

区域生态安全评价指标体系 选取的概念框架研究

左 伟^{1,2} 周慧珍² 王 桥¹

(1 南京师范大学地理科学学院 南京 210097; 2 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 在全球区域和我国范围内,生态安全形势越来越严峻,局部地区的生态安全态势甚至已经损坏了社会经济与农业生产可持续发展的基础,但是从学术层面上的区域生态安全研究,尚未真正开展起来。本文研究建立的区域生态安全评价指标体系选取的概念框架和提出的区域生态安全评价指标体系,将为区域生态安全评价研究和生态环境管理实践提供理论基础。

关键词 区域生态安全;评价;P-S-R 模型;概念框架,指标体系

中图分类号 S181

当今世界,环境问题、资源问题、粮食问题、人口问题,已成为人类社会经济及农业生产可持续发展进程中全球共同面临的重大障碍性问题。生态环境问题是这些重大障碍性因素之一。

本文论述的区域生态安全指区域生态环境系统安全,是国家安全和社会安全的基础。因为如果人类或群落的生存环境受到威胁,人类赖以生存的自然生态系统遭到破坏就会威胁到国家和社会安全。国外已有学者从生态安全的角度研究国家和社会安全。如 Mark Halle^[1] 类安全网络系统分为经济安全子系统、政治安全子系统、人口安全子系统、文化安全子系统和生态安全子系统等。Cynil Obi^[2] 曾专题研究生态安全与国家安全的关系。

在我国,由于生态灾害和环境污染每年造成的经济损失占 GDP (Gross Domestic Product, 国内生产总值) 的 8.5% ~ 10%^[3], 最高可占到当年 GDP 的 14%^[4]。1998 年 6 ~ 9 月,长江流域发生全流域性特大洪水灾害。这次洪水,流域汛期降雨总量仅为 1954 年的 80% ~ 90%,入江径流总量比 1954 年少 350 亿 m³,但洪峰之多、水位之高、持续时间之长、受灾范围之广、损失之大、情势之严重,都是历史上所不多见的^[5]。长江上、中、下游流域大范围的生态环境严重破坏是造成 1998 年“中水量、高水位、大灾害”洪水的根本原因。从这次洪水中,国内有识之士认识到了生态安全的重要性。生态安全已关系到一个流域生态系统、区域生态系统的安

全,关系到一个国家的安全^[6]。可见,我国生态安全态势已经制约着国民经济的增长和社会经济的可持续发展。

虽然在全球区域和在我国范围内,生态安全形势越来越严峻,局部地区的生态安全态势甚至已经损坏了社会经济与农业生产可持续发展的基础,但是从学术层面上的区域生态安全研究,尚未真正开展起来。

本文研究建立的区域生态安全评价的概念框架和评价指标体系,可为生态安全评价和生态环境管理提供理论基础。

1 生态安全的概念

1.1 生态安全

生态安全^[7]同国防安全、经济安全一样,是国家安全的重要组成部分,而且是非常基础性的部分。由水、土、大气、森林、草地、海洋、生物组成的自然生态系统是人类赖以生存、发展的物质基础。当一个国家或地区所处的自然生态环境状况能够维系其社会经济可持续发展时,它的生态就是安全的;反之,就不安全。

所谓生态安全,是指一个国家生存和发展所需的生态环境处于不受或少受破坏与威胁的状态,生态安全是国家安全和社会稳定的一个重要组成部分。越来越多的事实表明,生态破坏将使人们丧失大量适于生存的空间,并由此产生大量生态灾民而冲击周边地区的社会稳定和生态安全。保障国家和

区域生态安全,是生态保护的首要任务。

可见,生态安全指的是这么一种状态:自然环境能满足人类和群落的持续生存与发展需求,而不损害自然生态环境的潜力^[8]。

1.2 生态系统环境与生态环境系统

从根本上说,生态系统环境与生态环境系统是一个事物的两个方面。为了研究和论述的方便,在本文研究中,对生态系统环境与生态环境系统的概念作了如下约定:

生态系统环境即指生态系统,是在一定区域空间范围内由生物群落与其非生物环境间各要素之间不断进行的物质循环、能量流动、信息传递的,具有结构、过程、功能的系统整体。它具有诸如草地生态系统、森林生态系统、农田生态系统等不同的类型种类;也有从局部区域生态系统到全球生物圈的不同区域空间尺度层次。人们一般着重从系统结构、过程、功能方面去认知、理解和研究生态环境。

生态环境系统也即人们通常所说的生态环境。是以人类社会为中心的,支撑人类社会经济与农业生产可持续发展的,由一定区域范围内生物、土壤、水体、空气、地质、地貌等在内的生态环境要素组成的整体环境综合系统。我们主要从系统所呈现的状态和系统为人类所提供的服务功能及其变化趋势等方面去认知、理解和研究生态环境系统。生态环境系统是本文研究的客体对象。

从区域生态安全的概念可以看出,区域生态安全与人类活动和社会需要密切相关。

生态环境系统的服务功能恰恰反映了生态环境系统与人类活动和社会需要的这种密切关系。一方面生态环境系统的服务功能能够满足人类需求。另一方面,由于人类需要的改变,人类对生态环境系统的服务功能也会进行适当的调整。因此,生态环境系统的服务功能反映了生态环境系统的安全程度,人类对生态环境系统的影响,以及生态环境系统管理的优劣程度。从这个角度理解生态环境系统安全的核心就是通过维护与保护生态环境系统服务功能来保护人类需求,评价区域生态环境系统安全就是要评价生态环境系统服务功能对人类需要的满足程度,或者说是为满足人类需求生态环境系统服务功能的实现情况。

2 区域生态安全评价研究指标体系选择的 概念框架(理论框架)

2.1 生态环境质量评价指标体系选择的概念框架

区域生态环境质量评价指标选择方法中,根据工作的目的,指标选择方法和侧重点有所不同,如基于生态压力的指标选择、基于环境暴露的指标选择、基于区域生态条件和空间格局的指标选择以及基于压力-状态-反映的指标选择方案等。针对生态问题、生态治理措施等的区域生态质量评价与研究中,基于生态压力的指标选择及环境暴露指标选择方法的居多;而针对常规的区域生态监测与评价工作中,为满足生态环境管理和决策的要求,近些年,科学家们设计了一些评价指标体系的概念框架。其中 OECD (Organization for Economic Co-operation and Development, 联合国经济合作开发署) 建立的 压力—状态—响应^[9, 10] (Pressure-State-Response, P-S-R) 框架模型(图 1) 被广泛承认和使用。该框架模型具有:(1) 综合性。同时面对人类活动和自然环境。(2) 灵活性。可以适用于大范围的环境现象。(3) 因果关系。它强调了经济运作及其对环境的影响之间的联系。

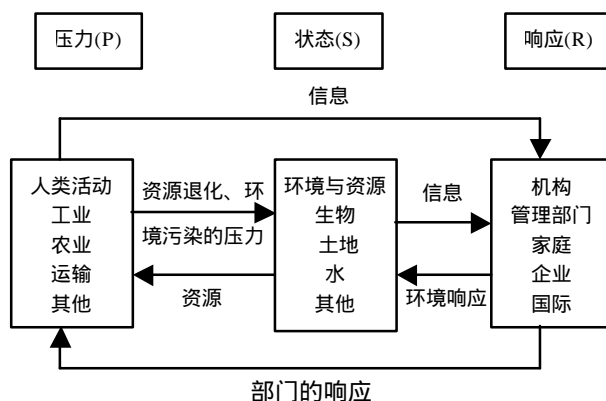


图 1 OECD 压力—状态—响应 (PSR) 框架模型

Fig. 1 OECD P (pressure)-S (status)-R (response) framework mode

这一框架模型具有非常清晰的因果关系,即人类活动对环境施加了一定的压力;因为这个原因,环境状态发生了一定的变化;而人类社会应当对环境的变化作出响应,以恢复环境质量或防止环境退化。而这三个环节正是决策和制定对策措施的全过程。

PSR 框架强调了环境压力的来源,这是一个非常关键的问题,因为造成环境压力的这些人类活动应当对环境的变化负责。而对于因果关系的强调也很重要,虽然这些联系未必象框架模型描述的那么直接。

在压力—状态—响应模型中,各模块可作如下

理解：

(1) “压力”指标(Pressure):指人类活动对环境的直接压力因子,例如废物排放,废物处理,公路网的密度,捕鱼和煤矿开采;

(2) “状态”指标(State):指环境当前的状态或趋势,例如污染物浓度,物种多样性,洁水的可用性;

(3) “响应”指标(Response):指环境政策措施中的可量化部分,它在社会处理环境问题过程中不断发展。例如,自然资源的收税水平,与污水处理系统相关的居民数量,保护区面积。

P-S-R 指标框架的一个可能问题是:人类活动对环境的影响只能通过环境状态指标随时间的变化而间接地反映出来。P-S-R 框架的一个更有力的变形可能是压力-状态-影响-响应框架(P-S-I-R 框架)。

P-S-R 框架和 P-S-I-R 框架之间的区别很容易区别开。在 P-S-R 框架中,可能的状态变量包括温室气体浓度、平均全球气温和平均海平面的升高。温室气体排放的影响将通过这些指标随时间的变化而得以体现;而在 P-S-I-R 框架中,将气候变化和海平面上升的测定结果作为影响指标。因此,可以把该框架中“影响”一栏作为对状态变化的一种现时的衡量方法。两者没有本质区别,具体选择哪一种取

决于哪一种能更有力地衡量环境状况地变化。

P-S-R 框架最初是针对环境问题来建立的,利用这种框架关系分析社会问题时存在一定的难度。因此,在 P-S-R 框架的基础上,联合国可持续发展委员会(UNCSD)建立了驱动力-状态-响应(DSR)框架。其中,驱动力指标用以表征那些造成发展不可持续的人类活动和消费模式或经济系统的一些因素;状态指标用以表征可持续发展过程中的各系统的状态;响应指标用以表征人类为促进可持续发展过程所采取的对策。

此外,欧洲环境署在 P-S-R 框架中添加了两类指标:“驱动力”指标(Driving force)和“影响”指标(Impact)。“驱动力”指标指推动环境压力增加或减轻的社会经济或社会文化因子。有一些驱动力是很明显的,例如工业、农业、旅游业、交通或建设的发展。所有这些发展都是由一些所谓“原始驱动力”(Primary driving forces)的潜在力量推动的,例如人口增长、繁荣水平、社会观念或技术变化。“影响”指标(Impact):指由环境状况导致的结果。意思是它们代表可观测的结果(包括正面或反面的),例如人类健康影响或植被破坏。

D-P-S-I-R 框架中各个指标之间的相互关系如图 2 所示。

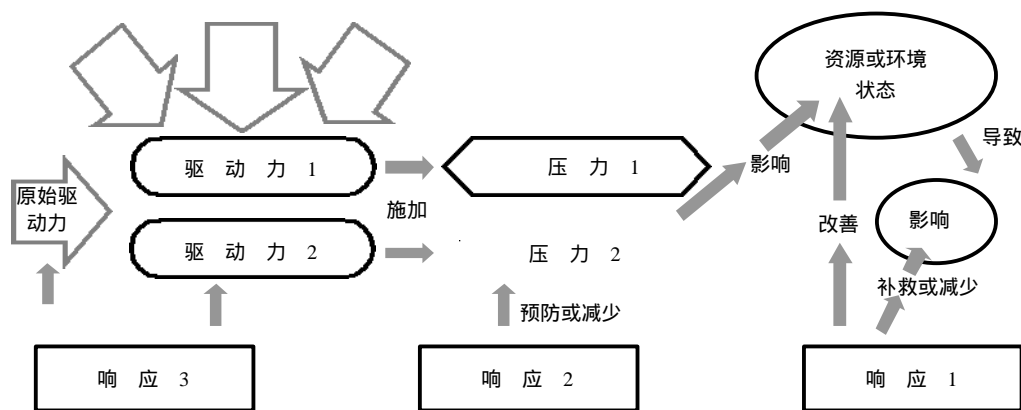


图 2 D-P-S-I-R 框架中各个指标间的关系

Fig. 2 Relations between indicators in the D-P-S-I-R framework

结合生态系统健康的特点, Corvalan 等人(1999)提出了包括驱动力(Driving force)、压力(Pressure)、状态(State)、暴露(Exposure)、影响(Effect)和响应措施(Action)的DPSEEA概念模型。

2.2 区域生态安全评价指标体系选择的框架

从区域生态安全的概念可以看出,区域生态安

全与人类活动和社会需要密切相关。

生态环境系统的服务功能恰恰反映了生态环境系统与人类活动和社会需要的这种密切关系。一方面生态环境系统的服务功能能够满足人类需求。另一方面,由于人类需要的改变,人类对生态环境系统的服务功能也会进行适当的调整。因此,生态环境系统的服务功能反映了生态环境系统的安全程

度,人类对生态环境系统的影响,以及生态环境系统管理的优劣程度。从这个角度理解生态环境系统安全的核心就是通过维护与保护生态环境系统服务功能来保护人类需求,评价区域生态环境系统安全就是要评价生态环境系统服务功能对人类需要的满足程度,或者说是为满足人类需求生态环境系统服

务功能的实现情况。

在区域生态环境系统安全评价过程中,我们根据D-PSE-R(Driver-Pressure, State, Exposure- Response)模型^[9, 10, 11],构建出评价指标体系选择的框架:(见图3)

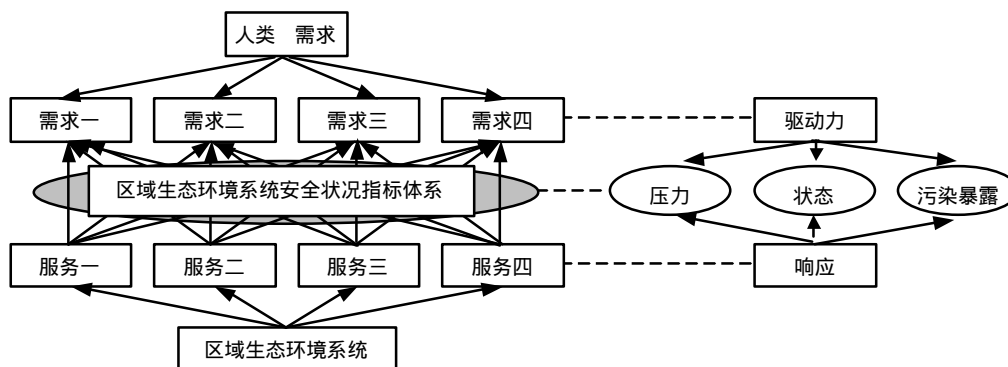


图3 区域生态环境系统安全评价指标体系选择的框架

Fig. 3 Conceptual framework for selection of an indicator system for assessment of regional ecological safety

在评判区域生态环境系统安全时,生态环境系统自身的状况是一切评价的基础,在此基础上,一个生态环境系统安全的最终判断标准是在人类需求与生态环境系统所提供的服务之间的交界面上进行的,也就是说,人类需求与生态环境系统服务之间的互动关系决定了生态环境系统的安全程度。从这个角度理解生态环境系统安全的核心就是通过维护与保护生态环境系统服务功能来保护人类需求,评价生态环境系统安全就是要评价生态环境系统服务功能对人类需要的满足程度,或者说是为满足人类需求生态环境系统服务功能的实现情况。

3 区域生态安全综合评价指标体系

对评价系统进行初步分析,基于前述方法框架,按照层次分析法方法,根据评价对象各组成部分之间的相互关系构筑多层次评价指标体系,总体上将区域生态环境系统安全评价指标体系归纳为下列层次结构体系:

3.1 目标层

本文以区域生态环境系统安全综合指数(RBSI)作为总目标层,以综合表征区域生态系统安全态势。

3.2 准则层

制约区域生态环境系统安全的主要因素,也可以理解为分目标层。本文以生态环境系统状态(S_1)、

人文社会压力(S_2)、环境污染压力(S_3)和人文社会响应(S_4)作为准则层的评判依据。

3.3 指标层

指标层是由可直接度量的指标构成,如初级生产力、植被盖度等,是区域生态环境系统安全综合指标体系最基本的层面,根据准则层各项的特征和意义,区域生态环境系统安全综合指数就是由各个指标的值通过一定的模型算法而得到。本文选取如下若干指标作为指标层评价指标。

(1) 生态环境系统状态(S_1)指标

初级生产力(NDVI),表征生态环境系统活力。

生态环境系统弹性度:表征生态环境系统恢复能力。是气候(年>10℃积温、年降水量、年干燥度、无霜期)、土地覆被(类型、质量)、土壤(类型、质量)、地形地貌(高度、坡度)、水文(地表径流、地下水)等因子的函数(结果可用土地覆被类型表征)。

景观结构指数,表征生态环境系统组织。

生物多样性指数,表征生态环境系统组织。

土壤侵蚀强度指数:区域内不同侵蚀强度下土地面积百分比,生态环境系统保持土壤功能的反表征。

灾害频度:地震灾害、泥石流灾害、洪涝灾害、干旱灾害等,生态环境系统防灾、容灾功能的反表征。

水源涵养能力,表征生态环境系统的持水功能。

土壤类型及肥力,表征生态环境系统的成土功能和土壤的资源性特征。

地形—坡度限制下的土地边际开垦,表征地形因素对土地利用功能的制约。

森林覆盖率:区域内森林面积百分比,生物多样性、水土保持、调节气候等多项功能的综合表征。

森林碎化度指数:反映森林受干扰程度的指数,可采用斑块密度指数、廊道密度指数、景观斑块数破碎化指数、景观斑块形状破碎化指数、景观内部生境面积破碎化指数、聚积度指数等来衡量,此指数为一指数类,表征生态系统组织。

植生下降指数:区域内近 20 年来植生指数下降的面积百分比,表征生态环境系统活力。

植生上升指数:区域内近 20 年来植生指数上升区域面积百分比,表征生态环境系统活力。

植生指数变化空间格局:区域内植生指数变化的空间分布、结构指标,表征生态环境系统活力。

水质指数:区域内地表水水质类别百分比,表征生态环境系统洁净环境的功能。

(2) 人文社会压力(S_2)指标

人口密度:区域内单位面积的人口数量,表征人口压力。

人口变化:区域内 20 年来人口变化情况,表征人口压力。

区域开发指数:区域内农业用地与建设用地占区域土地总面积百分比,表征社会发展压力。

25°坡耕地面积指数:区域内坡度 25°坡耕地面积及百分比,表征人口压力和经济开发压力。

公路密度:区域内单位面积公路里程数,表征社会发展压力。

经济水平:人均国内生产总值、贫困人口比率、居民人均收入,表征社会发展压力。

人寿及健康状况:平均预期寿命,人口年龄结构(非独立人口比率<16岁和>65岁),人口死亡率,婴儿死亡率、血吸虫病发病率、人口增长率,表征人口压力。

(3) 环境污染压力(S_3)指标

大气污染指标:选择 SO_2 、 NO_2 、降尘等指标。(废气排放强度 t/km^2 ,工业废气净化率,工业烟尘排放率),为环境污染压力或生态系统洁净环境功能的反表征。

水体污染指标:选择 BOD_5 、 DO 、 NO_3^-N 、 NO_2^-N 、重金属等,是环境污染压力或生态系统洁

净环境功能的反表征。

土地污染指标:选择重金属 Hg、Cd、Pb、Cr 及有机氯农药 DDT、六六六等,为环境污染压力或生态系统洁净环境功能的反表征。

农业污染:化肥、农药、农膜等的使用强度,为环境污染压力或生态系统洁净环境功能的反表征。

(4) 人文社会响应(S_4)指标

压力调整指数(减压力、挖潜力),表征人文社会对生态系统压力的对策响应。

状态改善指数(社会行为、技术发展及应用),表征人文社会对生态环境状态的对策响应。

需要说明的是,在具体案例研究的指标体系选择中,可以根据区域生态安全特征,结合数据的特点及其可获取性等的情况,在上述指标体系的框架中,进行指标因子的选取,形成本地区的区域生态安全评价指标体系。

4 结 语

(1) 区域生态安全是一门交叉学科,解决生态环境系统安全领域所涉及到的问题,必须综合社会科学,自然科学和安全科学的知识。生态环境系统安全的定义和指标涉及很多方面,生态环境系统安全不能简单地定义或理解为生物的、经济的、社会的或是政治的概念。

(2) 对生态环境系统安全的认识,首先是从生态环境系统自身的角度开始的,进而发展到从人的角度来看待生态环境系统安全。正如 Calow^[12]对生态系统健康认识的见解,我们认为应该彻底抛弃一切个体安全概念的束缚,将人置于生态环境系统之中,人可以对生态环境系统进行管理和调控,他认为不仅使得生态环境系统安全的概念非常清楚,而且由于人工控制的系统可以达到一个“最佳状态”(管理者主观上认为的最佳状态),所以判断一个生态系统健康与否可以直接参照这个最佳状态,从而使得安全评价也变得非常简单明了。

(3) 不同的指标涉及生态环境系统安全的不同方面。要充分掌握生态环境系统的安全和完整性,必须同时选取多个指标^[13],因为生态环境系统安全的范围非常广泛,它不仅包括生物物理问题,而且包括社会经济和人的诸多方面^[14,15]。为了获取生态环境系统的所有特征,评价生态环境系统状态过程中,需要从多个角度来进行评价指标的选择。在进行指标体系选择时,必须建立概念框架对其进行指导。

(4) 研究生态环境系统安全关键的挑战之一是

设计标准, 以确定关键的生态环境系统参数变化在不在正常的范围内。一方面, 为了确切地诊断生态环境系统崩溃的发作过程, 另一方面, 为了诊断从压力的恢复过程, 设计标准是很有必要的。关于生态安全标准问题, 笔者将在另文研究。第二个主要的挑战是建立变化的环境, 人类健康, 经济发展, 和公共政策之间的相互关系, 也就是人类和人类社会对环境变化的响应机理。

参考文献

- 1 Mark Halle. State-of-the-Art Review of Environment, Security and Development Co-operation. Working paper of Conducted on behalf of the OECD DAC Working Party on Development and Environment. 2000, 43
- 2 Cynil Obi, Oil. Environmental Conflict and National Security in Nigeria: Ramifications of the Ecology-Security Nexus for Sub-Regional Peace. ACDIS Occasional Paper, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1997
- 3 Wu Chuanghua. On a Different Scale—Putting China's Environmental Crisis in Perspective. Environmental Health Perspectives, 2000, 108(10): 452~459
- 4 杨红. 中国生态安全报告 (三): 《失调的水》. <http://www.cctv.com/news/focus/story/story0423.html> (2001. 4. 23)
- 5 张永春等. 长江流域洪灾与生态破坏的关系浅析. II. 生态破坏导致洪灾加剧. 农村生态环境, 1999, (4): 12~15
- 6 徐海根. 自然保护区生态安全设计的理论与方法. 北京: 中国环境科学出版社, 2000, 21
- 7 崔书红. 沙尘暴雪频频来袭, 我国生态安全危机四伏. http://news.sohu.com/20010209/file/0963_004_100234.html (2001.5.3.)
- 8 Rogers, K.S. Ecological security and multinational corporation. 1997, [http://www.ecsp.si.edu/ecsplib.nsf/\(1999.11.13.\)](http://www.ecsp.si.edu/ecsplib.nsf/(1999.11.13.))
- 9 FAO Proceedings. Land Quality Indicators and Their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development, Proceedings of the Workshop organized by the Land and Water Development Division FAO Agriculture Department, 1997, 2:5
- 10 曹凤中. 中国城市环境可持续发展指标体系研究手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1999, 11
- 11 中国科学院地理研究所生态环境网络中心. 生态系统健康评价课题进展报告. 2001, 6
- 12 Calow P. Critics of ecosystem health misrepresented. Ecosystem Health, 2000, 6(1): 3~4
- 13 Jørgensen, S.E.. Integration of Ecosystem Theories: A Pattern, 2. Dordrecht: Kluwer, 1997, 400
- 14 Karr, J.R. Ecological integrity: protecting earth? Life support systems. Costanza, R., Norton, B.G., Haskell, B.D. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Washington DC: Island Press, 1992, 223~238
- 15 Rapport, D.J. Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems. Heidelberg: Springer-Verlag, 1995, 5~31

CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR SELECTION OF AN INDICATOR SYSTEM FOR ASSESSMENT OF REGIONAL ECOLOGICAL SAFETY

Zuo Wei^{1, 2} Zhou Huizhen² Wang Qiao¹

(1 Geographic College of Nanjing Normal University Nanjing 210097; 2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008)

Abstract The problem of ecological safety is getting more and more serious, all over the world and within the country. In some regions it has even reached such an extent that it has undermined the foundation for sustainable development of the social economy and agricultural production. Unfortunately academic study on regional ecological safety has not yet really started. While studying how to set up conceptual framework for selection of an indicator system for assessment of regional ecological safety, the paper puts forth an indicator system for assessment of regional ecological safety, which may be used as theoretic basis for studies on assessment of regional ecological safety and management of eco-environment.

Key words Regional ecological safety, Assessment, P-S-R model, Conceptual framework, Indicator system