

7. При создании новых и усовершенствовании существующих систем защиты посевов от вредных организмов необходимо проведение долгосрочного мониторинга за изменением численности всей энтомофауны агроценозов, на основе которого следует планировать первоочередное проведение агротехнических приемов, использование биологического и других нехимических методов. Использование же химического метода должно носить строго подчиненный характер, с применением пестицидов только в случае крайней необходимости, с учетом установленных экономических порогов численности вредителей, при угрозе значительных потерь урожая и невозможности природных популяций энтомофагов самостоятельно поддерживать численность фитофагов на безопасном уровне.

Список литературы

Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв / М.С. Гиляров. – М.: Наука, 1965. – 275 с.

Израэль Ю.А. Экологические эффекты загрязнений природной среды глобального масштаба / Ю.А. Израэль, Л.М. Филиппова, Г.Э. Инсаров, Ф.Н. Семевский, С.М. Семенов // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – Т. 10. – С. 10-21.

Козлов М.В. Ответные реакции популяций насекомых на антропогенные воздействия / М.В. Козлов: Препринт ИЛиД СО АН СССР. – Красноярск, 1987. – 60 с.

Кривоуцкий Д.А. Почвенные животные как биоиндикаторы при экологическом нормировании нарушений природной среды / Д.А. Кривоуцкий // Проблемы почвенной зоологии. – Минск: Наука и техника. – 1978. – С. 123-124.

Скугравы В. Изучение энтомоценозов полевых культур / В. Скугравы, К. Новак // Энтотомол. обозрение. – 1961. – Т. 40, № 4. – С. 807-814.

Сумароков А.М. Закономерности формирования фауны жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в полевых агроценозах степной зоны Украинской ССР / А.М. Сумароков // 12 Международный симпозиум по энтомофауне Средней Европы. 1988. – К.: Наукова думка, 1991. – С. 424-426.

Тропин И.В. Пути сохранения энтомофагов при химической борьбе с вредителями леса / И.В. Тропин // Исслед. по биометоду борьбы с вредит. сельского и лесного хоз-ва. – Новосибирск, 1964. – С. 195-198.

Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных К.К. Фасулати. – М.: Высшая школа, 1971. – 424 с.

Ernst W.H.O. Problems of bioindication on the level of individuals / W.H.O. Ernst // Bioindication. – 1980. – 3. – N26. – P. 3-9.

УДК 591.15:595.7+577.47

ПРИМЕНЕНИЕ МАИ ДЛЯ БИОИНДИКАТОРНОЙ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЧИВОСТИ МЕЛАНИЗИРОВАННОГО РИСУНКА ПОКРОВОВ НАСЕКОМЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

И.В. Батлуцкая

г. Белгород, Белгородский государственный университет

При оценки биоиндикаторной значимости изученных видов и выделения модельного объекта для оценивая состояния наземных экосистем применили метод анализа иерархий (Analytical Hierarchy Process), разработанный Т. Саати как инструмент планирования и принятия решений в ситуации, когда различные альтернативы должны сравниваться по критериям, не имеющим

определённой количественной оценки [Саати, 1991, 1993].

Алгоритм применяемого нами метода анализа иерархий (МАИ) – одного из наиболее широко используемых в последние годы методов системного анализа и объективной оценки полученных данных при изучении воздействия многих факторов и различных критериев их анализа - заклю-

чается в том, что конструируется многоуровневая (в нашем случае – пятиуровневая) иерархическая структура [Батлуцкая, 2004]. На ее нижнем уровне располагаются сравниваемые объекты: клоп-солдатик, клоп итальянский, оса германская, тощий клоп, клоп горчичный, божья коровка, на предшествующем – критерии сравнения:

1. Распространенность изучаемого вида.
2. Численность особей популяции в момент проведения выборочных наблюдений.
3. Спектр изменчивости изучаемого признака.
4. Простота диагностики факта изменчивости изучаемого признака.
5. Трофическая связь вида биоиндикатора с изучаемой экосистемой.
6. Доступность сбора выборочного популяционного материала.

Описываемый метод мы не использовали для *C. distincta* L., поскольку биологические особенности этого вида определяют малочисленность его популяции. Кроме того, его этология связана с перелетами, достаточно продолжительными в пространстве и во времени. Даже без применения метода МАИ становятся очевидными трудности, которые могут возникнуть при использовании этого вида в работах по биоиндикации. Вершиной иерархии является целевая установка производимого выбора (ценность вида объекта-индикации).

В различных модификациях МАИ устанавливаются как линейные, так и геометрические шкалы для перевода качественных суждений в числовые оценки. Мы использовали классическую линейную шкалу.

Шкала для парных сравнений одноуровневых элементов иерархии:

Качественные суждения	Числовые оценки
Одинаковая значимость	1
Слабое (умеренное) преобладание	3
Существенное (сильное) преобладание	5
Очень сильное преобладание	7
Абсолютное преобладание	9
Возможные промежуточные значения	2, 4, 6, 8

Далее по приведенной шкале попарно индивидуально оценивали значимость заданных характеристик для клопа-солдатика, тощего клопа, клопа горчичного, итальянского клопа, осы германской по каждому критерию поочередно, т.е. с точки зрения элементов вышестоящего уровня иерархии. Аналогичным образом сравнивали между собой выбранные критерии согласно поставленной цели. Полученные результаты удобно представить в виде матриц парных сравнений $A=(a_{ij})$ размерности N с использованием шкалы для перевода качественных характеристик в количественные. Следующий шаг состоял в вычислении вектора частных (условных) приоритетов по формуле $w=(w_1, w_2, \dots, w_N)$.

Для этого необходимо решать алгебраическую задачу на собственные значения, так как искомым вектором служит собственный вектор w , соответствующий максимальному собственному значению λ_{\max} :

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (1)$$

Хорошим простым приближением является среднее геометрическое значение элементов каждой строки $w_i = (\prod_j a_{ij})^{1/N}$ матрицы парных сравнений (мультипликативная модификация МАИ).

Одновременно полезно оценивать степень несогласованности индивидуальных экспертных суждений по каждой матрице парных сравнений с помощью предложенного Т. Саати [1993] коэффициента $CI = (\lambda_{\max} - N) / (N - 1)$ и сравнивать его с коэффициентами CI для случайной расстановки. В случае полной согласованности $\lambda_{\max} = N$ и $CI = 0$.

Итоговый ранг каждого k -го объекта R_k вычисляется как сумма приоритетов w_{kj} , взвешенных по значимости q_j соответствующих критериев:

$$R_k = \sum_j q_j w_{kj} \quad k=1,2,3; j=1,2,\dots,6 \quad (2)$$

Достоинством МАИ является простота и объективность выбора наилучшей альтернативы из имеющихся.

Наиболее значимым критерием, как свидетельствуют данные табл. 1, является критерий №5 (трофическая связь вида биоиндикатора изучаемой экосистемы). Со-

гласно нормативным весам этот критерий доминирует над остальными критериями. Затем следуют близкие по значению критерий №6 (доступность проведения выборочных сборов) и критерий №1 (распространенность изучаемого вида). Остальные критерии существенно отстают от предыдущих по биоиндикаторной значимости.

После ранжирования выбранных критериев проводится оценка каждого анализируемого вида последовательно по одному из шести критериев с целью определения их биоиндикаторной ценности.

Оценочные значения критерия №1 (табл. 2) наглядно показывают, что по этому критерию с большим преимуществом клоп-солдатик соответствует первому рангу. Остальные виды по первому критерию выстраиваются в следующий ряд: второй ранг – клоп итальянский, третий – оса германская, четвертый ранг продемонстрировали одинаковую ценность близкие по биологическим особенностям горчичный и тощий клопы.

Результаты оценки биоиндикаторной значимости изучаемых видов по второму критерию отражены в табл. 3. Данные таблицы показывают, что клоп-солдатик является обладателем первого ранга с большим отрывом от остальных сравниваемых объектов. На втором месте – оса германская, на третьем – итальянский клоп, а затем с большим отставанием расположились клоп горчичный и клоп тощий.

Результаты сравнения биоиндикаторной ценности насекомых по третьему критерию приведены в табл. 4. Согласно этим данным клоп-солдатик и оса германская имеют одинаковую биоиндикаторную значимость, соответствующую первому рангу. Два вида – клоп тощий и клоп горчичный – по данному критерию были отнесены ко второму рангу. Третьему, самому низкому рангу соответствует итальянский клоп.

Ранжирование насекомых по биоиндикаторной значимости, согласно четвертому критерию (простота диагностики факта изменчивости изучаемого признака), проиллюстрировано в табл. 5. По этому критерию также лидирует клоп-солдатик, обладателем

второго ранга становится итальянский клоп, третью позицию разделили два вида полужесткокрылых – клоп тощий и клоп горчичный. Наименее значимой по данной биоиндикаторной характеристике оказалась оса германская (ранг 4).

Результаты ранжирования пяти изученных видов по пятому критерию отражены в табл. 6. Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что по этому критерию клоп-солдатик доминирует над остальными видами. Вторыми по биоиндикаторной значимости оказались клоп горчичный и клоп тощий. Клоп итальянский соответствует третьему рангу, а оса германская – четвертому.

Количественная характеристика по шестому оценочному критерию представлена в табл. 7. Клоп-солдатик, как и по предыдущим параметрам, оказался на первом месте с достаточно выраженным преимуществом по сравнению с остальными сравниваемыми видами. Второму рангу по этому критерию соответствовали три вида: итальянский клоп, горчичный клоп, тощий клоп. Замыкает этот ряд оса германская (ранг 3).

Ранги насекомых по всем шести критериям из таблиц 2-7 для итогового сравнительного анализа были перенесены в таблицу 8.

Для получения вектора полных приоритетов q для рассматриваемых альтернатив (видов-индикаторов) производится свёртка частных оценок по отдельным критериям (w_{ik}) и по координатно вычисляются взвешенные суммы:

$$q_i = \sum_k w_{ik} u_k \quad (3)$$

где q_i - искомая итоговая оценка,

u_k – вес k -го критерия,

$W=(w_{ik})$ – матрица, составленная из оценок по различным критериям видов-индикаторов,

k – номер критерия,

i - номер вида-индикатора.

При этом должны выполняться условия нормировки весов критериев $\sum_k u_k=1$ и частных оценок по каждому критерию $\sum_i w_{ik}=1$.

Таблица 3

Оценка биоиндикаторной ценности критерия № 2
(численность особей популяции в момент проведения выборочных наблюдений).

Вид	клоп-солдатик	клоп итальянский	оса германская	клоп горчичный	клоп итальянский	оса германская	клоп горчичный	клоп тощий	Произведение (десятичный)	Средний логарифм	Корень из произведения	Нормированные веса	Ранг
клоп-солдатик		7,00	5,00	9,00		9,00		9,00	2835,0	3,45	3,76	0,51	1
клоп итальянский	0,14		0,33	5,00		5,00		5,00	1,19	0,08	1,03	0,14	3
оса германская	0,20	3,00		8,00		8,00		8,00	38,40	1,58	1,84	0,25	2
клоп горчичный	0,11	0,20	0,13					2,00	0,01	-2,26	0,42	0,06	4
клоп тощий	0,11	0,20	0,13	0,50					0,00	-2,86	0,33	0,05	5

Таблица 4

Оценка биоиндикаторной ценности критерия № 3
(спектр изменчивости изучаемого признака).

Вид	клоп-солдатик	клоп итальянский	оса германская	клоп горчичный	клоп итальянский	оса германская	клоп горчичный	клоп тощий	Произведение	Логарифм (десятичный)	Средний логарифм	Корень из произведения	Нормированные веса	Ранг
клоп-солдатик		9,00	1,00	5,00		5,00		5,00	225,00	2,35	0,39	2,47	0,37	1
клоп итальянский	0,11		0,33	0,33		0,33		0,33	0,00	-2,39	-0,40	0,40	0,06	3
оса германская	1,00	9,00		5,00				5,00	225,00	2,35	0,39	2,47	0,37	1
клоп горчичный	0,20	3,00	0,20					1,00	0,12	-0,92	-0,15	0,70	0,10	2
клоп тощий	0,20	3,00	0,20	1,00					0,12	-0,92	-0,15	0,70	0,10	2

Оценка биоиндикаторной ценности критерия № 4
(простота диагностики факта изменчивости изучаемого признака).

Вид	клоп-солдатик	клоп итальянский	оса германская	клоп горчичный	клоп итальянский	клоп горчичный	клоп тощий	Произведение	Логарифм (десятичный)	Средний логарифм	Корень из произведения	Нормированные веса	Ранг
клоп-солдатик		1,00	5,00	2,00	2,00	2,00	20,00	1,30	0,22	0,22	1,65	0,31	1
клоп итальянский	1,00		0,33	5,00	5,00	5,00	8,33	0,92	0,15	0,15	1,42	0,26	2
оса германская	0,20	3,00		0,20	0,20	0,20	0,02	-1,62	-0,27	-0,27	0,54	0,10	4
клоп горчичный	0,50	0,20	5,00		1,00	1,00	0,50	-0,30	-0,05	-0,05	0,89	0,17	3
клоп тощий	0,50	0,20	5,00	1,00	1,00	1,00	0,50	-0,30	-0,05	-0,05	0,89	0,17	3
											5,39		

Оценка биоиндикаторной ценности критерия №5
(трофическая связь вида биоиндикатора с изучаемой экосистемой).

Вид	клоп-солдатик	клоп итальянский	оса германская	клоп горчичный	клоп итальянский	клоп горчичный	клоп тощий	Произведение	Логарифм (десятичный)	Средний логарифм	Корень из произведения	Нормированные веса	Ранг
клоп-солдатик		5,00	6,00	3,00	3,00	3,00	270,11	2,43	0,41	0,41	2,54	0,42	1
клоп итальянский	0,20		3,00	0,33	0,33	0,33	0,07	-1,18	-0,20	-0,20	0,64	0,11	3
оса германская	0,17	0,33		0,33	0,33	0,33	0,01	-2,21	-0,37	-0,37	0,43	0,07	4
клоп горчичный	0,33	3,00	3,00		1,00	1,00	3,00	0,48	0,08	0,08	1,20	0,20	2
клоп тощий	0,33	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	0,48	0,08	0,08	1,20	0,20	2
											6,01		

Оценка биоиндикаторной ценности критерия №6
(доступность проведения выборочных сборов)

Вид	клоп-солдастик	клоп итальянский	оса германская	клоп горчичный	клоп тощий	Производство	Логарифм (десятичный)	Средний логарифм	Корень из произведения	Нормированные веса	Ранг
клоп-солдастик		2,00	9,00	2,00	2,00	72,00	1,86	0,31	2,04	0,35	1
клоп итальянский	0,50		5,00	1,00	1,00	2,50	0,40	0,07	1,16	0,20	2
оса германская	0,11	0,20		0,20	0,20	0,00	-3,05	-0,51	0,31	0,05	3
клоп горчичный	0,50	1,00	5,00		1,00	2,50	0,40	0,07	1,16	0,20	2
клоп тощий	0,50	1,00	5,00	1,00		2,50	0,40	0,07	1,16	0,20	2
									5,84		

Сводная таблица рангов

Вид насекомого	Критерии						Доступность проведения выборочных сборов
	Распространенность вида	Численность популяции в момент проведения наблюдений	Особенности в момент проведения наблюдений	Спектр изменчивости изучаемого признака	Простота диагностики факта изменчивости изучаемого признака	Трофическая связь вида-биоиндикатора с изучаемой экосистемой	
Клоп-солдастик	1	1	1	1	1	1	1
Итальянский клоп	2	3	3	3	2	3	2
Оса германская	3	2	2	1	4	4	3
Горчичный клоп	4	4	4	2	3	2	2
Тощий клоп	4	5	5	2	3	2	2

Клоп-солдатик: $R = 0,15*0,45+0,10*0,51+0,08*0,37+0,03*0,31+0,48*0,42+0,16*0,35 = 0,4150$

Клоп итальянский:

$R=0,15*0,25+0,10*0,14+0,08*0,06+0,03*0,26+0,48*0,11+0,16*0,20 = 0,1489$

Оса германская: $R = 0,15*0,18+0,10*0,25+0,08*0,37+0,03*0,10+0,48*0,07+0,16*0,05 = 0,1262$

Клоп горчичный: $R = 0,15*0,06+0,10*0,06+0,08*0,10+0,03*0,17+0,48*0,20+0,16*0,20 = 0,1561$

Клоп тощий: $R = 0,15*0,06+0,10*0,05+0,08*0,10+0,03*0,17+0,48*0,20+0,16*0,20 = 0,1560$

Итоговые ранги свидетельствуют о том, что клоп-солдатик характеризуется наибольшим значением, далее расположились близкие к нему по биологическим особенностям клоп горчичный и клоп тощий, затем клоп итальянский. Наименьшие значения определены для осы германской.

Таким образом, по всем выбранным критериям из пяти исследованных видов клоп-солдатик наиболее соответствует требованиям к модельным объектам биоиндикации наземных экосистем.

Список литературы

Батлуцкая, И.В. Экологический и морфологический анализ изменчивости меланизированного рисунка насекомых: Автореф. дис. доктор. ... биолог. наук / И.В. Батлуцкая. – Ульяновск, 2004. – 28 с.

Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993 – 314 с.

Саати, Т. Аналитическое планирование / Т. Саати, К. Кернс – М.: Радио и связь, 1991 – 223 с.

УДК 576.859+628.394:622.323

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЕМОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ

Н.А. Лаптева, Д.Б. Косолапов

п. Борок, Институт биологии внутренних вод РАН

Л.Ф. Косолапова

г. Тюмень, Тюменский государственный университет

Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция обеспечивает 2/3 годовой добычи нефти Российской Федерации. В процессе добычи, транспортировки и переработки нефти происходит значительное загрязнение водоемов этого региона. В результате этого ухудшаются физико-химические свойства воды, нарушаются природные круговороты элементов и трофические связи в сообществах гидробионтов. Трудно разлагаемые компоненты нефти накапливаются в донных отложениях, которые в определенных ситуациях могут являться источником вторичного загрязнения водоемов. Микроорганизмы способны окислять различные классы углеводородов нефти и вовлекать их в круговорот веществ, тем самым, играя главную роль в процессах самоочищения водоемов.

Цель работы – определить структур-

но-функциональные характеристики бактериальных сообществ рек и озер, подверженных влиянию нефтепромыслов. Исследования проводили на водоемах, расположенных в северных районах Тюменской области, в различной степени подверженных нефтяному загрязнению: неэксплуатируемых (условно фоновых), участках пробной эксплуатации (средней степени загрязнения) и на территории действующих нефтяных месторождений (загрязненных). Гидробиологические и микробиологические показатели определяли общепринятыми методами [Кузнецов, Дубинина, 1989].

В водоемах, расположенных на территории нефтяных месторождений, зарегистрировано увеличение концентрации ароматических углеводородов в водной толще и донных отложениях, а также возрастание общей минерализации воды по сравнению с