



УДК 598.2.20:210.7(477.5)

А. В. Мацюра

**МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ
ОКОЛОВОДНЫХ ВИДОВ ПТИЦ ОСТРОВОВ СИВАША***Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана
Хмельницкого*

Рассмотрена проблема математического анализа динамики численности ключевых колониально гнездящихся околоводных видов птиц островов региона. Предложен алгоритм оценки изменения численности птиц с учетом особенностей существования колоний и местообитаний. Данные многолетнего мониторинга численности островных видов птиц были проанализированы согласно данного алгоритма. На основании результатов анализа доказана необходимость использования статистических индексов, выражающих тенденции изменения численности совместно с методами графического представления процессов перераспределения птиц по островам. Для ключевых видов островных сообществ определены тенденции изменения численности в пределах исследуемого региона. Обсуждаемая методика комплексной оценки процессов динамики гнездящихся островных видов птиц предлагается для использования при составлении менеджмент планов и разработки природоохранных мероприятий с целью сохранения биоразнообразия видов птиц и их местообитаний.

Ключевые слова: колониальные птицы, острова, динамика численности, комплексная оценка

A. V. Matsyura

**ANALYSIS OF NUMBER DYNAMICS OF SOME BREEDING WATERBIRDS OF
SIVASH ISLANDS***Bogdan Chmelnitskiy Melitopol State Pedagogical University*

The problem of the mathematical analysis of dynamics of number of key colonial breeding waterbirds regarding to the islands of region is considered. The algorithm of an estimation of changes in number of birds is offered in scope of specific features of colonies and habitats. The data of long-term monitoring of island birds' number have been analyzed according to proposed algorithm. On the basis of analysis results the necessity of use of the statistical indexes expressing the tendencies of changes in bird number and bird turnover is proved. For the key species of island communities the tendencies of changes in number are determined within the limits of researched region. The discussed technique of a complex estimation of breeding island bird dynamics is offered for the use at drawing up the management plans and development of nature protection actions with the purpose of conservation of bird diversity and their habitats.

Key words: Colonial birds, islands, dynamics of number, complex estimation

О.В. Мацюра

**МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ДЕЯКИХ
НАВКОЛОВОДНИХ ПТАХІВ, ЩО ГНІЗДЯТЬСЯ НА ОСТРОВАХ СИВАШУ***Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького*

Розглянуто проблему математичного аналізу динаміки чисельності ключових колоніальних навколводних видів птахів островів регіону. Запропоновано алгоритм оцінки змін чисельності птахів з урахуванням особливостей існування колоній та місцеперебувань. Дані багаторічного моніторингу чисельності острівних птахів були проаналізовані за допомогою цього алгоритма. На підставі результатів аналізу доведено необхідність використання статистичних індексів, відображаючих тенденції змін чисельності для оцінки перерозподілу чисельності птахів між островами. Для ключових видів острівних спільнот виявлено тенденції змін чисельності в

межах досліджуваного регіону. Методика комплексної оцінки процесів динаміки гніздових птахів островів пропонується для використання при складанні менеджмент-планів та розробці природоохоронних заходів з метою збереження біорізноманіття видів птахів та їх місцеперебувань.

Ключові слова: колоніальні птахи, острова, динаміка чисельності, комплексна оцінка

Одним из критериев, с помощью которого можно провести оценку состояния сообщества, процесс его развития, уровень сопротивляемости его влиянию воздействующих факторов, а также выполнить сравнительный анализ с другими сообществами, является динамика численности составляющих его организмов на индивидуальном и видовом уровне. Динамика численности, кроме того, позволяет рассматривать сообщество в динамике и прогнозировать с определенной точностью тенденции его развития.

Данное исследование посвящено изучению динамики численности гнездовых сообществ околотовных птиц островных систем Сиваша и Северного Приазовья. Занимая сравнительно небольшие площади (в сравнении с другими местами гнездования околотовных птиц, такими, как солончаковые и тростниково-болотные комплексы), островные системы характеризуются высокими значениями видового разнообразия и общей численности птиц. Они также занимают важное место в поддержании биологического разнообразия и являются местом гнездования и концентрации колониально гнездящихся околотовных птиц во время зимовок и сезонных миграций. Ряд видов занесен в Красную книгу Украины (*Charadrius alexandrinus* (Linnaeus, 1758), *Haematopus ostralegus* Linnaeus, 1758, *Himantopus himantopus* (Linnaeus, 1758), *Larus ichthyaeetus* Pallas, 1773, *Hydroprogne caspia* Linnaeus, 1758).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа проведена на базе Азово-Черноморской орнитологической станции института зоологии АН Украины и Мелитопольского государственного педуниверситета, основной материал собран в период с 1993 по 1998 гг., использованы также сведения за 1973-1993 гг. [1-3, 5]. Ежегодный учет численности колониально гнездящихся птиц проводился путем детального подсчета всех гнезд на острове – то есть учет численности в колониях выполнялся абсолютным методом. Мониторинговые исследования и анализ динамики численности выполнены для группы модельных видов – колониально гнездящихся околотовных птиц островных систем. Результаты обработаны при помощи пакета Statistica for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для получения предварительной картины, характеризующей произошедшие изменения в распространении и численности данных видов, был выполнен первоначальный анализ (табл. 1).

Таблица 1. Изменения в численности и распространении некоторых колониально гнездящихся птиц островных орнитокомплексов.

Виды	Индекс изменения численности*	Индекс распространения*	Период**
<i>Larus cachinnans</i>	9,4	18,0	1973-1998
<i>Larus ichthyaeetus</i>	4,0	2,0	1973-1998



Larus melanocephalus	25,6	11,0	1973-1998
Larus genei	3,0	7,0	1973-1998
Gelochelidon nilotica	1,6	4,0	1973-1998
Sterna hirundo	1,1	2,6	1973-1998
Sterna albifrons	0,4	2,0	1973-1998
Thalasseus sandvicensis	1,5	1,0	1973-1998
Hydroprogne caspia	27,0	1,0	1973-1998
Charadrius dubius	0,2	2,0	1984-1998
Charadrius alexandrinus	1,7	3,0	1984-1998
Himantopus himantopus	1,8	2,0	1991-1998
Recurvirostra avosetta	3,2	8,0	1973-1998
Haematopus ostralegus	2,0	3,7	1984-1998
Tringa totanus	4,0	1,9	1984-1998
Phalacrocorax carbo	26,0	2,5	1983-1998

* - индексы рассчитывались как отношение численностей птиц и количества островных систем, на которых они гнездились, между границами временного периода.

** - границы временного периода (для которого имеются достоверные сведения о количестве гнездящихся птиц).

Значения индекса изменения численности в целом адекватно отражают процессы популяционной динамики видов, особенно по отношению к малочисленным видам (*Sterna albifrons* Pallas, 1764, *Charadrius dubius* Scopoli, 1786, *Charadrius alexandrinus*, *Haematopus ostralegus*). Безусловно, в сочетании с индексом распространения, можно получить представление об общей ситуации, характеризующей динамику гнездящихся видов птиц, однако существует феномен перераспределения численности видов: в пределах рассматриваемого региона птицы оставляют старые острова и осваивают новые. Для математического выражения тенденций динамики численности видов птиц целесообразно рассчитать показатели изменчивости и вариабельности численности. Существует ряд индексов, широко применяемых в популяционной и экосистемной экологии для оценки изменения численности видов [7, 8]. Для получения информации в цифровом представлении, выражающем тенденции в изменении численности видов и позволяющем использовать ее для прогнозирования орнитологической ситуации, были рассчитаны некоторые коэффициенты, данные для которых были взяты за анализируемый выше период (табл. 2).

Таблица 2. Значения некоторых показателей, отражающих динамику колониально гнездящихся видов птиц островных систем.

Вид	\bar{N}	CV	CF	N	SD	R
Larus cachinnans	14,38	0,81	2,75	8241,35	6642,30	0,67
Larus ichtyaetus	0,49	0,68	2,81	284,86	193,99	0,66
Larus melanocephalus	4,59	1,91	8,20	2635,05	5044,39	0,16
Larus genei	4,37	1,08	4,00	2504,79	2714,54	0,27
Gelochelidon nilotica	0,72	1,11	6,39	412,76	459,38	0,16
Sterna hirundo	6,22	0,88	2,53	3569,85	3128,08	0,14
Sterna albifrons	1,03	1,18	4,51	593,42	697,07	0,09
Thalasseus sandvicensis	5,39	0,98	2,88	3088,12	3012,14	0,12
Hydroprogne caspia	0,51	0,83	3,65	292,92	241,29	0,10
Charadrius dubius	0,03	0,56	2,49	17,10	9,59	0,18

Charadrius alexandrinus	0,22	0,56	7,22	127,20	70,89	0,11
Recurvirostra avosetta	0,68	1,65	3,38	391,67	645,09	0,07
Himantopus himantopus	0,21	0,41	3,23	121,88	50,01	0,18
Haematopus ostralegus	0,04	0,45	3,01	21,90	9,84	0,15
Tringa totanus	0,23	0,53	3,23	131,18	69,23	0,14
Phalacrocorax carbo	13,20	0,43	2,91	7591,94	3254,59	0,69

\bar{N} - средняя плотность (пар на 100 га)

CV - коэффициент вариации, SD/N (1)

где: N - среднее значение гнездящихся пар, SD - стандартное отклонение

CF - коэффициент флуктуации, $\Sigma (\log N_i - \log N)/(t-1)$ (2)

где: N_i - численность вида (в парах) в момент i, t - количество лет наблюдений

R - коэффициент корреляции Спирмана

$p < 0,05$ (тест на статистическую достоверность).

Анализируя полученные результаты, с полной уверенностью можно подтвердить определенное увеличение численности (используя значения коэффициента корреляции Спирмана) для таких видов, как: *Larus cachinnans*, *Larus ichtyaetus*, *Larus melanocephalus*, *Larus genei* Breme, 1840, *Hydroprogne caspia*, *Phalacrocorax carbo*. Для остальных видов полученные коэффициенты невысоки, что, по нашему мнению, определяется высокой дисперсией видов среди островных систем, непостоянностью на гнездовании и более сильной зависимостью их от силы воздействия антропогенного фактора и межвидовой конкуренции. Значения данного коэффициента в пределах от 1 до 5 определены и позволяют считать движение численности стабильным для *Larus ichtyaetus*, *Larus genei*, *Sterna hirundo*, *Thalasseus sandvicensis*, *Hydroprogne caspia*, *Charadrius dubius*, *Recurvirostra avosetta*, *Himantopus himantopus*, *Tringa totanus*, *Phalacrocorax carbo*, последний вид, однако характеризуется периодическими «вспышками» численности, в силу его склонности к экспансии.

Виды, для которых коэффициент флуктуации имеет значение больше пяти, определены как нестабильные: *Larus melanocephalus*, *Gelochelidon nilotica*, *Charadrius alexandrinus*, *Charadrius dubius*. Для первых двух видов это объясняется высокой лабильностью и склонностью к перераспределению среди островных систем; численность последних видов в большой степени зависит от состояния гнездовых биотопов. В целях сравнения процессов динамики за разные временные периоды был проведен расчет тренда на основании регрессионного анализа средних значений десятичного логарифма численности, позволяющий учесть эти различия [10].

По результатам теста (табл. 3), статистически достоверные результаты получены для: *Larus cachinnans* (более сильное увеличение численности в периоды 1991-1998 и 1982-1990 по сравнению с 1973-1981); *Larus ichtyaetus* (1991-1998 в сравнении с 1973-1981); *Gelochelidon nilotica* (уменьшение численности в 1982-1990 по сравнению с 1973-1981); *Hydroprogne caspia* (уменьшение численности в 1991-1998 относительно 1973-1981); *Thalasseus sandvicensis* *Recurvirostra avosetta* (уменьшение численности в 1982-1990 по сравнению с 1973-1981); *Haematopus ostralegus* (небольшое увеличение численности в 1991-1998 в сравнении с 1973-1981).

Таблица 3. Тренд некоторых видов птиц за различные временные периоды

Виды	1973-1981		1982-1990		1881-1998		1973-1998	
	T	SD	T	SD	T	SD	T	SD
Larcac	0,19*	0,39	0,50**	0,21	0,44*	0,25	0,66*	0,13



Larich	0,48*	0,56	0,19*	0,27	0,15*	0,43	0,65*	0,22
Larmel	0,36*	0,38	-0,13*	0,23	0,30*	0,59	0,44*	0,26
Largen	-0,11*	0,36	0,87*	0,42	0,28*	0,51	0,53*	0,20
Gelnil	0,95**	0,39	-0,16*	0,63	-0,46*	0,55	0,29*	0,27
Stecas	0,02*	0,34	0,16*	0,49	0,03*	0,38	0,09	0,20
Stehir	1,15*	0,35	-0,20*	0,29	-0,26*	0,44	-0,14*	0,21
Stesan	0,09*	0,39	0,71**	0,31	-0,79*	0,22	-0,13*	0,22
Stealb	0,66*	0,26	-0,39*	0,41	-0,44*	0,40	-0,09**	0,20
Chadub	-	-	0,25*	1,04	-0,29*	0,65	0,14*	1,38
Chaale	-	-	-0,53*	0,87	-0,29*	0,65	-0,57*	0,96
Recavo	0,08*	0,36	0,36*	0,45	0,36*	0,59	0,19*	0,25
Haеost	-	-	-	-	-0,28*	0,51	0,05*	0,23
Tritot	-	-	-	-	0,15*	0,53	0,33*	0,45
Phacar	-	-	0,04*	0,08	1,01**	0,49	0,71*	0,20

Сокращенные названия видов соответствуют использованным ранее в тексте и использованы на основании принятой системы сокращений [4]. Пропуски в таблице означают отсутствие достоверных данных для анализа. Т - значение тренда, SD - стандартное отклонение. Достоверность: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

ВЫВОДЫ

Проделанный анализ динамики численности модельных колониально гнездящихся околоводных птиц в условиях островов региона показал, что состояние популяций и прогноз статуса видов довольно благоприятный. Данные многолетнего мониторинга позволяют сделать вывод о существовании достаточного количества пригодных для гнездования биотопов, чья гнездовая емкость позволяет данным видам птиц поддерживать свою численность. В случае неблагоприятных условий – усиления антропогенного пресса, конкурентных взаимоотношений, недостаточности кормовых ресурсов или редукции гнездовых биотопов, птицы, за счет процессов эмиграции и иммиграции по островам, способны успешно реагировать на изменяющиеся условия, при этом, практически не снижая численность, и, следовательно, успешность размножения.

Риск исчезновения видов с гнездования возрастает с увеличением числа видов, гнездящихся совместно в пределах данного острова. В то же время, для видов, характеризующихся одинаковым обилием, эта вероятность выше для вида, чья численность нестабильна и флуктуации ее более выражены. Все это доказывает актуальность постоянного мониторинга и анализа динамики численности гнездящихся видов птиц.

Следующим этапом изучения процессов перераспределения численности птиц по островам должен быть более глубокий анализ с использованием количественных данных о гнездовании. Результаты подобного анализа динамики популяций позволят получить необходимую информацию о минимальном размере популяции для колонизации новых островов и длительном устойчивом существовании. Подобный анализ также позволит установить влияние конкуренции на размеры популяции и определить ее вариабельность между и внутри видов.

REFERENCES

- Zubakin, V. A. (1975). Breeding gulls of Kitay Island in 1973. *Colonial nesting waterbirds and their protection*. Proc. of Workshop. Moscow: Nauka.
- Zubakin, V. A., Kostin, Y. (1975). The necessity of conservation of nesting gulls and sandpipers in Chongarskiy Peninsula. *Colonial nesting waterbirds and their protection*. Proc. of Workshop. Moscow: Nauka.
- Zubakin, V. A., Kostin, Y. (1977). Breeding birds of Chongarskie Islands. *Ornithology*, 13, 49-55.
- Inventory and Cadastral Characteristics of Wetlands of the South of Ukraine (1975). Chernichko, J. I. (Ed.). Melitopol: Branta.
- Siokhin, V. D., Chernichko, J. I. & Ardamatskaya, T. B, et al. (1988). Colonial hydrophilic birds of south of Ukraine. *Charadriiformes*. Kiev: Naukova Dumka.
- Mikityuk, A. V. (1997). IBA program. Guidelines in bird survey. Kiev: Bird Protection Society.
- Sauer, J. R., Droege, S. (1990). Survey designs and statistical methods for the estimation of avian population trends. In *Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends*. Washington: US Fish and Wildlife service.
- Underhill, L. G., Prys-Jones, R. P. (1994). Index numbers for waterbird populations: review and methodology. *J. Appl. Ecol.*, 31, 463-480.
- SYSTAT (1989). Inc.: Evanston.
- O'Connor, R. J. (1990). Current thinking of United Kingdom bird monitoring. In *Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends*. Washington: US Fish and Wildlife service.
- Reed, T. M. (1985). Island biogeographic theory in bird conservation: an alternative approach. In *Conservation of island birds*. Norwich.