



Climate change as an emerging threat to Emperor Penguins

Authors

Bernard W.T. Coetzee, School of Biological Sciences, Monash University, Victoria, Australia.

Steven L. Chown, School of Biological Sciences, Monash University, Victoria, Australia.

DOI: 10.18124/D4Z59T

Brief Overview

Императорские пингвины (*Aptenodytes forsteri*) уникально приспособлены для размножения в условиях антарктической зимы, главным образом на неподвижном морском льду. Изменение климата может оказать негативное воздействие на этот вид из-за изменения протяженности, состава и устойчивости морского льда. Однако на успех популяции императорских пингвинов могут оказывать влияние многие факторы, и в различных колониях в разных районах могут происходить противоположные изменения. Опубликованные в настоящее время данные показывают, что понимание влияния изменения климата на популяции императорских пингвинов пока еще не выработано. В настоящий момент, в соответствии с руководящими правилами Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) относительно описания неопределенности, имеющиеся данные могут рассматриваться как *ограниченные или средние*, но не с *высокой степенью согласия*. Таким образом, связанные с изменением климата негативные воздействия на императорских пингвинов могут считаться *вероятными*.

Detailed Overview

Императорские пингвины (*Aptenodytes forsteri*) уникально приспособлены для размножения в условиях антарктической зимы — они откладывают яйца и выводят птенцов главным образом на устойчивом морском льду. Изменение климата оказывает возрастающее воздействие на природу Антарктики. Оно влияет на физическую окружающую среду, от которой такие виды, как императорские пингвины, во многом зависят^{1,2}. Выживаемость взрослых особей императорских пингвинов связана с протяженностью и устойчивостью морского льда зимой^{3,4}, а также требуются условия устойчивости ледового покрова для линьки⁵. Изменение климата влияет на протяженность и состав морского льда^{1,2,6}. На протяженность морского льда влияет существующая в Южном океане взаимосвязанная система атмосфера-лед-океан, которая является самым сложным, наиболее трудным для изучения и наименее понятным биомом Земли¹. В целом, начиная с 1970-х годов происходит незначительное расширение зоны морского льда в Антарктике, но при этом имеют место значительные региональные изменения как в расширении, так и в сокращении. Расширение протяженности морского льда может быть

связано, по крайней мере отчасти, с таянием шельфовых ледников, обусловленным изменением климата, что в свою очередь приводит к образованию на море прохладного, пресноводного поверхностного слоя, который предотвращает таяние морского льда⁶.

Так как для размножения императорским пингвинам прежде всего требуется устойчивый морской лед, усиливающееся региональное потепление, вызванное изменением климата, может негативно сказаться на их популяции из-за изменения протяженности, состава и устойчивости льда⁵. В 2001 г. исследования показали, что колония императорских пингвинов на Земле Адели была особенно уязвима к изменению климата из-за сокращения протяженности морского льда³. Дальнейшее моделирование популяции на Земле Адели показало, что вероятность исчезновения императорских пингвинов в этом районе может составлять не менее 36%⁷ и достичь 81% к 2100 году⁸. В исследовании также подчеркивалось, увеличение частоты потеплений с последующим уменьшением протяженности морского льда снизит жизнеспособность местной популяции императорских пингвинов. Если температура на Земле поднимется более чем на 2 °С выше доиндустриального уровня, что является вероятным сценарием⁹, то, по оценкам, примерно 40% всех размножающихся популяций императорских пингвинов может сократиться или исчезнуть¹⁰. В 2011 г. было зафиксировано исчезновение небольшой колонии императорских пингвинов (~150 размножающихся пар) в связи с потеплением местного климата¹¹.

На постоянную жизнеспособность популяций императорских пингвинов могут влиять многие факторы, и было доказано, что в колониях в различных районах могут иметь место противоположные изменения популяции¹², что также относится и к другим видам пингвинов¹². Обеспокоенность тем, что изменение климата может ускорить снижение численности популяций императорских пингвинов, высказывалась и ранее^{3, 7, 8, 10-12} ([КСДА XXX/IP5](#), [КСДА XXXV/IP45](#), XXXIII КСДА/WP16). Существующие на сегодняшний день данные показывают, что еще не достигнуто полное понимание влияния изменения климата на популяции императорских пингвинов^{3, 7, 8, 10-13}. Однако снижение численности популяций было доказано^{3, 14}, и, по прогнозам, оно станет более значительным^{7, 8, 10}.

Обнаружение новых колоний императорских пингвинов в 2012 г. означает изменение оценок общей численности популяции в сторону увеличения: с ~155 000 до ~238 000 размножающихся пар¹⁵. Кроме того, в ходе наблюдений со спутника и воздушных съемок впервые было зафиксировано, что императорские пингвины выводят потомство на шельфовых льдах, в отличие от морского льда. Эти данные позволяют предположить, что численность популяций этого вида может быть больше и что они могут адаптировать свое поведение перед лицом изменений их основной среды размножения¹⁶. В настоящий момент, в соответствии с руководящими правилами Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) относительно описания неопределенности¹⁷, имеющиеся данные могут рассматриваться как *ограниченные или средние*, но не с *высокой степенью согласия*. Таким образом, связанные с изменением климата негативные воздействия на императорских пингвинов могут считаться *вероятными*.

Основные события

1992 г.

Существование связи между климатом и протяженностью морского льда и успехом популяций императорских¹⁸ и антарктических¹⁹ пингвинов предположили Croxall и Fraser, Trivelpiece и Ainley, однозначно признавая сложность вопроса и необходимость дальнейших исследований.

1999 г.

Исследование Smith et al. показывает, что изменение климата и демография пингвинов могут быть связаны, но не рассматривает императорских пингвинов²⁰.

2001 г.

В исследовании Barbraud и Weimerskirch отмечается снижение численности популяций императорских пингвинов в одной колонии (Земля Адели) и подразумевается, что изменение климата может оказывать контрастное влияние на демографию в зависимости от протяженности морского льда.

В исследовании Micol и Jouventin утверждается, что влияние морского льда на популяции императорских пингвинов не выяснено, но степень воздействия протяженности морского льда прямо не исследуется²¹.

2002 г.

В обзоре Croxall, Tranthan и Murphy⁵ в явной форме обсуждается связь между демографией и изменением климата и признается сложность экосистемы Южного океана. В нем сделано предположение о том, что изменения свойств морского льда как среды обитания вызывает снижение выживаемости взрослых особей императорских пингвинов.

2003 г.

Тенденции к снижению численности популяций морских птиц (включая императорских пингвинов) наряду с признаками одновременного снижения вторичной продукции в субантарктических водах и сокращением протяженности морского льда указывают на то, что в Южном океане произошел значительный сдвиг экосистемы, как было показано Weimerskirch et al.²².

2004 г.

В Красном списке МСОП императорские пингины указаны как вид, «вызывающий наименьшее опасение». Это означает, что была выполнена оценка вида и было установлено, что риск его исчезновения является минимальным²³.

2005 г.

Демографическая модель, предложенная Jenouvrier, Barband и Weimerskirch для Земли Адели, показывает, что на популяцию императорских пингвинов положительное влияние оказывает увеличение протяженности морского льда за счет повышения выживаемости взрослых особей, и что на негативное влияние на популяцию может оказать сокращение протяженности морского льда, вызванное изменением климата⁴.

Одновременные, но противоположные изменения в популяциях двух видов пингвинов, имевшие место в течение десятилетия (включая императорских пингвинов) и сопутствующие изменения климата в Южном океане отмечены исследователями Ainley et al.²⁴.

2006 г.

Глобальный обзор экологических и эволюционных реакций на недавнее изменение климата, выполненный Parmesan, высвечивает угрозу, которую изменение климата несет императорским пингвинам²⁵.

2007 г.

В исследовании Murphy et al.²⁶ документально подтверждаются обусловленные климатом колебания в Южном океане, которые вызывают изменения температуры поверхности моря и связанные колебания протяженности морского льда в зимний период.

СКАР представляет документ [КСДА XXX/IP5](#), в котором признается потенциальная угроза изменения климата для императорских пингвинов.

2008 г.

В Красном списке МСОП дается повторная оценка императорских пингвинов и снова этот вид определяется как «вызывающий наименьшее опасение»²³.

Barber-Meyer, Кооуман и Ponganis обнаружили, что численность птенцов императорских пингвинов связана с протяженностью морского льда и температурой поверхности моря, но эта связь присутствует не во всех колониях¹².

Voersma указывает, что императорские пингвины являются потенциальным индикатором глобального изменения морских экосистем²⁷.

2009 г.

В Красном списке МСОП дается повторная оценка императорских пингвинов и снова этот вид определяется как «вызывающий наименьшее опасение» (2012), хотя Turner et al.¹ и Forcada и Trathan²⁸ признают потенциально негативные последствия изменения климата на протяженность морского льда и его негативное значение для императорских пингвинов.

Исследование, проведенное Jenouvrier et al., соединяет демографические модели и набор моделей изменения климата, предложенный МГЭИК, показывая, что вероятность квазиисчезновения императорских пингвинов на Земле Адели (снижение численности на 95% или более) составит как минимум 36% к 2100 г.⁷. В документе также подчеркивается, что увеличение частоты потеплений, которое может привести к сокращению протяженности морского льда, снизит жизнеспособность популяций императорских пингвинов.

В то же время в исследовании Fretwell и Trathan²⁹ используются спутниковые данные для оценки численности колоний императорских пингвинов путем обнаружения фекальных пятен на морском льду. В нем задокументированы 10 ранее неизвестных колоний императорских пингвинов в Антарктике, что обеспечивает важный географический ресурс для дальнейших исследований. Тем не менее 6 колоний, о которых было известно из старых данных,

полученных с помощью наземных средств, по неизвестным причинам не были обнаружены на спутниковых изображениях²⁹.

Turner et al. сообщают, что с конца 1970-х годов было зафиксировано увеличение средней протяженности антарктического морского льда².

2010 г.

В исследовании с моделированием, проведенном Ainley et al. рассматривается судьба императорских пингвинов в Антарктике, в случае если средняя температура тропосферы Земли достигнет значения, на 2 °С превышающего доиндустриальный уровень, что, по прогнозам, должно произойти приблизительно в 2025-2052 гг.¹⁰. При таком сценарии прогнозируется снижение численности или исчезновение примерно 50% колоний, обитающих к северу от 70° южной широты, что составляет 40 % всей размножающейся популяции.

2011 г.

Tranathan, Fretwell и Stonehouse отмечают первое исчезновение небольшой колонии императорских пингвинов, состоящей из ~150 размножающихся пар, обусловленное региональным потеплением (Дионовы острова, западная часть Антарктического полуострова, см.¹¹).

2012 г.

В Красном списке МСОП дается повторная оценка императорских пингвинов, но теперь этот вид определяется как «близкий к переходу к группе угрожаемых»²⁶. Это означает, что он считается видом, которому в ближайшем будущем может грозить исчезновение. В оценке упоминается потенциальное воздействие изменения климата, основным проявлением которого является влияние на протяженность морского льда, но признается неопределенность оценки.

Обновленная объединенная модель изменения демографии в связи с изменением климата, предложенная Lepouvier et al., более детально рассматривает неопределенность модели, прогнозирует снижение численности популяции императорских пингвинов на Земле Адели на 81% к 2100 г.⁸.

Продолжающаяся работа Стохалл¹⁸ с использованием спутниковых данных для определения численности колоний императорских пингвинов указывает, что в сравнении с предыдущей оценкой численность популяции увеличилась более чем на ~60 000 пар, достигнув примерно ~238 000 размножающихся пар.

Fretwell et al. сообщают о том, что разрозненные тенденции изменения популяций, зафиксированные для других видов пингвинов в Южном океане, потенциально наводят на мысль об ограниченности объяснений, связанных с изменением климата и морским льдом, в отношении уменьшения численности популяций императорских пингвинов¹⁶.

Bromwich et al.³⁰ подтверждают, что Западная Антарктика — это один из самых быстро теплеющих районов на планете, но причины потепления остаются предметом изучения³¹. Stammerjohn et al. сообщают, что на региональном уровне изменение климата, вероятно,

привело к более раннему отступлению морского льда в некоторых районах, однако задержало его отступление в других районах³².

2013 г.

Bintanja et al. сообщают о том, что холодные струи пресной воды, образующиеся в результате таяния нижних слоев шельфовых льдов Антарктики, охлаждают морскую воду, и это помогает объяснить парадоксальное увеличение протяженности морского льда^{2,6}.

2014 г.

Fraser et al., используя данные, полученные со спутников, и данные наблюдений с воздуха, показывают 4 новых колонии императорских пингвинов, обнаруженных на шельфовом, а не на морском льду, что может смягчить некоторые последствия исчезновения императорских пингвинов на морском льду¹⁹.

СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. Turner, R. A. Bindschadler, P. Convey, G. Di Prisco, E. Fahrbach, J. Gutt, D. A. Hodgson, P. A. Mayewski, C. P. Summerhayes, "Antarctic Climate Change and the Environment" (Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, Online: <http://www.scar.org/publications/occasionals/acce.html>, 2009).
2. J. Turner, J. C. Comiso, G. J. Marshall, T. A. Lachlan-Cope, T. Bracegirdle, T. Maksym, M. P. Meredith, Z. Wang, A. Orr, Non-annular atmospheric circulation change induced by stratospheric ozone depletion and its role in the recent increase of Antarctic sea ice extent. *Geophysical Research Letters* **36**, 1-5 (2009) doi: [10.1029/2009GL037524](https://doi.org/10.1029/2009GL037524).
3. C. Barbraud, H. Weimerskirch, Emperor penguins and climate change. *Nature* **411**, 183-186 (2001) doi: [10.1038/35075554](https://doi.org/10.1038/35075554).
4. S. Jenouvrier, C. Barbraud, H. Weimerskirch, Long-term contrasted responses to climate of two Antarctic seabird species. *Ecology* **86**, 2889-2903 (2005) doi: [10.1890/05-0514](https://doi.org/10.1890/05-0514).
5. J. P. Croxall, P. N. Trathan, E. J. Murphy, Environmental change and Antarctic seabird populations. *Science* **297**, 1510-1514 (2002) doi: [10.1126/science.1071987](https://doi.org/10.1126/science.1071987).
6. R. Bintanja, G. J. Van Oldenborgh, S. S. Drijfhout, B. Wouters, C. A. Katsman, Important role for ocean warming and increased ice-shelf melt in Antarctic sea-ice expansion. *Nature Geoscience* **6**, 376-379 (2013) doi: [10.1038/ngeo1767](https://doi.org/10.1038/ngeo1767).
7. S. Jenouvrier, H. Caswell, C. Barbraud, M. Holland, J. Stroeve, H. Weimerskirch, Demographic models and IPCC climate projections predict the decline of an emperor penguin population. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**, 1844-1847 (2009) doi: [10.1073/pnas.0806638106](https://doi.org/10.1073/pnas.0806638106).
8. S. Jenouvrier, M. Holland, J. Stroeve, C. Barbraud, H. Weimerskirch, M. Serreze, H. Caswell, Effects of climate change on an emperor penguin population: Analysis of coupled demographic and climate models. *Global Change Biology* **18**, 2756-2770 (2012) doi: [10.1111/j.1365-2486.2012.02744.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02744.x).
9. R. A. Betts, M. Collins, D. L. Hemming, C. D. Jones, J. A. Lowe, M. G. Sanderson, When could global warming reach 4°C? *Philosophical Transactions A* **369**, 67-84 (2011) doi: [10.1098/rsta.2010.0292](https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0292).
10. D. Ainley, J. Russell, S. Jenouvrier, E. Woehler, P. O. Lyver, W. R. Fraser, G. L. Kooyman, Antarctic penguin response to habitat change as earth's troposphere reaches 2° C above preindustrial levels. *Ecological Monographs* **80**, 49-66 (2010) doi: [10.1890/08-2289.1](https://doi.org/10.1890/08-2289.1).
11. P. N. Trathan, P. T. Fretwell, B. Stonehouse, First recorded loss of an emperor penguin colony in the recent period of Antarctic regional warming: Implications for other colonies. *PLoS ONE* **6**, e14738 (2011) doi: [10.1371/journal.pone.0014738](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014738).
12. S. M. Barber-Meyer, G. L. Kooyman, P. J. Ponganis, Trends in western Ross Sea emperor penguin chick abundances and their relationships to climate. *Antarctic Science* **20**, 3-11 (2008) doi: [10.1017/S0954102007000673](https://doi.org/10.1017/S0954102007000673).
13. H. J. Lynch, R. Naveen, P. N. Trathan, W. F. Fagan, Spatially integrated assessment reveals widespread changes in penguin populations on the Antarctic Peninsula. *Ecology* **93**, 1367-1377 (2012) doi: [10.1890/11-1588.1](https://doi.org/10.1890/11-1588.1).
14. G. Robertson, B. Wienecke, L. Emmerson, A. D. Fraser, Long-term trends in the population size and breeding success of emperor penguins at the Taylor Glacier colony, Antarctica. *Polar Biology* **37**, 251-259 (2014) doi: [10.1007/s00300-013-1428-z](https://doi.org/10.1007/s00300-013-1428-z).
15. P. T. Fretwell, M. A. LaRue, P. Morin, G. L. Kooyman, B. Wienecke, N. Ratcliffe, A. J. Fox, A. H. Fleming, C. Porter, P. N. Trathan, An emperor penguin population estimate: The first global, synoptic survey of a species from space. *PLoS ONE* **7**, e33751 (2012) doi: [10.1371/journal.pone.0033751](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033751).

16. P. T. Fretwell, P. N. Trathan, B. Wienecke, G. L. Kooyman, Emperor penguins breeding on ice shelves. *PLoS ONE* **9**, e85285 (2014) doi: [10.1371/journal.pone.0085285](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085285).
17. M. D. Mastrandrea, et al., "Guidance note for lead authors of the IPCC fifth assessment report on consistent treatment of uncertainties" (IPCC, Online: <http://tinyurl.com/mh453oh>, 2010).
18. J. P. Croxall, Southern Ocean environmental changes: effects on seabird, seal and whale populations. *Philosophical Transactions – Royal Society of London, B* **338**, 319-328 (1992) doi: [10.1098/rstb.1992.0152](https://doi.org/10.1098/rstb.1992.0152).
19. W. R. Fraser, W. Z. Trivelpiece, D. G. Ainley, S. G. Trivelpiece, Increases in Antarctic penguin populations: reduced competition with whales or a loss of sea ice due to environmental warming? *Polar Biology* **11**, 525-531 (1992) doi: [10.1007/BF00237945](https://doi.org/10.1007/BF00237945).
20. R. C. Smith, D. Ainley, K. Baker, E. Domack, S. Emslie, B. Fraser, J. Kennett, A. Leventer, E. Mosley-Thompson, S. Stammerjohn, M. Vernet, Marine ecosystem sensitivity to climate change. *BioScience* **49**, 393-404 (1999).
21. T. Micol, P. Jouventin, Long-term population trends in seven Antarctic seabirds at Pointe Géologie (Terre Adélie): Human impact compared with environmental change. *Polar Biology* **24**, 175-185 (2001) doi: [10.1007/s003000000193](https://doi.org/10.1007/s003000000193).
22. H. Weimerskirch, P. Inchausti, C. Guinet, C. Barbraud, Trends in bird and seal populations as indicators of a system shift in the Southern Ocean. *Antarctic Science* **15**, 249-256 (2003) doi: [10.1017/S0954102003001202](https://doi.org/10.1017/S0954102003001202).
23. IUCN, "Red list of endangered species: *Aptenodytes forsteri*." (Online: <http://www.iucnredlist.org/details/22697752/0>, 2014).
24. D. G. Ainley, E. D. Clarke, K. Arrigo, W. R. Fraser, A. Kato, K. J. Barton, P. R. Wilson, Decadal-scale changes in the climate and biota of the Pacific sector of the Southern Ocean, 1950s to the 1990s. *Antarctic Science* **17**, 171-182 (2005) doi: [10.1017/S0954102005002567](https://doi.org/10.1017/S0954102005002567).
25. C. Parmesan, Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **37**, 637-669 (2006) doi: [10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100).
26. E. J. Murphy, P. N. Trathan, J. L. Watkins, K. Reid, M. P. Meredith, J. Forcada, S. E. Thorpe, N. M. Johnston, P. Rothery, Climatically driven fluctuations in Southern Ocean ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **274**, 3057-3067 (2007) doi: [10.1098/rspb.2007.1180](https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1180).
27. P. D. Boersma, Penguins as marine sentinels. *Bioscience* **58**, 597-607 (2008) doi: [10.1641/b580707](https://doi.org/10.1641/b580707).
28. J. Forcada, P. N. Trathan, Penguin responses to climate change in the Southern Ocean. *Global Change Biology* **15**, 1618-1630 (2009) doi: [10.1111/j.1365-2486.2009.01909.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01909.x).
29. P. T. Fretwell, P. N. Trathan, Penguins from space: Faecal stains reveal the location of emperor penguin colonies. *Global Ecology and Biogeography* **18**, 543-552 (2009) doi: [10.1111/j.1466-8238.2009.00467.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00467.x).
30. D. H. Bromwich, J. P. Nicolas, A. J. Monaghan, M. A. Lazzara, L. M. Keller, G. A. Weidner, A. B. Wilson, Central West Antarctica among the most rapidly warming regions on Earth. *Nature Geoscience* **6**, 139-145 (2013) doi: [10.1038/ngeo1671](https://doi.org/10.1038/ngeo1671).
31. E. J. Steig, et al., Recent climate and ice-sheet changes in West Antarctica compared with the past 2,000 years. *Nature Geoscience* **6**, 372-375 (2013) doi: [10.1038/ngeo1778](https://doi.org/10.1038/ngeo1778).
32. S. Stammerjohn, R. Massom, D. Rind, D. Martinson, Regions of rapid sea ice change: An inter-hemispheric seasonal comparison. *Geophysical Research Letters* **39**, (2012) doi: [10.1029/2012GL050874](https://doi.org/10.1029/2012GL050874).