 22,48%
Резистентная устойчивость системы	1,2±0,24	0,99±0,22	1,38±0,17	1,59±0,2	
Общая устойчивость системы	1,93±0,41	1,37±0,29	4,59±1,18	13,46±4,14	** ; 23,57%
Доля беременных самок	25,82±10,91	39,06±9,2	36,80±10,69	37,48±6,63	
Количество эмбрионов на 1 берем. самку	7,48±0,68	7,77±0,40	6,50±0,57	7,40±0,33	
Процент резорбции эмбрионов	6,20±3,88	10,41±9,96	3,63±2,80		
Успешность размножения	24,95±10,69	35,61±9,51	35,25±10,35	37,48±6,63	
Индекс консервативности	0,68±0,12	0,88±0,14	0,76±0,11	0,80±0,047	
Показатель «плохой агрегированности»	0,25±0,058	0,38±0,073	0,13±0,05	0,14±0,062	
Обобщенный показатель благополучия	3,26±0,45	2,64±0,30	6,25±1,16	14,65±4,16	** ; 21,84%

Примечание: *,** — достоверность влияния фактора восстановления земель на характеристики сообществ $p < 0.05$ и $p < 0.01$ соответственно; XX% — сила влияния фактора.

Упругая и резистентная устойчивости возрастают при восстановлении с/х земель. Общая устойчивость также возрастает от залежи к целине, где она на порядок больше (табл. 1). При этом в молодых сообществах устойчивость определяется в основном резистентными свойствами, а в зрелых — упругими.

При изучении территориальной структуры сообщества мы использовали показатель «плохой агрегированности», который учитывает возможное увеличение агрегированности за счет снижения общего обилия при сохранении зверьков только в некоторых участках территории, более благоприятных при данных (в общем неблагоприятных) условиях [5]. В исследованных нами сообществах «плохая агрегированность» значительно выше в сообществах мелких млекопитающих поля и молодых залежей, по сравнению с сообществами старых залежей и целинных участков (табл. 1).

Статистическая обработка описанных выше индексов показала достоверность отличий в характеристиках сообществ животных поля и молодых залежей от сообществ старых залежей и целинных участков.

Для выражения изменчивости исследуемых совокупностей животных Т. Андерсон [6] предложил использовать коэффициент вариации (CV). Эта величина является показателем, измеряющим степень варьирования признака, и может служить самостоятельным индикаторным признаком.

Анализ варьирования представленных индексов показал, что в большинстве случаев CV выше в сообществах мелких млекопитающих поля и молодых залежей, по сравнению с более зрелыми сообществами. Группа показателей, характеризующая долю видов в сообществе из групп эвсинантропов, синантропов, антропофилов, имеет относительно низкое варьирование в сообществах поля и молодых залежей. Эти данные могут свидетельствовать о более жестких факторах, ограничивающих видовой состав сообществ животных, обитающих на нарушенных территориях, и указывать на их меньшую стабильность.

Половозрастная структура сообществ мелких млекопитающих исследованных местообитаний и особенности репродуктивных процессов

Принимая во внимание вероятность различного отношения к факторам среды самок и самцов, можно высказать предположение о целесообразности использования полового состава сообществ в индикационных целях. В наших исследованиях сообщества животных старых залежей и целинных участков наиболее уравновешены — отношение полов практически 1:1 (самцы : самки — 1. 1:1 на целине, 1. 05:1 на старой залежи). Примерно равное количество самцов и самок наблюдается в стабильных популяциях [7]. В сообществах животных, обитающих на территориях, недавно выведенных из оборота, доля самцов больше (1. 72:1). Преобладание этой менее оседлой, мигрирующей группы указывает на меньшую степень благоприятности условий среды для обитающих здесь животных.

Отловленные животные в различных местообитаниях были дифференцированы по возрасту на зимовавших и сеголетков. Количество сеголетков и зимовавших особей в контроле (целина) действительно в большей степени отражает соотношение этих возрастных групп в природных ненарушенных сообществах, где сеголетки преобладают над зимовавшими особями (1. 86:1). Значительное преобладание сеголетков в сообществах поля (5. 13:1) позволяет говорить о менее благоприятных условиях здесь для зверьков, по сравнению с другими рассматриваемыми местообитаниями, что согласуется с полученным значением индекса консервативности, рассмотренным ниже. Молодые особи вытесняются более консервативными особями из благоприятных мест обитания, вынуждены часто мигрировать. Резкое преобладание сеголетков может говорить об отношении сообществ мелких млекопитающих к полю как к временному поселению [8]. Залежные земли по этому показателю занимают промежуточное положение — соотношение сеголетки: зимовавшие составило 2.71:1 и 3. 03:1 на молодых и старых залежах соответственно.

Показатель консервативности структуры сообщества на поле наименьший, что позволяет говорить о том, что агроценозы в меньшей степени привлекают такие консервативные группы животных, как самки и зимовавшие зверьки. По количеству эмбрионов на беременную самку исследованные нами сообщества существенно не отличаются, резорбция эмбрионов выше в сообществах поля и молодых залежей, у животных, обитающих на целинных участках, ее отмечено не было. Общая успешность размножения на поле имеет наименьшее значение.

Характеристика сообществ мелких млекопитающих поля

Представленные выше характеристики для сообществ мелких млекопитающих поля часто имеют промежуточное значение, в сравнении с залежами разного срока давности и целиной. Это объясняется тем, что для сообществ агробиоценозов в течение вегетационного периода характерно собственное сукцессионное развитие.

В. В. Кучерук [9] в своих исследованиях залежи и участки естественных лугов отнес к угодыям — «резерватам», на которых грызуны обитают постоянно, сохраняются в сезоны и годы депрессии численности и служат источником для прочих угодий. А посеы зерновых — к угодыям «сезонным аккумуляторам», так как существующие приемы возделывания позволяют пребывать здесь грызунам лишь ограниченные сроки и в отрезке времени с благоприятными условиями интенсивно размножаться и достигать большой численности.

Мы не ставили перед собой задачу изучить динамику развития сообществ мелких млекопитающих поля в течение вегетационного периода, но на основании собранного материала можно отметить специфику их развития.

На представленных графиках отражена динамика изменения некоторых показателей сообществ животных агроценозов и линии тренда, полученные в результате регрессионного анализа, которые отражают форму связи временного ряда (рис. 1). Можно отметить, что сообщество мелких млекопитающих поля еще не сформировано к концу июня (4-я неделя). Далее, по мере развития агроценоза, начинается достаточно быстрое формирование сообщества. Регрессионный анализ показал, что динамика изменения показателей относительного обилия, видового богатства, общей устойчивости и обобщенного показателя благополучия сообществ поля носит линейный характер. В сентябре (13-14 недели), после уборки урожая, сообщества мелких млекопитающих поля нарушаются, все характеристики резко падают до нуля. Значение этих показателей сообществ животных ненарушенных местообитаний, по сравнению с полем, на порядок выше и их изменение в течение сезона носит иной характер.

Таким образом, сообщества мелких млекопитающих в агробиоценозах имеют специфическое развитие. На свежевспаханной земле и в начале вегетации зерновых культур животные практически отсутствуют. К концу лета численность животных возрастает (их привлекает в основном обилие кормов), что позволяет говорить о временных сообществах мелких млекопитающих. После уборки численность резко падает.

Интегральные характеристики сообществ мелких млекопитающих

При проведении мониторинговых исследований сообществ организмов и, в частности, мелких млекопитающих удобно использовать интегральные показатели, отражающие качественный состав, структурные и функциональные особенности этих сообществ.

Обобщенный показатель благополучия [4] в исследованных сообществах мелких млекопитающих достоверно увеличивается от молодой залежи к старой, а на целине он почти в 10 раз выше, чем на залежных участках.

Применение коэффициента компенсации в наших четырехлетних исследованиях, который отражает способность системы поддерживать неизменное состояние во времени или в разных точках занимаемого пространства, показало, что стабильность системы постепенно увеличивается в ряду «поле — молодая залежь — старая залежь — целина» и равна соответственно $0,57 \pm 0,3$ - $0,64 \pm 0,14$ - $0,79 \pm 0,14$ - $0,89 \pm 0,05$ отн. ед.

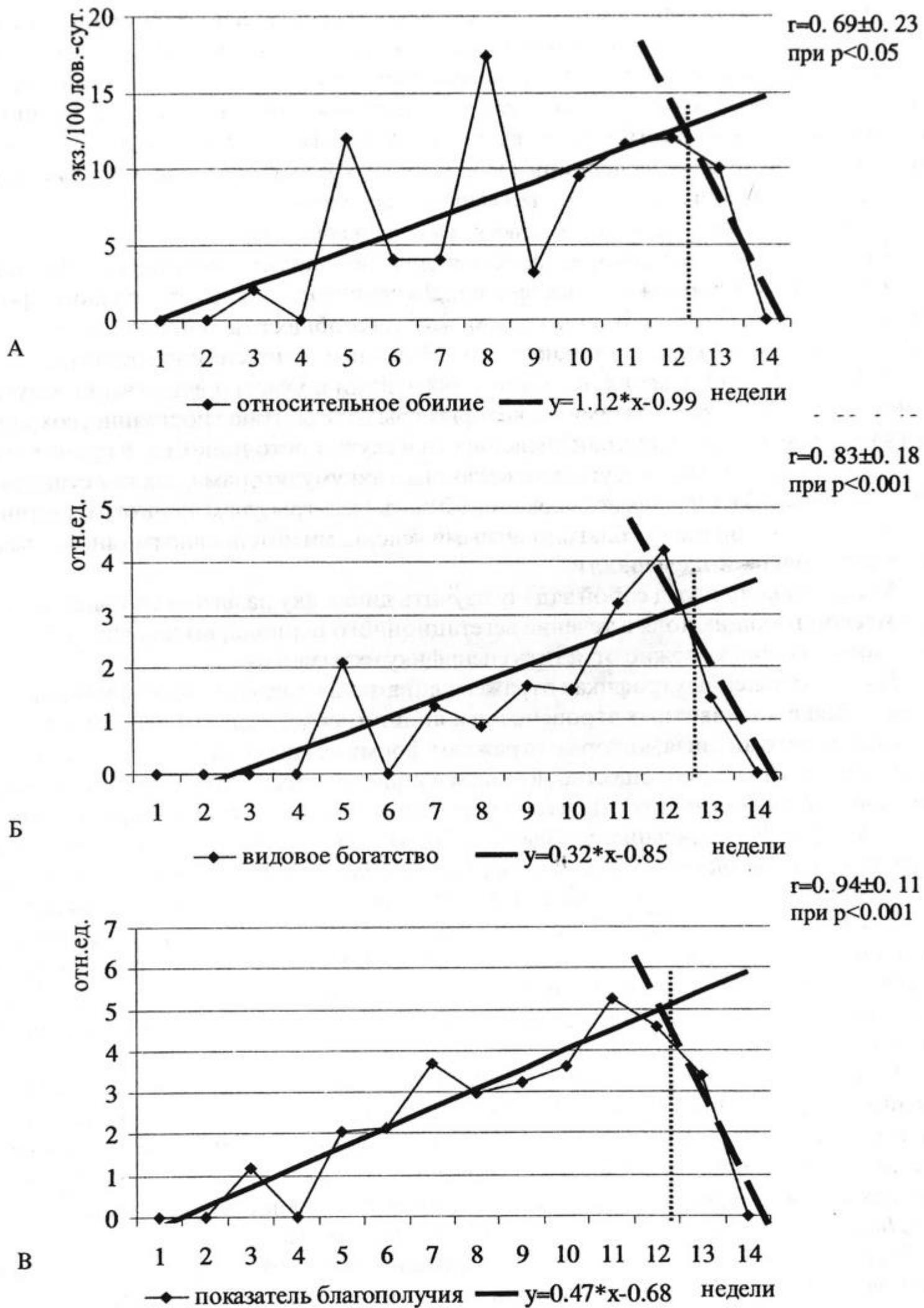


Рис. 1. Изменение относительного обилия (А), видового богатства (Б) и обобщенного показателя благополучия (В) сообществ мелких млекопитающих поля в течение полевых сезона

Примечание: по оси X — 1-4 недели — июнь, 5-8 — июль, 9-12 — август, 13-14 — сентябрь; ----- — сбор зерновых культур; — — линия тренда изменения показателей после сбора зерновых культур; r- коэффициент корреляции

Оценивая влияние какого-то одного фактора на фауну, экологию мелких млекопитающих, мы, в той или иной степени, пытаемся выделить его из целого комплекса факторов, воздействующих на их популяции. Поэтому, как правило, мы имеем дело с неким интегрированным воздействием, отражающим ту или иную степень нарушения биоценоза. Для оценки степени воздействия совокупности некоторых факторов мы применили дисперсионный анализ по всему комплексу параметров, который показал, что фактор «восстановленности» оказывает значительное влияние на рассмотренные выше характеристики, за исключением показателей репродуктивных процессов (табл. 1), которые в большей степени связаны с особенностями отдельных лет исследований. Кроме того, двухфакторный дисперсионный анализ степени восстановления местообитаний с годами исследований, природной зоной, степенью увлажнения биотопов показал достоверное влияние последних на относительное количество видов, видовое богатство, относительное обилие, упругую устойчивость, обобщенный показатель благополучия, но сила влияния во всех указанных случаях была незначительной по сравнению с фактором восстановленности.

На основании вычисленных традиционных и оригинальных показателей состояния сообществ мелких млекопитающих, в результате кластерного анализа, построена дендрограмма сходства сообществ (рис. 2).

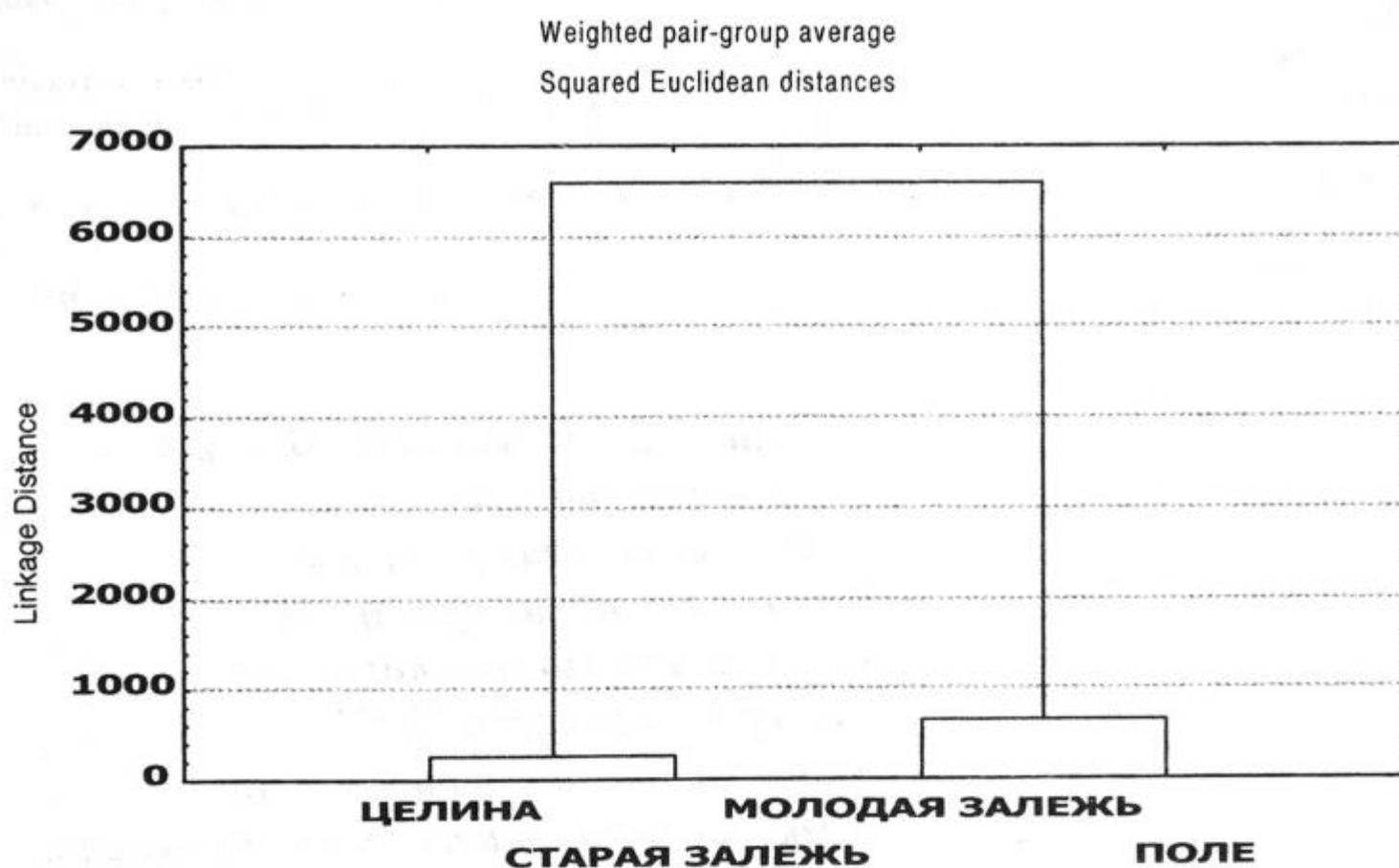


Рис. 2. Дендрограмма сходства исследованных местообитаний по экологическим характеристикам сообществ мелких млекопитающих

Анализ показал, что сообщества животных в поле и участках на первых стадиях восстановления формируют один кластер, а на участках, выведенных из сельскохозяйственного использования уже около 8-10 лет, формируются сообщества очень близкие к целинным.

ВЫВОДЫ

1. При снижении антропогенного воздействия возрастают индексы видового разнообразия, значительно увеличивается общая устойчивость и благополучие сообществ мелких млекопитающих, снижается их антропогенная адаптированность.
2. Для сообществ мелких млекопитающих агробиоценозов в течение вегетационного периода характерно собственное сукцессионное развитие.

3. По мере сукцессионного развития фитоценозов, происходит восстановление половой и возрастной структуры сообществ мелких млекопитающих, обитающих в этих ценозах.

4. Градиент «поле — молодая залежь — старая залежь — целина» представляет собой ряд естественной восстановительной сукцессии, характеризующий, в том числе, восстановление исходного типа сообщества мелких млекопитающих на нарушенных сельскохозяйственным производством землях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор «Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области». Тюмень: ТОКООСипР, 1999. 177 с.
2. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. 704 с.
3. Гашев С. Н. Устойчивость экологических систем // Сб. тр. конф. «Региональные проблемы прикладной экологии». Белгород, 1998. С. 132-134.
4. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: Изд-во ТГУ, 2000. 220 с.
5. Гашев С. Н. Показатель «плохой» агрегированности в оценке качества среды обитания животных // Териологические исследования. СПб.: ЗИН РАН, 2002. С. 131.
6. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М.: Физматизд., 1963. 469 с.
7. Бойко Н. С., Истомина А. В. Популяционно-демографические процессы во флуктуирующей популяции красно-серой полевки на побережье Белого моря // Тез. докл. конф. «Экология популяций». М., 1988. С. 61-64.
8. Касаткин М. В. Временные поселения общественной полевки в Дагестане // Зоол. журнал. 1997. Т. 76, № 7. С. 878-880.
9. Кучерук В. В. Антропогенная трансформация окружающей среды и грызуны // Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. Биол. 1976. Т. 81. № 2. С. 5-19.

Оксана Николаевна ЖИГИЛЕВА —
старший преподаватель
кафедры экологии и генетики
биологического факультета,
кандидат биологических наук;
Рольф Максимович ЦОЙ —
заведующий кафедрой экологии
и генетики биологического факультета,
доктор биологических наук, профессор;
Ирина Владимировна ПАК —
доцент кафедры экологии и генетики
биологического факультета,
кандидат биологических наук

УДК 575:576.895

СОПРЯЖЕННАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СИГОВЫХ РЫБ И ИХ ПАРАЗИТОВ

АННОТАЦИЯ. Изучали уровень генетической изменчивости двух видов сиговых рыб и их паразитов. Показано сходство полиморфных белковых систем сиговых и