

干旱区 湖泊与盐尘暴

吉力力·阿不都外力/等著

LAKES OF ARID LAND AND
SALT-DUST STORMS

Jilili Abuduwaili

中国环境科学出版社

P943.073
20141

阅 览

干旱区湖泊与盐尘暴

Lakes of Arid Land and Salt-dust Storms

吉力力·阿不都外力 等著



中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

干旱区湖泊与盐尘暴/吉力力·阿不都外力等著.
—北京: 中国环境科学出版社, 2012.12
ISBN 978-7-5111-1210-1

I. ①干… II. ①吉… III. ①干旱区—湖泊—研究—
亚洲 IV. ①P943.073

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 282552 号

出版人 王新程
责任编辑 陈金华 王海冰
责任校对 扣志红
封面设计 玄石至上

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 12 月第 1 版
印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 20
字 数 450 千字
定 价 128.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换







第一作者简介

吉力力·阿不都外力，男，维吾尔族，新疆拜城人，1964年7月出生，博士，中国科学院新疆生态与地理研究所研究员、副所长、博士生导师，研究所学术/学位委员会委员，新疆维吾尔自治区政协委员。国内外多个学术刊物的主编、副主编和编委。

1986年，毕业于新疆大学地理系自然地理专业。同年，分配到中国科学院新疆生态与地理研究所工作至今。2001年9月至2005年4月在俄罗斯莫斯科大学地理系学习，并获得博士学位。专业为地理生态学。主要从事干旱区资源环境、生态安全、景观变化以及与俄罗斯和中亚国家的国际合作研究。

先后主持完成国家自然科学基金、中国科学院知识创新工程重要方向项目、科技部国际合作项目等20多项国家及省部级研究课题。获新疆维吾尔自治区科技进步二等奖一项，三等奖两项。在国内外各类SCI和核心刊物上发表文章100余篇。



ПРЕДИСЛОВИЕ

Озера аридных районов Центральной Азии имеют значительные региональные особенности. Они являются важной частью гидрологического цикла любой водной системы, который играет главную роль в поддержании регионального баланса экосистемы. Во второй половине 20 века природные и антропогенные факторы начали оказывать комплексное воздействие на состояние водных ресурсов, что привело к непредсказуемым негативным изменениям динамики озер и деградации окружающей среды. В настоящее время, некоторые экологические проблемы, такие как усыхание рек, уменьшение объема озер, сокращение природных оазисов, исчезновение водно-болотных угодий, частая повторяемость пыле-солевых бурь, исчезновение популяций животных и растительных ассоциаций стали актуальными. В контексте современных проблем глобального потепления климата и прогрессивной аридизации, ключевой вопрос, который требуют своевременного решения, это установление оптимальных взаимоотношений между естественной динамики озер, ресурсами окружающей среды и социальными потребностями устойчивого экономического развития.

В течение последних десятилетий, ученые провели целый ряд исследований современного состояния озер в аридных районах Центральной Азии, а также на основе изучения озерных отложений, восстановили изменения климата, которые происходили в прошлом. Однако, эти исследования не были комплексными и систематизированными. Не уделялось достаточного внимания озерам как целостной экологической системе, исследования эволюции ландшафта и его экологические последствия не были сосредоточены на интеграции микро-механизмов и макро-закономерностей усыхания озера. Такие исследования изменений ландшафта и его региональных экологических последствий особенно важны в аридных районах Центральной Азии.

При поддержке Академии Наук КНР, Государственного фонда естественных наук, Министерства науки и технологий КНР, профессор Цзилили Абудувайли с группой коллег решил изучить процесс эволюции озер и его воздействие на окружающую среду в аридных районах Центральной Азии. На основе междисциплинарных методов лимнологии, палеолимнологии, литологии, гидрологии и метеорологии, с применением



современных технологий изучения озерных отложений и сравнивая пространственно-временные закономерности эволюции озер, он показал, главные закономерности эволюции озер и причины возникновения пыле-солевых бурь. Я думаю, что результаты этих исследований создадут научную основу для решения многих экологических проблем в аридных районах Центральной Азии.

Книга «Озера аридных территорий и пыле – солевые бури» написана на высоком уровне и предназначена для студентов, аспирантов и практикующих ученых. Я надеюсь, что научные выводы будут также интересны для государственных природоохранных организаций. Я полагаю, что эта книга станет полезным и важным шагом в исследованиях засушливых территории Центральной Азии.

Декан географического факультета
Московского Государственного Университета

Академик РАН, профессор

Касимов Н.С.



Preface

In arid land of Central Asia, lakes have some specific regional characteristics. Lake is an important part of the hydrological cycle of regional water system, which plays an incredible role in maintaining of the regional ecosystem balance. In the second half of 20th century, the natural and artificial factors had combined effect on the lake water resources, which caused to the unpredictable negative dynamics of lakes beyond safety thresholds, and resulted to serious environmental degradation effect. In present time, some ecological security issues became actual, including drying of river flows, declining of natural oases, disappearance of wetlands, shrinkage of lakes, frequent salt-dust storms and disappearing of animal populations and degradation of plants associations. In the context of present global warming and continuous aridization, the key issue, which needs the urgent solution in arid areas Central Asia is good arrangement the interrelations between natural dynamics of lakes, environment resources and social demands of sustainable economic development.

During recent years, scientists provided a number of investigations of modern lakes parameters in arid land of Central Asia and also reconstructed the former climatic and environmental changes of the past based on the lake sediment records. However, these investigations were lack of complexity and systematic. The lake-basin as a coupled system didn't receive the adequately attention, investigations of landscape evolution and its ecological effects were not focused on integration of microscopic mechanisms and macro-regularities of the tail-end lake area. Such investigations of landscape changes and its regional ecological effects are especially important in arid land of Central Asia.

Supporting by the Chinese Academy of Sciences, National Natural Science Foundation and Ministry of Science and Technology of China, Professor Jilili Abuduwaili and his research team decided to reveal the lake evolution process and its environmental effects in arid land of Central Asia. Comparing the spatiotemporal patterns in different lake evolution, with using of modern instrumental records of lake sediments, and basing on the multi-disciplinary and multi-method approaches, including Limnology, paleolimnology, sedimentology, hydrology and meteorology, etc., he revealed important regularities of lake evolution and causes of salt-dust storm occurrence. I think the results of these investigations will provide a scientific basis for solution of many

environmental problems in arid land of Central Asia.

This book “Lakes of arid land and salt dust storms” is written in advanced level and should be interesting for graduate students and practicing scientist. I also hope that the scientific findings will be interesting for governmental natural protection organizations. I suppose that this book will be useful and important step in investigations of Central Asia arid areas.

Dean of the Geography Department, Moscow State University

Academician of the Russian Academy of Sciences

Kasimov N.S.





序

干旱区河湖流域体系，构成了独特的内陆生态系统。干旱区的湖泊是以流域为单元的水分循环的重要环节，是区域水资源循环系统的重要组成部分，在维系区域流域生态系统平衡上发挥着重要的支撑作用。20 世纪下半叶以来，由于不合理的土地利用开发模式，亚洲中部尾间湖地区水资源开发利用和消耗程度不断提高，引发的生态环境问题主要表现在人类活动强烈干扰自然生态系统的过程中，出现了不稳定波动并且超出了生态安全阈值而导致环境退化，进而致使下游河道断流、天然绿洲缩小、湿地消失、湖泊萎缩、盐碱尘暴频发、动植物资源锐减等，对这一地区的可持续发展造成了广泛而深刻的影响。在气候干旱化背景下，如何协调好湖泊-流域资源、环境与社会经济可持续发展的关系，仍是目前亟待解决的关键问题。

近几十年来，众多科研工作者进行了亚洲中部干旱区湖泊记录的气候环境序列重建和现代湖泊基本参量的调查，但缺少系统性，湖泊-流域作为耦合系统的研究未给予应有的重视，将微观机理与宏观规律相融合的干旱区景观演变过程及其产生的生态效应的研究则更少。开展亚洲中部干旱区尾间湖地区景观变化及其区域生态效应研究，对亚洲中部干旱区应对全球变化具有重要意义。

基于以上思考，吉力力·阿不都外力研究员的研究团队在中国科学院、国家自然科学基金委和科技部国际科技合作计划项目的支持下，在多项科研成果基础上，通过干旱区湖泊时空格局比较、器测资料与湖泊记录反演资料的综合

集成以及湖泊学、古湖沼学、沉积学、水文气象、统计与模型等多学科多方法的交叉，开展了湖泊演化过程及其环境效应研究，揭示了湖泊演变及盐尘暴发生的规律，本项研究成果将为解决亚洲中部干旱区目前面临的环境问题提供科学依据。

《干旱区湖泊与盐尘暴》是一部具有较高水平的优秀科学著作。该书可供从事相关领域的科技工作者、高年级师生提供参考，同时可为政府部门环境保护提供有益的借鉴，这必将对亚洲中部干旱区生态与环境研究起到重要的推动作用。

俄罗斯科学院院士

莫斯科大学地理系主任

Kasimov N.S.

2012 年 11 月



前言

湖泊作为岩石圈、生物圈及大气圈相互作用的连接点，记录了自然和人类活动相互作用的历史和演变过程。自古以来，湖泊就与人类生存和发展密切相关，在径流调蓄、农业灌溉、航运交通、城乡供水、水产养殖以及维护生态平衡等方面发挥着不可替代的重要作用。科学开发利用干旱区湖泊资源，加强湖泊水资源的保护，有效促进湖泊生态恢复和改善，对促进干旱区社会经济发展具有重要作用。

亚洲中部干旱区湖泊是区域水资源系统的重要组成部分，其变化受自然和人类活动的共同影响。20 世纪下半叶以来，在高强度人类活动的影响下，干旱区平原尾间湖地区土地利用、土地覆被格局发生了显著的变化。不合理的土地利用开发模式，致使下游河道断流、天然绿洲缩小、湿地消失、湖泊萎缩、盐碱尘暴频发、动植物资源锐减，对干旱区的可持续发展造成了广泛而深刻的影响。同时，正在通过地球系统的各种循环与反馈过程，对全球环境变化构成不同程度的影响。一方面，河道断流，流域侵蚀产生的地球化学元素和人类经济活动所排放的化学物质不再能汇聚到尾间湖，而是在绿洲内富集，这样就打破了流域内原有的地球化学循环，长期下去必会对绿洲演化和持续发展产生重大的影响。另一方面，内陆湖泊是干旱区永久性盐分的收容站，湖泊萎缩后，大面积的干涸湖底演化成结构疏松的盐漠景观，盐床裸露地表成为干旱区风力侵蚀与搬运的对象，致使盐碱尘暴频发，对当地的生产活动和居民健康造成了严重的威胁。绿洲外部边缘带的沙化和内部土地的盐碱化，使整个区域的居民可居住面积逐渐减少，生存环境日益恶化，使得许多居民被迫背井离乡，沦为“生态难民”。因此，开展亚洲中部干旱区尾间湖地区的景观动态过程和空间格局变化研究，分析景观变化引发的区域生态效应，对揭示干旱区景观变化对全球变化的响应机制，优化生态建设和绿洲调控与管理具有重要意义。

《干旱区湖泊与盐尘暴》专著是在多项科研成果基础上凝练而成的。全书共分为 9 章，第 1 章由吉力力·阿不都外力、胡汝骥、王亚俊、何清、张兆永完成。总体介绍

了亚洲中部干旱区的地理环境特征、湖泊在亚洲中部干旱区生态系统中的作用以及亚洲中部干旱区湖泊主要环境问题。第2章由吉力力·阿不都外力、王亚俊、胡汝骥、郝韵完成。分别论述了中国干旱区和中亚五国的主要湖泊类型及分布格局。第3章由胡汝骥、王亚俊完成。阐明了干旱区湖泊的基本特征、水化学过程等。第4章由马龙、吴敬禄、吉力力·阿不都外力完成。重点介绍了器测记录以来的亚洲中部干旱区湖泊环境演变。第5章由马龙、吴敬禄完成。主要通过对干旱区湖泊演化过程及其环境效应的研究,揭示湖泊环境演变的规律。第6章由吉力力·阿不都外力、刘东伟、葛拥晓完成。重点研究了干旱区湖泊的衰亡过程与盐尘暴灾害。第7章由刘东伟、吉力力·阿不都外力、葛拥晓、唐杨完成。主要揭示干旱区内陆典型湖泊流域景观地球化学特征。第8章由吉力力·阿不都外力、刘东伟、葛拥晓、米热班·阿布里米提完成。讨论了干旱区干涸湖底富盐粉尘的输送与沉积过程,揭示了干旱区盆地平原尾间湖景观变化对全球变化的响应机制。第9章由吴敬禄、刘文、马龙完成,重点分析了亚洲中部干旱区湖泊萎缩的生态效应,提出了湖泊保护及盐尘暴防治措施。阿依古丽·买买提、张登清、邓怀敏、阿依努尔·提力瓦力迪、穆叶赛尔·吐地、Issanova Gulnura等参加部分工作。胡汝骥和吉力力·阿不都外力对全书进行了统稿。由胡汝骥和王亚俊对全书文字进行了编辑。阿布都米吉提·阿布力克木的图件编制等卓有成效的工作,为完成本专著提供了保障。

本书是在中国科学院知识创新工程重点项目(KZCX2-EW-308)、国家自然科学基金项目(41071139)、科技部国际科技合作项目(2010DFA92720)以及国家自然科学基金-新疆联合基金项目(U1138301)的资助下完成的。感谢中国科学院资源环境科学与技术局、国家自然科学基金委员会、科技部和新疆维吾尔自治区科技厅的大力支持。中国科学院新疆生态与地理研究所从事中亚研究的同事们在本书写作过程中都给予了热情支持和帮助,中国环境科学出版社陈金华副编审、王海冰编辑为本书的出版尽心竭力,使本书得以圆满问世。特别要感谢俄罗斯科学院院士、莫斯科大学地理系主任Kasimov N.S.教授在百忙中为本书作序。在此,对以上有关单位和同志们表示衷心的感谢!

由于时间仓促和经验不足,书中不妥之处在所难免,敬请读者指正。

吉力力·阿不都外力

2012年11月



目录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究区地理位置	1
1.2 自然地理基本特征	2
1.3 干旱区湖泊与盐尘暴研究	27
1.4 湖泊在亚洲中部干旱区生态系统中的作用	30
第 2 章 亚洲中部干旱区湖泊及分布格局	33
2.1 干旱区湖泊的主要生态环境问题	34
2.2 中国干旱区湖泊的分布及类型	35
2.3 中亚五国的湖泊分布及格局	46
第 3 章 干旱区湖泊的基本特征	74
3.1 干旱区河湖水系的独特性	75
3.2 湖泊的形态测量学特点	76
3.3 干旱区湖泊的风生湖流	78
3.4 湖泊沿岸泥沙的运行规律	79
3.5 干旱区湖泊的水化学过程	80
3.6 湖泊的水生生物系统	82
3.7 干旱区湖泊的发育与衰亡	83
第 4 章 器测记录的干旱区湖泊环境演变	86
4.1 干旱区典型湖泊环境演变	86
4.2 气候变化和人类活动对湖泊的影响	144
第 5 章 湖泊沉积物所示的流域环境变化	154
5.1 沉积物实验分析及指标的环境意义	154
5.2 新疆柴窝堡湖百年来湖泊及流域环境变化	159
5.3 乌梁素海百年来湖泊及流域变化特征	171

第 6 章 干旱区湖泊环境变化与盐尘暴灾害.....	181
6.1 干旱区湖泊的干涸过程	181
6.2 盐尘暴及其生态效应	183
6.3 盐尘暴的成因与分布	189
6.4 盐尘暴的动态过程	191
6.5 干旱区盐尘暴过程对区域气候变化和人类活动的响应.....	199
第 7 章 干旱区典型流域景观地球化学特征.....	205
7.1 人类活动干扰下亚洲中部干旱区湖泊景观变化.....	205
7.2 艾比湖流域干涸湖底的机械组成与地球化学特征.....	213
7.3 玛纳斯湖流域土壤地球化学特征.....	227
第 8 章 干涸湖底富盐粉尘的输送与沉积.....	240
8.1 艾比湖干涸湖底地表特征	240
8.2 干涸湖底不同地表类型的风蚀强度与富盐粉尘的输送通量.....	243
8.3 干涸湖底富盐粉尘的沉积率和沉积动态.....	249
8.4 干涸湖底富盐粉尘的扩散沉积对湖区土壤盐分积累的影响.....	256
第 9 章 干旱区湖泊保护及盐尘暴防治	260
9.1 干旱区湖泊萎缩的环境效应	260
9.2 艾比湖地区盐尘暴的防治	264
9.3 干旱区典型湖泊的修复及对策	266
参考文献	282

Lakes of Arid Land and Salt-dust Storms

Writer and Editor-in-Chief: Jilili Abuduwalli

Chapter 1 Introduction	1
Section 1 Geographic location of arid land in Central Asia	1
Section 2 Physical geography of arid land in Central Asia.....	2
Section 3 Research background of lake in arid land and salt dust storms	27
Section 4 Roles of lake ecosystem in arid land of Central Asia	30
Chapter 2 Lakes of arid land in Central Asia and its Distribution pattern	33
Section 1 The major eco-environmental problems in the lakes of arid land.....	34
Section 2 Lakes in the arid land of China and its distribution	35
Section 3 Lakes in the five central Asian countries and its distribution	46
Chapter 3 The main characteristics of lakes in arid land	74
Section 1 The originality of inland river-lake system.....	75
Section 2 The morphological characteristics of lakes in arid land	76
Section 3 The wind-driven current of lakes in arid land.....	78
Section 4 Lacustrine sedimentation in a littoral zone	79
Section 5 Chemical processes in lakes of arid land	80
Section 6 The aquatic ecosystem of lakes in arid land	82
Section 7 The development and disappearance of inland lakes.....	83
Chapter 4 Instrumental records of recent environmental change in lakes, arid land of Central Asia	86
Section 1 Recent environmental change in typical lakes of arid Central Asia	86
Section 2 The combined impact of climate changes and human activities on the inland lakes	144
Chapter 5 Lacustrine records of regional environment change from arid Central Asia.....	154
Section 1 The experimental analysis of multiple proxies in lake sediments and its environmental significance.....	154
Section 2 Environmental changes recorded in Chaiwopu lake sediment over the past 150 years.....	159
Section 3 Environmental changes recorded in Wuliangsu lake sediment over	