

DOI: 10.5846/stxb202009302528

初楠臣, 张平宇, 吴相利, 李鹤, 杨奇峰. 俄罗斯东部城镇化与生态环境协调发展的时空演变特征. 生态学报, 2021, 41(24): 9717-9728.

Chu N C, Zhang P Y, Wu X L, Li H, Yang Q F. Spatiotemporal evolution characteristics of coordinated development between urbanization and ecological environment in eastern Russia. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(24): 9717-9728.

俄罗斯东部城镇化与生态环境协调发展的时空演变特征

初楠臣¹, 张平宇^{2,3,*}, 吴相利¹, 李鹤^{2,3}, 杨奇峰^{2,3}

1 哈尔滨师范大学地理科学学院, 哈尔滨 150025

2 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130102

3 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049

摘要:以俄罗斯东部地区为对象,结合 PES 和 PSR 模型分别构建其城镇化和生态环境的评价指标体系,结合熵值赋权、变异系数赋权的综合确权法测算城镇化和生态环境的发展水平,利用耦合协调度模型探讨二者协调发展程度,划分其阶段类型。研究表明:2005—2018 年,(1)俄东部城镇化发展水平呈上升趋势,经济城镇化的贡献份额最大;生态环境发展水平呈小幅下降态势,生态环境压力的影响作用最大;二者的耦合协调度呈增长趋势,但整体处于基本不协调阶段,其内部由城镇化滞后转变为系统均衡发展。(2)西伯利亚联邦区的城镇化发展水平高于远东联邦区,二联邦区生态环境发展水平差距较小,西伯利亚区协调发展程度略强于远东区;西伯利亚区内部由城镇化滞后→系统均衡发展,远东区内部始终为城镇化滞后。多数联邦主体处于基本不协调阶段,高级协调的数量最少。(3)空间上,城镇化、生态环境、二者协调发展度均呈“西高东低”的格局特征,核心高值区分布在新西伯利亚州-阿尔泰边疆区-克麦罗沃州-克拉斯诺亚尔斯克边疆区-伊尔库茨克州的串联区,边缘低值区位于阿尔泰共和国和楚科奇自治区。最后探讨了促进俄罗斯东部城镇化和生态环境协调发展的具体对策。

关键词: 城镇化;生态环境;耦合协调度;时空格局;俄罗斯东部

Spatiotemporal evolution characteristics of coordinated development between urbanization and ecological environment in eastern Russia

CHU Nanchen¹, ZHANG Pingyu^{2,3,*}, WU Xiangli¹, LI He^{2,3}, YANG Qifeng^{2,3}

1 College of Geographical Sciences, Harbin Normal University, Harbin 150025, China

2 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy Sciences, Changchun 130102, China

3 College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Under the background of "the Belt and Road" and "the economic corridor of China, Mongolia and Russia" initiatives, this paper studied the urbanization development level, eco-environment development level, the coupling coordinated development degree between urbanization and eco-environment, and their spatial differentiation of the eastern Russia. Combining with the Population-Economic-Sociology model and Pressure-State-Response model, the paper first built two index systems of urbanization and eco-environment. Then based on the comprehensive weighting method of entropy weight and variation coefficient weight, we calculated the urbanization development level with regard to the population urbanization, economic urbanization and social urbanization, and the eco-environment development level with regard to the eco-environment pressure, eco-environment state, eco-environment response during 2005—2018. Next, the coupling

基金项目:中国博士后科学基金资助项目(2021M693817);国家自然科学基金面上项目(42071162);国家科技基础资源调查专项课题(2017FY101303-1)

收稿日期:2020-09-30; 网络出版日期:2021-08-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangpy@iga.ac.cn

coordinated development degree of the urbanization and eco-environment development level was measured by the coupling coordination degree model during 2005—2018. Finally, the spatial differentiation of the urbanization development levels, the eco-environment development levels, and their coupling coordinated development degree were performed respectively by using ArcGIS. The results were as follows. (1) The economic urbanization and eco-environment pressure were the main factors that affected the urbanization development and eco-environment development, respectively. The comprehensive urbanization development level, the coupling coordination degree between urbanization and eco-environment of eastern Russia had increased from 2005 to 2018. The comprehensive eco-environment development level had decreased from 2005 to 2018. However, they were still in the uncoordinated stage, and their internal development showed the changes from the urbanization lagging to the balanced development. (2) From 2005 to 2018, the urbanization development level, the coupling coordination degree between urbanization and eco-environment of the Siberian Federal District were higher than that of the Far East Federal District. The eco-environment development level in Siberian Federal District was roughly balanced to that in the Far East Federal District. Most of the federal subjects were in the uncoordinated stage. (3) The urbanization development level, the eco-environment development level, and their coupling coordinated development degree were all spatially imbalanced in the eastern Russia. They showed the “High in West, Low in East” spatial pattern, which in generally displayed the tendency of space attenuation from the west to east. The areas with high levels were concentrated in the Novosibirsk Region, Altay Territory, Kemerovo Region, Krasnoyarsk Territory, and Irkutsk Region. The areas with low ones were mostly in the Republic of Altay and Chukotka Autonomous Area. Finally, we suggested policies and strategies that could boost the coordinated development of urbanization and ecological environment in eastern Russia.

Key Words: urbanization; ecological environment; coupling coordination degree; spatiotemporal pattern; eastern Russia

2013 年习近平主席提出共建“丝绸之路经济带”、“21 世纪海上丝绸之路”的“一带一路”倡议,2015 年颁布《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》^[1],提出建设中蒙俄经济走廊的框架,同年 7 月签署《中蒙俄发展三方合作中期路线图》。俄罗斯东部地区作为中国“一带一路”北向推进的重点区域和“中蒙俄经济走廊”建设的重要组成部分^[2],中俄双边已进入全面开放合作新阶段,而城镇化和生态环境的协调发展正是双边合作的重要内容。

目前俄罗斯东部城镇化与生态环境的研究集中在(1)城镇化发展过程的分析。如尚月分析俄东部的城镇化经历了莫斯科公国的早期东扩、俄国在阿穆尔河流域扩张、沙俄时期建设高潮等阶段^[3];冯春萍、高际香、张宗华研究俄东部的城镇化依托工业化快速推进,历经自西向东、从中心辐射到四周、以军事和行政为职能的城镇化之路^[4-6];Mishchuk 回顾了远东区移民 3 个周期的城镇化特征,包括第一周期欧洲移民在远东区定居的特点,第二周期强迫移民和自愿移民的动态,第三周期反向移民流的原因^[7]。(2)城镇化发展问题的探讨。如俞路等认为苏联解体后,由于激进式的经济转型,俄东部城镇化陷入危机,小城市萎缩与消亡,城市与农村人口负增长,城市体系不稳定^[8];高际香、李莎等分析新时期俄东部存在着超大城市数量少,中小城市产业结构单一,城市群发育缓慢,城镇等级结构不完善,城市职能结构单一,城市空间结构不平衡^[5,9]等问题;Kuleshov 等认为俄东部和中国东北地区的互动发展将极大解决国家宏观区域发展不均衡及内部城镇化问题^[10]。(3)不同生态环境问题的研究。俄东部发展森林采伐业、采矿业、高耗能军工企业,产生空气、水体、放射性等污染,土壤重金属化,森林资源丧失等环境问题^[11-12];Bityukova 认为俄东部城市大气污染的严重程度取决于工业部门的专业化程度^[13];Vasilenko 认为西西伯利亚南部水资源的枯竭和质量恶化受人类水资源活动的影响^[14];Zhuravel 分析远东雅库特南部和库兹涅茨克盆地的煤矿开采对环境的影响,提出可持续最佳效能作业^[15];Bityukova 基于人类环境影响强度指数,评级俄东部城市的大气和水源污染、固体废物数量、热污染和辐射污染等生态状况^[16]。当前研究多集中在城镇化和生态环境的单方面分析,关于二者协调发展的研究较少,且国内学者多以历史文献为基础,通过获取长时间序列的历史资料,开展俄东部城镇化和生态环境的定

性研判,由于数据限制,对具体领域的定量化及其可视化研究不足,近 10 年俄东部城镇化和生态环境协调发展的研究有待持续跟踪和更新。

基于此,本文从全区、联邦区、联邦主体等尺度出发,结合人口-经济-社会(Population-Economic-Sociology, PES)模型和生态环境压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)模型分别构建俄东部的城镇化与生态环境评价体系,结合熵值赋权与变异系数赋权的综合确权法计算 2005—2018 年城镇化系统、生态环境系统、及其子系统的发展指数,利用耦合协调度模型探讨城镇化与生态环境的协调发展程度,划分其阶段类型,提出良性耦合的对策建议。理论上丰富城市地理学、城市生态学等体系,为全球其他区域、尤其是中国毗邻地区的相关研究提供借鉴;现实上明确俄东部城镇化和生态环境发展格局,挖掘中俄双边互补性增长点,打开协同发展新格局,为未来中俄毗邻地区经济优化布局、能源资源开发、基础设施改造、生态环境保护等提供参考,为未来中俄边境城市调整经济合作领域,扩大双边投资规模,确定能源、旅游、电商、生态等合作方向提供建议。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况与数据来源

俄罗斯东部包括西伯利亚联邦区和远东联邦区^[17](图 1),2018 年行政面积 436.2 万、695.3 万 km²,人口 1717.3 万、818.9 万,人口密度 3.9、1.2 人/km²,人口城镇化率 74%、73%,地区生产总值 7.76 万亿、3.88 万亿卢布,西伯利亚区、远东区分别下辖 10、11 个联邦主体。虽然俄东部城镇化率较高,但城镇化质量较低,由于政府缺乏维持生态环境设施正常运行的财力,传统设施无力进行现代化改造,高新污染防控技术难于普及,加之部分地区工厂未在环保部门严格监控下,向空气排放大量废物和有毒气体,其生态环境问题日益凸显。城镇化的指标数据来源于俄联邦统计局官网“<https://www.gks.ru/>”发布的 2006—2019 年《РЕГИОНЫ РОССИИ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКИЙ СБОРНИК》,生态环境的指标数据来源于 2006—2019 年《РЕГИОНЫ РОССИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАТИСТИЧЕСКИЙ СБОРНИК》。

1.2 研究方法与思路

1.2.1 指标体系及确权方法

在城镇化发展过程中,人是行为主体,生态环境是承载体,经济产业要素的集聚给外界生态环境造成胁迫和挤压效应,但在高新技术应用下,城市资源集约利用和环境污染治理水平提升,生态环境承载力增强,城镇更适宜人类居住。因此城镇化会对生态环境带来“破坏”或“改善”作用,而生态环境对城镇化也会产生“遏制”或“促进”效能^[18-19]。为准确评价俄东部城镇化与生态环境发展水平及其协调发展程度,在深入掌握与理解城镇化与生态环境等理论与内涵基础上,遵循指标选取的科学性、代表性、可行性、可比性、系统性、数据可获取性原则,参考文献^[20-26],构建适用于俄东部的城镇化和生态环境评价指标体系。

(1) 基于 PES 模型构建城镇化体系

城镇化是非农业在城镇集聚,农村人口向非农业和城镇迁移,城镇数量增加,城镇规模扩大,城镇生产方式和生活方式向农村扩散,城镇物质文明和精神文明向农村普及的经济社会发展过程^[20]。基于人口-经济-社会(PES)模型构建俄东部城镇化评价体系^[20-26](表 1),结合人口、经济、社会城镇化 3 个准则层的 14 项



图 1 研究区略图

Fig.1 Sketch map of the study area

a 鄂木斯克州, b 托木斯克州, c 新西伯利亚州, d 阿尔泰边疆区, e 克麦罗沃州, f 哈卡斯共和国, g 阿尔泰共和国, h 图瓦共和国, i 克拉斯诺亚尔斯克边疆区, j 伊尔库茨克州, k 布里亚特共和国, l 外贝加尔边疆区, m 萨哈(雅库特)共和国, n 楚科奇自治区, o 堪察加边疆区, p 马加丹州, q 哈巴罗夫斯克边疆区, r 萨哈林州, s 滨海边疆区, t 犹太自治州, u 阿穆尔州

指标衡量其城镇化水平;人口城镇化是农村人口向城镇转移的过程;经济城镇化指经济要素与非农产业向城镇聚集,促进经济发展、提升经济实力;社会城镇化是社会服务、基础设施、生活质量的提升。

(2) 基于 PSR 模型构建生态环境体系

生态环境是影响地区人类生存、经济社会可持续发展的水、土地、生物等资源数量和质量复合系统。基于压力-状态-响应(PSR)模型构建俄东部生态环境评价体系^[22-26](表 2),结合生态环境的压力、状态、响应 3 个准则层的 12 项指标衡量其生态环境水平;生态环境压力指自然要素、人类经济活动对生态环境的破坏和消极影响;生态环境状态是自然资源、生态系统的安全健康状态;生态环境响应,一是生态系统面临人类破坏表现的反馈和抵抗能力,二是生态系统出现问题时,人类采取的应对措施。

(3) 指标预处理和指标确权

通过熵值赋权与变异系数赋权的综合确定城镇化与生态环境各指标的权重。

①指标预处理:21 个联邦主体的 14 项城镇化和 12 项生态环境指标的量纲差异较大且单位不同,需对原始指标标准化处理,消除其量纲。选取极差标准化法去除各指标量纲,降低随机因素干扰^[27]。

②熵值赋权法:熵在经典物理热力学中衡量一个系统的有序或无序程度,表征在城镇化或生态环境系统中,各指标可能出现的状态及对整个系统的贡献强弱,指标的信息熵越小,在系统中的混乱程度越小,有序程度越高,提供的有效信息量越多,对系统贡献作用越大,熵权越高^[27]。

③变异系数赋权法:变异系数称离散系数或标准差率,是标准差与平均值的比重,考虑变量值离散程度和平均水平的影响,同一指标、不同联邦主体间的指标差异值越大,更能反映出相对差距,权重越大,对城镇化或生态环境系统的影响作用越大^[27]。

④综合赋权法:采用综合赋权法计算指标的综合权重,减少单一客观赋权法的误差^[21,27],公式为:

$$p_j = \sqrt{w_j \times u_j} \quad (1)$$

式中, w_j 、 u_j 、 p_j 分别为第 j 项指标的熵权、变异权重、综合权重。

城镇化与生态环境系统评价指标的权重见表 1 和表 2。

表 1 城镇化评价指标体系及指标权重

Table 1 Index system and index weight of the urbanization

准则层 Rule layer	指标层,单位 Index layer, unit	属性 Attribute	综合权重 Comprehensive weight
人口城镇化 Population urbanization	非农人口比重, %	正	0.01
	年终人口规模, 10^3 人	正	0.09
	人口密度, 人/ km^2	正	0.15
	年均劳动从业人数, 10^3 人	正	0.09
经济城镇化 Economic urbanization	非农产业产值的 GDP 占比, %	正	0.00
	地区生产总值, 百万卢布	正	0.12
	综合预算收入, 百万卢布	正	0.09
	固定资产投资, 百万卢布	正	0.12
社会城镇化 Social urbanization	零售贸易营业额, 百万卢布	正	0.11
	年底公路营业里程, km	正	0.10
	每万人口病床数量, 个	正	0.01
	每千人移动电话用户设备数量, 件	正	0.02
	普通教育机构学生人数, 10^3 人	正	0.08
	城市人均住宅房屋面积, m^2	正	0.01

表 2 生态环境评价指标体系及指标权重

Table 2 Index system and index weight of the ecological environment

准则层 Rule layer	指标层,单位 Index layer, unit	属性 Attribute	综合权重 Comprehensive weight
生态环境压力 Eco-environment pressure	从固定源排放到空气的污染物, 10^3t	负	0.11
	向地表水排放的污染废水量, 百万 m^3	负	0.09
	森林火灾面积, hm^2	负	0.16
生态环境状态 Eco-environment state	农作物播种面积, 10^3hm^2	正	0.10
	粮食总收获量, 10^3t	正	0.12
	森林覆盖率, %	正	0.01
	林地面积, 10^3hm^2	正	0.08
	淡水供应量, 百万 m^3	正	0.07
生态环境响应 Eco-environment response	已捕获或中和的空气污染物占总废弃污染物份额, %	正	0.01
	循环使用水容量, 百万 m^3	正	0.07
	收集来自固定源的污染物质, 10^3t	正	0.10
	重新造林面积, 10^3hm^2	正	0.08

1.2.2 发展指数模型

基于线性加权法的发展指数模型计算 2005—2018 年俄东部 21 个联邦主体的城镇化及其系统内的人口、经济、社会城镇化指数,生态环境及其系统内的生态环境压力、状态、响应指数,公式为:

$$W_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times X_{ij}) \quad U_i = \sum_{j=1}^n (u_j \times X_{ij}) \quad P_i = \sqrt{W_i \times U_i} \quad (2)$$

式中, W_i 为熵权法计算的 i 联邦主体城镇化或生态环境指数; U_i 为变异系数赋权法计算的 i 联邦主体城镇化或生态环境指数; P_i 为 i 联邦主体综合城镇化或综合生态环境指数; X_{ij} 为第 i 个联邦主体第 j 项指标标准化值; n 为指标数量; w_j 、 u_j 同上。

1.2.3 耦合协调度模型

(1) 耦合度

城镇化与生态环境间有着强烈的相互影响关系。参考物理学容量耦合系数,构建俄东部城镇化和生态环境耦合度模型,表征城镇化对生态环境的“破坏”或“改善”作用,生态环境对城镇化的“遏制”或“促进”效能,以期两系统内指标要素不断胁迫、磨合、适应、交互,达到最优的可持续发展态势,公式为:

$$C = \left[\frac{P_1 \times P_2}{(P_1 + P_2)^2} \right]^{1/2} \quad (3)$$

式中, P_1 、 P_2 分别为 i 联邦主体的城镇化、生态环境发展指数; C 为二者耦合度。

(2) 协调发展度

在耦合度基础上,为真实判别城镇化和生态环境的相互作用强度、共生协调态势,规避某些联邦主体城镇化和生态环境水平均较低、但耦合度较高的情况,构建俄东部城镇化和生态环境的协调发展度模型,公式为:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad T = \alpha P_1 + \beta P_2 \quad (4)$$

式中, P_1 、 P_2 、 C 同上; D 为协调发展度,取值 $[0, 1]$, D 越接近 0 表示二者胁迫影响越强、交互作用越弱, D 越接近 1 表示二者协同作用越强、遏制影响越弱; T 为综合协调指数; α 、 β 为城镇化、生态环境的权重系数,二者处于同等重要地位, $\alpha = \beta = 0.5$ 。参考文献^[22-23]将二者协调发展类型划分为 4 大类和 12 个子类(表 3)。

2 俄罗斯东部城镇化与生态环境的综合测度

2.1 城镇化与生态环境的发展水平分析

2.1.1 城镇化

2005—2018 年,俄东部城镇化系统中,经济城镇化的影响作用最强,权重为 0.44,人口(0.34)和社会

(0.22)城镇化影响作用较小。俄东部的人口城镇化率仅从 2005 年的 68.37% 增长至 2018 年的 69.31%, 远低于俄平均水平, 且人口流失严重, 劳动力数量、素质均较低, 但俄东部能源资源丰富, 依托能源出口获取大量外汇收入, 采矿、冶金、电力、汽车、原子能、消费品、机械制造、合成材料等工业不胜枚举, 助推其经济发展, 成为其城镇化发展的主要动力。

表 3 城镇化和生态环境的协调发展阶段划分

Table 3 Coordinated development stage classification of urbanization and ecological environment

系统层 System layer	准则层(D 范围) Rule layer(D range)	类别层(P_1 和 P_2 对比) Category layer(Comparison of P_1 and P_2)	符号 Symbol
协调发展 Coordinated development	高级协调 ($0.8 < D \leq 1.0$)	生态环境滞后 ($P_1 - P_2 > 0.1$)	I 1
		城镇化滞后 ($P_2 - P_1 > 0.1$)	I 2
		系统均衡 ($0 \leq P_1 - P_2 \leq 0.1$)	I 3
	基本协调 ($0.5 < D \leq 0.8$)	生态环境滞后 ($P_1 - P_2 > 0.1$)	II 1
		城镇化滞后 ($P_2 - P_1 > 0.1$)	II 2
		系统均衡 ($0 \leq P_1 - P_2 \leq 0.1$)	II 3
失调发展 Uncoordinated development	基本不协调 ($0.3 < D \leq 0.5$)	生态环境滞后 ($P_1 - P_2 > 0.1$)	III 1
		城镇化滞后 ($P_2 - P_1 > 0.1$)	III 2
		系统均衡 ($0 \leq P_1 - P_2 \leq 0.1$)	III 3
	严重不协调 ($0 < D \leq 0.3$)	生态环境滞后 ($P_1 - P_2 > 0.1$)	IV 1
		城镇化滞后 ($P_2 - P_1 > 0.1$)	IV 2
		系统均衡 ($0 \leq P_1 - P_2 \leq 0.1$)	IV 3

基于综合确权法计算俄东部人口、经济、社会城镇化发展指数。2005—2018 年, 俄东部综合城镇化指数呈上升趋势, 其中经济城镇化上升态势显著, 人口城镇化处于平稳变化, 社会城镇化呈小幅上升。新时期的俄罗斯在普京领导下, 致力于修复“休克疗法”的经济衰退, 维护俄正常经济秩序, 营造良好的国内外经济环境, 逐步恢复俄罗斯的经济地位, 尤其在经历 2008 年国际金融危机与 2014 年欧美经济制裁后, 俄东部经济仍保持低速平稳增长, 归功于油气能源的富集、分门别类的工业综合体等, 近年新兴现代化大农业, 改造升级传统工业结构, 推进旅游业、电商等第三产业兴起, 均促进其城镇化发展。西伯利亚联邦区人口、经济、社会、综合城镇化发展指数均高于远东联邦区, 高城镇化指数联邦主体分布在西伯利亚区的新西伯利亚州、克拉斯诺亚尔斯克边疆区、克麦罗沃州、阿尔泰边疆区、伊尔库茨克州, 低城镇化指数联邦主体位于远东区的楚科奇自治区、犹太自治州、马加丹州、堪察加边疆区(表 4)。

近年来俄东部城镇化发展水平呈上升趋势, 人口城镇化方面, 政府出台稳定本地人口的优惠、扶助机制, 通过赠地、赠房、特殊经营方式吸纳国外同胞等外来人口和高科技人才, 促进总人口、非农劳动力的增长; 经济城镇化方面, 根据不同地区的不同职能规划其农业、林业、渔业、能源、制造、水利、冶金、化工、矿产、建筑、交通、旅游等不同优势行业部门, 如建设远东南部区的木材深加工产业集群, 远东沿海区的渔业和捕捞产业集群, 贝加尔湖、阿穆尔河、滨海边疆区的旅游产业集群, 促进经济要素向非农产业集聚, 壮大地区经济实力; 社会城镇化方面, 建设交通、能源、电信等基础设施, 如升级提速西伯利亚大铁路, 将远东区公路融入俄主干网络, 建设哈巴罗夫斯克、符拉迪沃斯托克国际航空枢纽, 改造东西伯利亚-太平洋的油气管道系统, 建设滨海边疆区同中国和日本间的高速通讯线路等, 促进基础设施、生活质量提升。

2.1.2 生态环境

2005—2018 年, 俄东部生态环境系统中, 生态环境压力和生态环境状态的影响作用最大, 权重分别为 0.38、0.36, 生态环境响应(0.26)影响作用较小, 在城镇化发展过程中, 对生态环境的影响主要体现在生态环境压力方面, 生态环境保护需进一步加强。俄东部传统工业城市数量多, 矿产资源、油气在勘探、开采、运输过程中对植被、地表水、地下水产生不同程度破坏, 工业生产带来的固体废物对空气、水、土地造成污染, 给周边生态环境和人居环境带来危害, 降低地区发展的环境支撑和承载能力。

表 4 2018 年俄罗斯东部联邦主体的城镇化与生态环境的发展指数

Table 4 Urbanization and eco-environment development index of federal subjects in eastern Russia in 2018

联邦区 Federal district	联邦主体 Federal subject	人口城镇化 Population urbanization	经济城镇化 Economic urbanization	社会城镇化 Social urbanization	综合城镇化 Comprehensive urbanization	生态环 境压力 Eco- environment pressure	生态环 境状态 Eco- environment state	生态环 境响应 Eco- environment response	综合生 态环境 Comprehensive eco-environment
西伯利亚区 Siberian federal district	阿尔泰共和国	0.02	0.02	0.03	0.07	0.36	0.01	0.00	0.37
	图瓦共和国	0.03	0.02	0.04	0.09	0.35	0.01	0.01	0.37
	哈卡斯共和国	0.08	0.05	0.05	0.18	0.35	0.02	0.02	0.39
	阿尔泰边疆区	0.21	0.17	0.18	0.56	0.35	0.22	0.03	0.60
	克拉斯诺亚尔斯克边疆区	0.20	0.42	0.17	0.79	0.13	0.19	0.16	0.48
	伊尔库茨克州	0.17	0.29	0.16	0.62	0.26	0.10	0.15	0.51
	克麦罗沃州	0.31	0.27	0.14	0.72	0.26	0.09	0.11	0.46
	新西伯利亚州	0.26	0.28	0.15	0.69	0.34	0.12	0.03	0.49
	鄂木斯克州	0.19	0.17	0.11	0.47	0.33	0.14	0.06	0.53
	托木斯克州	0.09	0.11	0.07	0.27	0.34	0.04	0.03	0.41
远东区 Far east federal district	布里亚特共和国	0.07	0.19	0.07	0.33	0.35	0.04	0.04	0.43
	萨哈(雅库特)共和国	0.07	0.29	0.08	0.44	0.18	0.09	0.04	0.31
	外贝加尔边疆区	0.08	0.10	0.09	0.27	0.33	0.04	0.04	0.41
	堪察加边疆区	0.03	0.06	0.03	0.12	0.35	0.02	0.01	0.38
	滨海边疆区	0.19	0.21	0.11	0.51	0.31	0.05	0.08	0.44
	哈巴罗夫斯克边疆区	0.10	0.18	0.08	0.36	0.32	0.05	0.08	0.45
	阿穆尔州	0.07	0.14	0.07	0.28	0.25	0.06	0.04	0.35
	马加丹州	0.02	0.04	0.03	0.09	0.35	0.02	0.01	0.38
	萨哈林州	0.07	0.19	0.04	0.30	0.35	0.02	0.01	0.38
	犹太自治州	0.04	0.02	0.03	0.09	0.35	0.01	0.01	0.37
	楚科奇自治区	0.01	0.02	0.02	0.05	0.35	0.01	0.01	0.37

基于综合确权法计算俄东部生态环境压力、状态、响应发展指数。2005—2018 年,俄东部生态环境发展指数呈小幅下降态势,其压力、响应指数同样处于小幅下降,状态指数没有较大涨幅。其中西伯利亚联邦区和远东联邦区的生态环境压力、状态、响应等指数差距较小,高生态环境指数联邦主体分布在西伯利亚区的阿尔泰边疆区、鄂木斯克州、新西伯利亚州、伊尔库茨克州、克拉斯诺亚尔斯克边疆区、克麦罗沃州,低生态环境指数联邦主体位于远东区的萨哈(雅库特)共和国、阿穆尔州、楚科奇自治区、犹太自治州、萨哈林州(表 4)。

苏联重工业的发展遗留给俄东部一系列环境问题,近年来为促进城镇化发展和大力推进市场经济,自然资源开发和生态环境保护间的矛盾日益突出。俄东部工业企业活动,如燃料动力、电力、冶金等,热电站和发电站,机动车辆向空气中排放大量的二氧化碳、氧化硫、硫醇、苯酚、甲醛、氨、铅、悬浮颗粒等污染物,持续开发油气和煤炭使得空气碳密度长期保持高水平。农工生产活动,尤其是矿业开发和公共事业建设向河流排放大量污染物,叶尼塞河、阿穆尔河、勒拿河、鄂毕河沿线地区均存在着地表水和地下水污染,而这些河流的支流,如额尔齐斯河、托博尔河、图拉河、托米河的污染程度更加严重。除此,克拉斯诺亚尔斯克边疆区、布里亚特共和国、滨海边疆区、萨哈林州、克麦罗沃州存在着高危险重金属盐的土地污染,堪察加边疆区存在着侵害性和剧毒物质的导弹燃料,滨海边疆区存在着待销毁的退役核潜艇,马加丹州部分地区存在着大量危险元素氡,这些放射性核废料在空气中扩散,对生态环境造成严重威胁^[28]。

2.2 城镇化与生态环境的时空格局演变分析

利用 ArcGIS“空间分析功能”探讨俄东部城镇化、生态环境空间格局的变化(图 2 和图 3)。2005—2018 年,俄东部联邦主体的城镇化指数呈上升态势,生态环境指数呈下降态势,表现出“西高东低”的格局特征,以伊尔库茨克州为界,西伯利亚区发展水平和潜力明显强于远东区,核心高值区集中在西伯利亚区的新西伯利亚州-阿尔泰边疆区-克麦罗沃州-克拉斯诺亚尔斯克边疆区-伊尔库茨克州的串联区,其内部发展水平不相伯仲,边缘低值区分布于西伯利亚区南部的阿尔泰共和国-图瓦共和国-哈卡斯共和国的串联区、远东区东北部堪察加边疆区-楚科奇自治区-马加丹州的串联区。

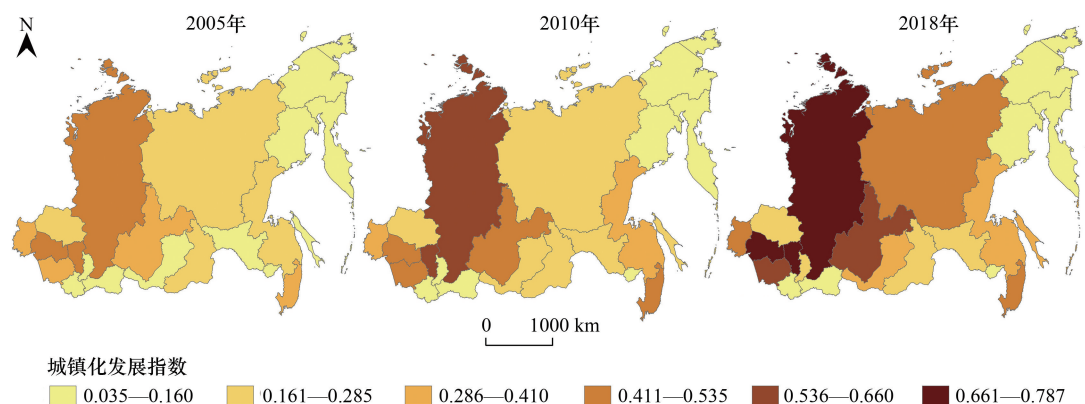


图 2 2005—2018 年城镇化的空间格局变化

Fig.2 Spatial pattern changes of urbanization from 2005 to 2018

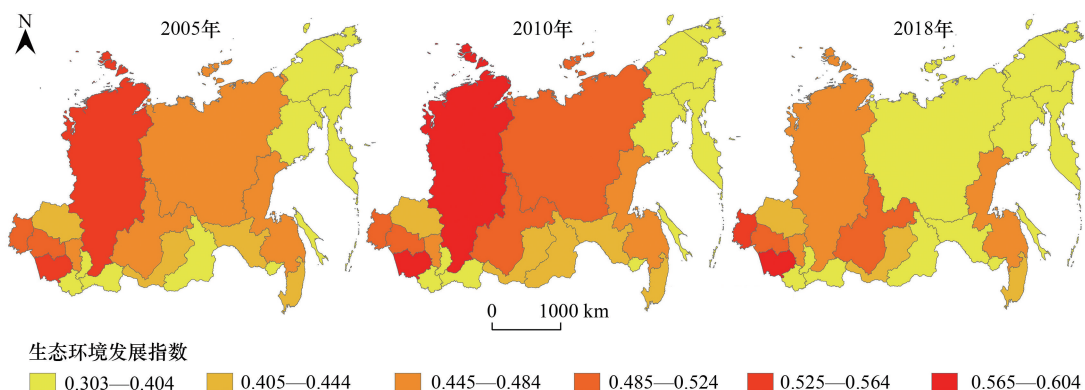


图 3 2005—2018 年生态环境的空间格局变化

Fig.3 Spatial pattern changes of eco-environment from 2005 to 2018

俄东部城镇化、生态环境水平呈“西高东低”的格局特征,原因在于历史上的西伯利亚区是俄经济及工业崛起中心,人口密集,移民吸引力强,劳动力素质高,经济实力雄厚,产业结构多元,对外贸易突出,科技创新能力强,交通网络密集,人口、经济、社会城镇化发展水平领先。远东区开发主要出于领土安全和国防军事目的,1916 年西伯利亚铁路通车标志其真正意义发展,但苏联解体后,军工业萎缩重创远东区经济,加之资源分布不均,人力资源流失,经济开发不足,对外开放程度弱,工艺设备陈旧,高科技水平落后,资源诅咒加深,基础设施不健全,与俄整体的疏离程度越来越大^[29-30],尤其是近年来油气严重超采脆弱区,缺少现代化污染防控设施,加剧其地表水、大气、土地污染,生态环境问题进一步严重化。未来在迎合世界经济重心向亚太地区转移的背景下,在《2013 年前远东和外贝加尔经济和社会发展联邦专项纲要》《2025 年前远东和贝加尔地区经济社会发展战略》等促进下,远东区规划南部城市集聚区、岛屿经济带,加大交通通讯、能源资源、环境保护等设施建设,其将成为西伯利亚区重要后备经济保障地,两联邦区的城镇化和生态环境差距有可能得到遏制。

3 俄罗斯东部城镇化与生态环境的耦合协调性测度

3.1 耦合协调度的类型分析

基于耦合协调度模型计算俄东部城镇化和生态环境的协调发展程度。2005—2018 年,俄东部城镇化和生态环境的协调发展度呈上升趋势, C 值由 0.43 上升到 0.46、 D 值由 0.37 上升到 0.42,但整体处于基本不协调阶段,其内部类别层变化为城镇化滞后→系统均衡发展。西伯利亚与远东联邦区也处于基本不协调阶段,2018 年 C 值排序:西伯利亚区(0.47)>远东区(0.46), D 值排序:西伯利亚区(0.46)>远东区(0.38),西伯利亚区协调发展度略强于远东区,西伯利亚区内部类别层变化为城镇化滞后→系统均衡发展,远东区内部始终为城镇化滞后。2018 年高级协调、基本协调、基本不协调、严重不协调的联邦主体比重为 0.0%、28.6%、57.1%、14.3%,多数联邦主体处于基本不协调阶段、高级协调的数量最少(表 5 和表 6),其中克拉斯诺亚尔斯克边疆区、新西伯利亚州、克麦罗沃州、阿尔泰边疆区、伊尔库茨克州的协调发展度最高,处于基本协调阶段,具备未来升级为高级协调的潜力,其余联邦主体尚处于失调阶段。

表 5 2018 年俄罗斯东部联邦主体城镇化与生态环境的耦合协调度
Table 5 Coupling coordination degree between urbanization and eco-environment of federal subjects in eastern Russia in 2018

联邦区 Federal district	联邦主体 Federal subject	耦合度 Coupling degree	协调发展度 Coordination degree	阶段 Stage	联邦区 Federal district	联邦主体 Federal subject	耦合度 Coupling degree	协调发展度 Coordination degree	阶段 Stage
西伯利亚区 Siberian federal district	阿尔泰共和国	0.37	0.28	严重不协调	远东区 Far east federal district	布里亚特共和国	0.50	0.43	基本不协调
	图瓦共和国	0.39	0.30	基本不协调		萨哈(雅库特)共和国	0.49	0.43	基本不协调
	哈卡斯共和国	0.47	0.36	基本不协调		外贝加尔边疆区	0.49	0.40	基本不协调
	阿尔泰边疆区	0.50	0.54	基本协调		堪察加边疆区	0.43	0.33	基本不协调
	克拉斯诺亚尔斯克边疆区	0.49	0.55	基本协调		滨海边疆区	0.50	0.49	基本不协调
	伊尔库茨克州	0.50	0.53	基本协调		哈巴罗夫斯克边疆区	0.50	0.45	基本不协调
	克麦罗沃州	0.49	0.54	基本协调		阿穆尔州	0.50	0.39	基本不协调
	新西伯利亚州	0.49	0.54	基本协调		马加丹州	0.40	0.31	基本不协调
	鄂木斯克州	0.50	0.50	基本协调		萨哈林州	0.50	0.41	基本不协调
	托木斯克州	0.49	0.41	基本不协调		犹太自治州	0.38	0.29	严重不协调
						楚科奇自治区	0.33	0.26	严重不协调

俄东部城镇化和生态环境的协调发展迫在眉睫,在生态环境下降的情况下,城镇化质量的提升也刻不容缓。据表 6,2005 年 18 个、3 个联邦主体为城镇化滞后、系统均衡发展,城镇化滞后为主要类型,城镇化对生态环境的约束效应显著;2010 年 16 个、4 个、1 个联邦主体为城镇化滞后、系统均衡发展、生态环境滞后,城镇化滞后仍为主要类型;2018 年 9 个、7 个、5 个联邦主体为城镇化滞后、系统均衡发展、生态环境滞后,城镇化对生态环境的胁迫效应减轻。虽然俄东部发展城镇化给生态环境带来一定危害,但俄罗斯一直致力于生态环境修复治理,出台《俄罗斯联邦自然环境保护法》《俄罗斯联邦国家生态环境法》《俄罗斯联邦自然保护区法》,并与其他国家签署《濒危野生动植物物种国际贸易公约》《生物多样性公约》《湿地公约》《联合国海洋法公约》等国际协议,在提升全民生态环境保护意识、完善生态环境保护法律法规、加强国家管理机关职能、建立环境保护经济法律法规、推行生态保险机制、建立自然保护区等实施各项安全保护举措^[28],避免快速城镇化发展给资源环境带来的超载问题。

3.2 耦合协调度的时空格局演变分析

俄东部城镇化和生态环境的协调发展度表现出稳步上升态势,同城镇化和生态环境的格局类似,总体呈“西高东低”的不均衡格局特征,相比于远东区,西伯利亚区是高协调的集聚区,且高值区范围不断扩张,位于鄂木斯克州-新西伯利亚州-阿尔泰边疆区-克麦罗沃州-克拉斯诺亚尔斯克边疆区-伊尔库茨克州的串联区,低值区范围不断缩小,分布于西伯利亚区南部的阿尔泰共和国、远东区东北部的楚科奇自治区(图 4)。

表 6 俄罗斯东部联邦主体的城镇化与生态环境耦合协调阶段

Table 6 Coupling coordination stages of urbanization and ecological environment of federal subjects in eastern Russia

联邦区 Federal district	联邦主体 Federal subject	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018
西伯利亚区 Siberian federal district	阿尔泰共和国	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2
	图瓦共和国	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	III 2
	哈卡斯共和国	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2
	阿尔泰边疆区	III 2	III 2	II 3	II 3	II 3	II 3	II 3	II 3
	克拉斯诺亚尔斯克边疆区	III 2	II 3	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1
	伊尔库茨克州	III 3	III 3	II 3	II 3	II 3	II 1	II 1	II 1
	克麦罗沃州	III 3	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1
	新西伯利亚州	III 3	II 3	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1
	鄂木斯克州	III 2	III 2	III 3	III 3	III 3	III 3	III 3	II 3
	托木斯克州	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2
	布里亚特共和国	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 3
远东区 Far east federal district	萨哈(雅库特)共和国	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 3	III 3	III 1
	外贝加尔边疆区	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2
	堪察加边疆区	IV 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2
	滨海边疆区	III 2	III 3	III 3	III 3	III 3	III 3	III 3	III 3
	哈巴罗夫斯克边疆区	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 3
	阿穆尔州	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 2	III 3
	马加丹州	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	III 2	III 2	III 2	III 2
	萨哈林州	III 2	III 2	III 2	III 3	III 3	III 3	III 3	III 3
	犹太自治州	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2
	楚科奇自治区	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2

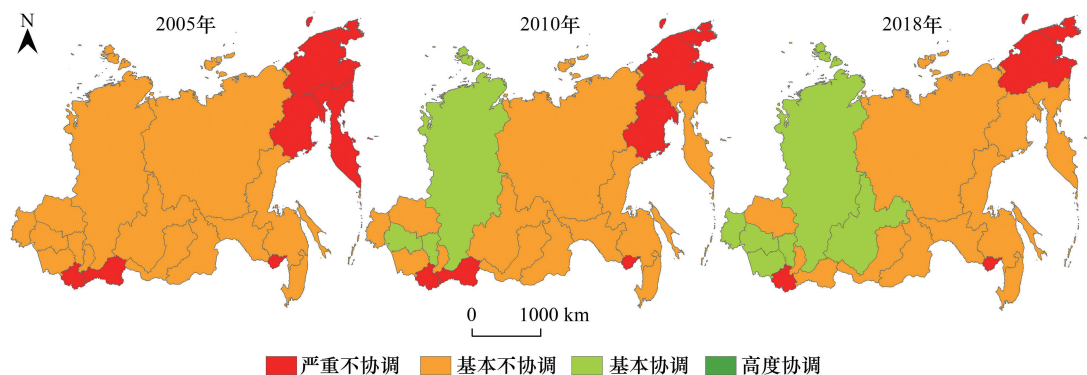


图 4 2005—2018 年俄罗斯东部城镇化和生态环境耦合协调度的空间格局变化

Fig.4 Spatial pattern changes of coupling coordination degree between urbanization and ecological environment in eastern Russia from 2005 to 2018

2005—2018 年, (1) 新西伯利亚州、阿尔泰边疆区、克麦罗沃州、克拉斯诺亚尔斯克边疆区、伊尔库茨克州由基本不协调转变为基本协调, 内部类别层变化为系统均衡→生态环境滞后, 其城镇化水平位处俄东部领先地位, 生态环境水平也较高, 作为俄东部的经济发展引擎, 依托良好区位优势、丰富能源资源、多元经济结构、密集交通网络、完善物流设施、综合保障体系, 发展成为西伯利亚铁路走廊型经济地带, 承接俄西部欧洲经济要素转移, 发展全俄机器制造、能源加工、采煤、冶金等重型工业集聚地, 极大促进城镇化的发展, 但对生态环境也产生一定压力。(2) 滨海边疆区、哈巴罗夫斯克边疆区、布里亚特共和国、阿穆尔州、萨哈林州、萨哈(雅库特)共和国、鄂木斯克州处于基本不协调阶段, 内部类别层变化大致为城镇化滞后→系统均衡, 滨海边疆

区、哈巴罗夫斯克边疆区、阿穆尔州是远东区重要经济增长区,承载着俄融入亚太地区一体化、推进中俄边境地区经贸合作的重要门户功能,经济社会发展潜力巨大;萨哈(雅库特)共和国、萨哈林州能源资源丰富,开采潜力巨大,优良的资源禀赋是支撑部分资源型城市发展的价值主体,也是其经济城镇化发展的源动力;鄂木斯克州是俄欧亚地区结合部、布里亚特共和国是中蒙俄三国交界地,良好的区位优势加快投资吸引力,通过营造优越的内外市场加深内外一体化联系。(3)外贝加尔边疆区、托木斯克州、哈卡斯共和国常年为基本不协调,类别层为城镇化滞后,其农业和轻工业较为落后,受毗邻联邦主体的经济强极吸引作用,能源产业规模小,科技创新能力不足,经济多元化发展难度大,过度依赖外部市场,资本外流、资金短缺,城镇化发展滞后于生态环境。(4)图瓦共和国、堪察加边疆区、马加丹州由严重不协调转变为基本不协调,阿尔泰共和国、犹太自治州、楚科奇自治区长期处于严重不协调,类别层均为城镇化滞后,其位于研究区的边缘区,受气候条件限制,整体开发程度低,资源能源优势未被完全利用,人口外流长年存在,经济发展潜力未得到挖掘,加之交通、通讯、能源等设施欠发达,城镇化发展缓慢,生态环境维持较好。

4 结论与建议

4.1 结论

近年来,俄东部城镇化得到快速推进,但自然资源开发和生态环境保护间的矛盾日益突出。基于上述研究得出如下结论:

(1)2005—2018 年俄东部经济城镇化和生态环境压力分别对城镇化系统与生态环境系统的贡献份额最大。城镇化发展指数呈上升趋势,其中经济城镇化上升态势显著,社会城镇化呈小幅上升,人口城镇化处于平稳变化;生态环境发展指数呈小幅下降态势,其中压力、响应指数同样处于下降,状态指数未有较大涨幅。2005—2018 年俄东部的城镇化与生态环境的耦合协调度呈增长趋势,但整体处于基本不协调阶段,其内部类别层变化为城镇化滞后→系统均衡发展,二者协调发展迫在眉睫,生态环境与城镇化质量的提升刻不容缓。

(2)2005—2018 年西伯利亚区的人口、经济、社会、综合城镇化指数均高于远东区,西伯利亚区和远东区生态环境压力、状态、响应指数差距较小,西伯利亚区城镇化和生态环境的协调发展程度略强于远东区。西伯利亚区内部:城镇化滞后→系统均衡发展,远东区内部始终为城镇化滞后。其中多数联邦主体处于基本不协调阶段、高级协调的数量最少。空间上,以伊尔库茨克州为界,城镇化、生态环境、二者协调发展度均呈现“西高东低”的格局特征,核心高值区分布在新西伯利亚州-阿尔泰边疆区-克麦罗沃州-克拉斯诺亚尔斯克边疆区-伊尔库茨克州的串联区,边缘低值区位于西伯利亚区南部的阿尔泰共和国、远东区东北部的楚科奇自治区。

(3)2005—2018 年,不同联邦主体的协调发展类型呈不同的变化趋势。新西伯利亚州、阿尔泰边疆区、克麦罗沃州、克拉斯诺亚尔斯克边疆区、伊尔库茨克州由基本不协调转变为基本协调,其内部变化为系统均衡发展→生态环境滞后。滨海边疆区、哈巴罗夫斯克边疆区、布里亚特共和国、阿穆尔州、萨哈林州、萨哈(雅库特)共和国、鄂木斯克州处于基本不协调,其内部变化为城镇化滞后→系统均衡发展。外贝加尔边疆区、托木斯克州、哈卡斯共和国为基本不协调,图瓦共和国、堪察加边疆区、马加丹州由严重不协调转变为基本不协调,阿尔泰共和国、犹太自治州、楚科奇自治区处于严重不协调,其类别层均为城镇化滞后。

4.2 发展趋势和对策

近年来俄东部城镇化和生态环境处于不协调的阶段,未来在解决自然资源开发和生态环境保护间矛盾的基础上,应大力推进城镇化质量提升。统筹 21 个联邦主体经济社会发展战略,以促进各联邦主体经济均衡发展和保护生态环境为目标,增加财政支持,建设基础设施,兼顾资源环境,发展创新经济模式,优化调整产业结构,鼓励地方发挥有效职能,最大限度为经济社会和生态环境发展创造条件,以优势区带动边缘区,实现多元化发展。

西伯利亚区未来打造以新西伯利亚州为核心,辐射阿尔泰边疆区、克麦罗沃州、克拉斯诺亚尔斯克边疆区、伊尔库茨克州的现代化经济都市连绵区,将生产要素进行产业联系整合,实施创新驱动发展战略,推进资

源型地区经济转型,大力发展现代服务业。同时,开发北极发展带,重点加强资源能源勘探、恢复发展北极航线,保护原生态环境;发展北部发展带,重点发展汽车制造、化工、电力等工业;推进南部发展带,创新性改造其经济传统部门,发展与亚太、中亚的产业经济协作区。

远东区城镇化发展滞后,未来应坚持生态环保与经济利益并举,稳定本地人口、吸引外来劳动力,重点规划能源、交通、信息等基础设施,重视与东北亚地区合作。远东的东北部偏远区,破除固有的反移民与民族歧视思想,健全劳务移民稳定的安置制度,制定经济、城建等投资规划,恢复其经济活跃性以吸引其它地区移民;远东的南部地区,在保护生态环境前提下,发展哈巴罗夫斯克边疆区和滨海边疆区农工综合体和旅游休闲产业集群,利用生态环保原料改造工业结构,挖掘其创新资源多样化优势,借助港口优势提升投资吸引力,将生产要素扩展至其它联邦主体,同时加快与经济发展同步的交通设施建设,加深和中国东北、朝鲜等邻近国家的生态环境合作。

参考文献(References):

- [1] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题. 地理科学进展, 2015, 34(5): 537-544.
- [2] 陆大道, 江东, 董锁成, 王成金, 王姣娥, 陈明星. 科学认识“一带一路”. 北京: 科学出版社, 2017.
- [3] 尚月. “俄罗斯西伯利亚及远东发展与中俄合作前景”研究述评. 国际研究参考, 2015, (10): 50-57, 19-19.
- [4] 冯春萍. 俄罗斯的城市化演进及发展趋势. 上海城市规划, 2014, (5): 72-78.
- [5] 高际香. 俄罗斯城市化与城市发展. 俄罗斯东欧中亚研究, 2014, (1): 38-45.
- [6] 张宗华. 苏联时期俄国城市化的特征及历史渊源. 史学月刊, 2003, (5): 97-103.
- [7] Mishchuk S N. Domestic and international migration in the Russian Far East in the mid-19th-early 21st century. Regional Research of Russia, 2013, 3(4): 348-355.
- [8] 俞路, 邱显平. 转轨以来的俄罗斯城市化进程研究. 俄罗斯研究, 2006, (2): 52-57.
- [9] 李莎, 刘卫东. 俄罗斯人口分布及其空间格局演化. 经济地理, 2014, 34(2): 42-49.
- [10] Kuleshov V V, Seliverstov V E. Role of Siberia in Russia's spatial development and its positioning in the strategy for spatial development of the Russian Federation. Regional Research of Russia, 2018, 8(4): 345-353.
- [11] 周洪涛. 俄罗斯远东地区环境问题初探. 西伯利亚研究, 2008, 35(4): 56-58.
- [12] Koshkin E S, Yevdoshenko S I. Diversity and ecology of hawk moths of the genus *Hemaris* (Lepidoptera, Sphingidae) of the Russian Far East. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 2019, 12(4): 613-625.
- [13] Bityukova V R. Dynamics of atmospheric pollution by stationary sources. Regional Research of Russia, 2011, 1(4): 394-398.
- [14] Vasilenko V A. Water-economic problems in the southern part of western Siberia. Regional Research of Russia, 2015, 5(4): 378-383.
- [15] Zhuravel N M. Systematic evaluation of environmental and economic effectiveness of the best available technologies: regional dimension. Regional Research of Russia, 2016, 6(2): 193-202.
- [16] Bityukova V R, Safronov S G. Assessment of the ecological situation in Russia using the method of potential surfaces of human impact. Regional Research of Russia, 2015, 5(4): 367-377.
- [17] 姜振军. 俄罗斯东部地区经济发展研究. 北京: 社会科学文献出版社, 2016.
- [18] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析. 地理研究, 2003, 22(2): 211-220.
- [19] 王学峰. 发达国家城镇化形式的演变及其对中国的启示. 地域研究与开发, 2011, 30(4): 54-60.
- [20] 方创琳. 中国城市化进程及资源环境保障报告. 北京: 科学出版社, 2009.
- [21] 初楠臣, 张平宇, 李鹤, 李欣. 俄罗斯西伯利亚与远东地区城镇化发展水平测度及空间分异研究. 地理科学, 2018, 38(7): 1069-1078.
- [22] 梁龙武, 王振波, 方创琳, 孙湛. 京津冀城市群城市化与生态环境时空分异及协同发展格局. 生态学报, 2019, 39(4): 1212-1225.
- [23] 王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度. 生态学报, 2015, 35(7): 2244-2254.
- [24] Li Y F, Li Y, Zhou Y, Shi Y L, Zhu X D. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment. Journal of Environmental Management, 2012, 98: 127-133.
- [25] Wang S J, Ma H T, Zhao Y B. Exploring the relationship between urbanization and the eco-environment: a case study of Beijing-Tianjin-Hebei region. Ecological Indicators, 2014, 45: 171-183.
- [26] 谭俊涛, 张平宇, 李静, 刘世薇. 吉林省城镇化与生态环境协调发展的时空演变特征. 应用生态学报, 2015, 26(12): 3827-3834.
- [27] 刘畅, 邓铭, 冉春红. 东北地区农业现代化与新型城镇化协调发展研究. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(6): 155-162.
- [28] 姜振军. 俄罗斯保护生态安全的措施分析. 俄罗斯中亚东欧研究, 2007, (6): 8-15.
- [29] Ассекритов С, Широкова В. Межбюджетные отношения: проблемы и подходы к их решению. Экономист, 2001, (1): 67-70.
- [30] Иванова В. Финансово-кредитные организации в системе регионального управления социально-экономическим развитием. Экономист, 2003, (7): 27-33.