

УДК 332.1+330.4+339.9+502/504  
ББК 65.9(2Рос) +65.28  
П 82

П 82        **Труды Гранберговской конференции, 10–13 октября 2016 г., Новосибирск** : Междунар. конф. «Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность» : сб. докладов – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2017. – 526 с.

ISBN 978-5-89665-310-3

Сборник представляет доклады международной конференции "**Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность**", которая состоялась в ИЭОПП СО РАН 10-13 октября 2016 г. Доклады посвящены вопросам пространственного анализа и моделирования социально-экономических систем, использования новых методов и данных в этой области.

Конференция была посвящена памяти академика А.Г. Гранберга, внесшего неоценимый вклад в становление региональной науки в России. Публикуемые здесь труды ученых из разных регионов и стран, принадлежащих к разным научным школам, представляют современное состояние региональных исследований на постсоциалистическом пространстве.

Идеи и выводы авторов не обязательно отражают мнения представляемых ими организаций.

УДК 332.1+330.4+339.9+502/504  
ББК 65.9(2Рос) +65.28

ISBN 978-5-89665-310-3

© ИЭОПП СО РАН, 2017

Глинский В.В., Серга Л.К., Зайков К.А., Хван М.С.

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ РФ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

### *Аннотация*

*Данное исследование посвящено вопросам оценки экологической безопасности. Новизной данного исследования является использование совокупности методов пространственного анализа (пространственная группировка) и методов многомерного статистического анализа. Цель исследования – проведение оценки экологической безопасности территорий. При разработке методики оценки была сформирована система показателей, характеризующая производственное развитие исследуемых территорий, состояние их окружающей среды, внедрение организациями экологических инноваций. Разработанная методика была апробирована на субъектах РФ за 2012–2014 годы с использованием статистических данных Росстата, что позволило выделить четыре типа территорий по уровню экологической безопасности, а так же определить регионы, в которых уровень экологической безопасности был стабилен на протяжении трех исследуемых лет. Результаты данного исследования могут быть использованы для принятия эффективных управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности территорий Российской Федерации.*

*Ключевые слова: экологическая безопасность, территория, пространственный анализ, многомерный статистический анализ, тип экологической безопасности, уровень экологической безопасности.*

Оценка экологической безопасности территорий является ключевым элементом при разработке социально-экономических программ и принятии эффективных управленческих решений. Необходимость проведения исследований в данной сфере обусловлена тем, что развитие промышленного производства негативно влияет на состояние экосистемы. Поэтому возможность получения своевременной и достоверной информации о состоянии экологической безопасности территорий позволила бы разрабатывать экологически ориентированные программы и принимать управленческие решения различным подразделениям, ведомствам, комитетам и министерствам, занимающимся вопросами обеспечения охраны окружающей среды. Поэтому целью данного исследования является проведение оценки экологической безопасности территорий РФ на основе методов пространственного анализа.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. выполнен обзор литературы по проблемам оценки экологической безопасности территорий РФ;
2. разработана авторская методика оценки экологической безопасности территорий на основе методов пространственного анализа;
3. проведена апробация разработанной методики на субъектах РФ за 2012–2014 годы;
4. построена регрессионная модель оценки экологической безопасности субъектов РФ за 2014 год;
5. сформулированы выводы.

На сегодняшний день существует большое количество научных трудов, в которых освещены вопросы оценки экологической безопасности территорий. Наиболее известными из них являются работы таких ученых как Гостевой С.Р., Ващекина Н.П., Дзलिएва М.И., Яковлева Е.Н., Урсула А.Д., Реймерса Н.Ф., Коробкина В.И. Белик И.С., Никулина Н.Л., Федоркина С.И., Ветровой Н.М., Акимова Т.А., Хаскина В.В., Горшкова В.Г., Дольника В.Р., Рубанова И.Н., Тикунова В.С., Бобылева С.Н., Минакова В.С., Соловьева С.В., Третьякова В.В., Вернадского В.И. и других исследователей [1, 2, 3, 4, 8].

Особенностью данных исследований является отсутствие единого механизма проведения оценки для разных социально-экономических систем, что делает невозможным проведение сопоставления полученных результатов для исследуемых единиц.

В связи с этим в данной работе предлагается авторская методика проведения оценки экологической безопасности на основе методов пространственного анализа и методов многомерного статистического анализа, которая не только позволит сопоставить полученные результаты, но и оценить изменение такого явления как экологическая безопасность для исследуемых территорий за несколько лет.

Нужно отметить, что использование геостатистических методов для анализа природно-экологических условий территорий, состояния их окружающей среды началось с конца XX века. Весомый вклад в развитие теоретических основ геостатистики внесли такие зарубежные учёные как Ж. Матерон, Д. Криге, А. Жорнел, Ч. Хьюбрегтс, Е. Исаакс, Р. Шривастава, С. Дитч и др.

В отечественной литературе первые попытки осветить проблемы использования геостатистического подхода к оценке общественного развития и состояния окружающей среды были независимо предприняты исследователями из Института проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ) РАН и С.А. Бурцевой [7].

Практическая реализация представленных выше методов находит отражение в таких программах как ARCGIS, Geostatistical Software Tool, Geostat и других.

Разработка методики оценки экологической безопасности включала в себя:

- формирование системы показателей для оценки экологической безопасности территорий РФ;
- разработку алгоритма оценки уровня экологической безопасности (расчет интегральной оценки уровня экологической безопасности, пространственная группировка территорий по уровню экологической безопасности).

Формирование системы показателей было осуществлено на основе таких критериев как достоверность, содержательность, сопоставимость и качество исходной информации.

Кроме того, при формировании системы показателей исходили из того, что развитие реального сектора экономики приводит к вовлечению в хозяйственный оборот все большее количество природных ресурсов. Нарастание объемов промышленного производства, добычи полезных ископаемых оказывает негативное влияние на экосистему территорий.

Также нужно отметить, что с 2012 года Федеральной службой государственной статистики ведется сбор данных о внедрении организациями экологических инноваций в регионах РФ, поэтому также считаем целесообразным рассмотреть их при проведении оценки экологической безопасности территорий РФ.

В результате была сформирована система показателей, включающая в себя три блока:

1. показатели, характеризующие производственное развитие территорий (индексы производства по виду экономической деятельности «добыча полезных иско-

паемых»; индексы производства по виду экономической деятельности «обрабатывающие производства»; индексы производства по виду экономической деятельности «производство и распределение электроэнергии, газа и воды»; индексы промышленного производства);

2. показатели, отражающие состояние окружающей среды территорий (прирост объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников; прирост объема улавливания загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников; объем оборотной и последовательно используемой воды; сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты);

3. показатели, отражающие внедрение организациями экологических инноваций на территории (количество организаций, осуществляющих сокращение материальных затрат на производство единицы товаров, работ, услуг; количество организаций, осуществляющих сокращение энергозатрат на производство единицы товаров, работ, услуг; количество организаций, осуществляющих сокращение выбросов в атмосферу диоксида углерода (CO<sub>2</sub>); количество организаций, осуществляющих замену сырья и материалов или использующих менее опасные; количество организаций, осуществляющих снижение загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов, уменьшение уровня шума); количество организаций, осуществляющих вторичную переработку (рециркуляцию) отходов производства, воды или материалов) [9].

Второй этап включает в себя разработку алгоритма оценки уровня экологической безопасности территорий РФ. Данную оценку предлагается проводить на основе использования одного из геостатистических методов – пространственной группировки. Для этих целей был на основе многомерной средней рассчитан интегральный индекс для каждого региона – уровень экологической безопасности. Для расчета уровня экологической безопасности к сформированной системе показателей была применена процедура нормирования. Процедура нормирования проводилась на основе линейного преобразования.

На основе рассчитанной интегральной оценки уровня экологической безопасности может быть проведена пространственная группировка территорий РФ. Такой инструмент как пространственная группировка позволяет сгруппировать объекты на основе атрибутов и дополнительных пространственных/временных ограничений. В качестве пространственного ограничения целесообразно использовать К- ближний сосед. В этом случае объекты в одной группе будут расположены рядом друг с другом. Каждый объект будет соседом, по крайней мере, для одного другого объекта в группе. Соседские отношения основаны на ближайших К объектах, при этом указывается целое число К для параметра количество соседей. Кроме того, для проведения пространственной группировки использовался метод определения расстояния, который определяет, как рассчитываются расстояния от одного объекта до соседнего объекта: Евклидово расстояние.

Далее была проведена апробация разработанного алгоритма оценки на субъектах РФ за 2012–2014 годы. Реализация разработанного алгоритма оценки была осуществлена с помощью программы ArcMap 10.3.1. [6]

В результате проведения пространственной группировки было выделено 4 типа субъектов с высоким, средним, низким и кризисным уровнем экологической безопасности.

На рис. 1 представлены результаты пространственной группировки субъектов РФ за 2014 год.

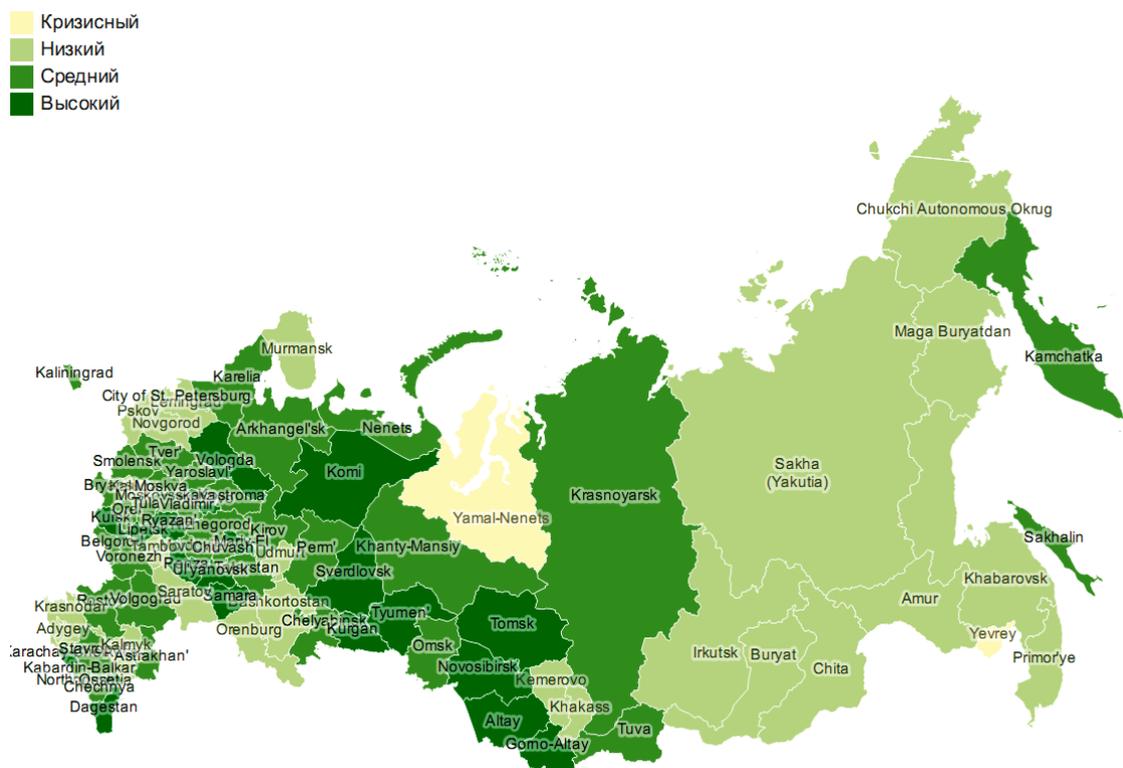


Рис. 1. Пространственная группировка субъектов РФ за 2014 г.

Кроме того, данный анализ позволил выявить устойчивые группы субъектов РФ, имеющие стабильный уровень экологической безопасности на протяжении исследуемого периода времени (табл. 1).

В результате исследования были выявлены устойчивые группы субъектов РФ, имеющие стабильный уровень экологической безопасности на протяжении исследуемого периода времени.

Высокий уровень экологической безопасности имеют такие регионы как Республика Коми и Марий Эл, Курская и Липецкая области. В данных регионах ведется активная работа по обеспечению экологической безопасности. Так в Республике Коми в 2009 году создано Управление охраны окружающей среды, в состав которого включен отдел экологической безопасности и сектор по особо охраняемым природным территориям [10].

Таблица 1

Устойчивые группы субъектов РФ по уровню экологической безопасности за 2012–2014 годы

Тип экологической безопасности	Устойчивые группы субъектов РФ
Кризисный	Еврейская автономная область
Низкий	Иркутская область, Хабаровский край, Мурманская область, Приморский край, Саратовская область, Тамбовская область
Средний	Чеченская Республика, Республика Мордовия, г. Москва, Нижегородская область, Республика Татарстан, Воронежская область, Ярославская область
Высокий	Республика Коми, Курская область, Липецкая область, Республика Марий Эл

Средний уровень экологической безопасности имеют такие субъекты РФ как Чеченская, Республика, Республика Мордовия и Татарстан, город Москва, Нижегородская, Воронежская и Ярославская области. На территориях данных субъектов активно осуществляются мероприятия по стабилизации их уровня экологической безопасности. Так, например, Ярославская область входит в число наиболее развитых в промышленном отношении регионов страны, при этом в 2013 году инвестиции в основной капитал на мероприятия по охране атмосферного воздуха составили 13.1 млн. рублей. Основным источником финансирования работ по охране атмосферного воздуха являются средства предприятий 8.2 млн. рублей (62,7% от общей суммы инвестиций по охране атмосферного воздуха) [10].

Низкий уровень экологической безопасности имеют Иркутская, Мурманская, Саратовская, Тамбовская области, Хабаровский и Приморский край. В данных регионах экологическая ситуация достаточно напряженная, что вызвано значительным увеличением автотранспорта и большими объемами выбросов загрязняющих веществ от производственных объектов, технически устаревших и изношенных. Например, на территории Саратовской области основным источником загрязнения атмосферного воздуха является автотранспорт, на его долю приходится 71,6% всех загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду. В 2013 году по сравнению с 2012 годом количество выбросов от автотранспорта увеличилось на 16,4 тыс. т. (на 7,0%) [10].

Кризисным субъектом РФ по уровню экологической безопасности является Еврейская автономная область. Весомыми источниками антропогенного загрязнения атмосферы химическими веществами, поступающими в воздух в газообразном, жидком или твердом состоянии, являются промышленность и транспорт. На территории области функционируют предприятия ОАО «Теплоозерский цементный завод», ОАО «ДГК» филиал ХТСК СП «Биробиджанская ТЭЦ», ООО «КС горно-обогатительный комбинат», ГП ЕАО «Облэнергоремонт» – основные источники загрязнения [10].

Кроме того, в нашем исследовании была построена модель экологической безопасности за 2014 г. Для построения модели использовался один из методов регрессионного анализа – исследовательская регрессия. В качестве независимых показателей использовались параметры, отражающие производственное развитие территории, состояние окружающей среды территории и внедрение организациями экологических инноваций на территории.

В результате применения данного метода было проведено 6370 проб, из которых тест минимально допустимое скорректированное значение коэффициента детерминации прошло 4890 моделей (76, 77%), максимальное р-значение коэффициента – 710 (11, 15%), максимальное значение VIF – 6370 (100%), минимальное р-значение Жака-Бера – 4290 (67,35%). По критерию минимальное р-значение пространственной автокорреляции было проведено 344 пробы, из которых положительный результат был получен для 331 модели (96,22%).

В табл. 2 приведены наилучшие модели, полученные в результате применения данного инструмента.

Нужно отметить, что среди отобранных моделей есть проходящие модели – правильные модели регрессии методом наименьших квадратов. Модели 9, 10, 11, 12 не являются проходящими, поскольку они не проходят тест Жака-Бера, что свидетельствует о проблеме смещения данных моделей. Проблема смещения моделей может заключаться либо в нелинейных отношениях зависимой и независимыми переменными, в выбросах данных либо в том, что отсутствуют важные независимые переменные.

Наилучшей моделью с точки зрения допустимого скорректированного значения коэффициента детерминации является проходящая модель 7. Анализ данной модели позволил установить, что ключевыми параметрами при ее построении являются показатели, отражающие внедрение организациями экологических инноваций в регионе

( $x_{10}$ ,  $x_{11}$ ,  $x_{12}$ ,  $x_{13}$ ,  $x_{14}$ ). Что касается показателей, характеризующих производственное развитие региона и показателей, отражающих состояние окружающей среды, то они в большей степени характеризуют экологическую обстановку в регионе.

Таким образом, в данном исследовании были освещены проблемы оценки экологической безопасности, представлена разработанная авторская методика оценки экологической безопасности территорий, апробированная на субъектах РФ за 2012–2014 годы.

В результате выделены устойчивые группы территорий на протяжении трех лет, а также проведена исследовательская регрессия, позволяющая установить, что решающим фактором для обеспечения экологической безопасности региональных систем является внедрение организациями экологических инноваций, поскольку они способствуют не только стабилизации экологической ситуации на рассматриваемых территориях, но и ее улучшению. Результаты данного исследования могут быть использованы для принятия эффективных управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности территорий РФ.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 16-36-00331 " Экономико-математическое моделирование уровня экологической безопасности социально-экономических систем".*

Таблица 2

**Лучшие модели по числу независимых переменных  
при наивысших выровненных результатах по  $R^2$**

№ п/п	AdjR2 (Выровненные R-квадрат)	AICc (Информационный критерий Акаике)	JB (р-значение Жака-Бера)	K(BP) (Статистическое р-значение Кенкера)	VIF (Макс. фактор увеличения дисперсии)	SA (Глобальное р-значение I Морана)	Модель	Продолжающаяся модель
Лучшие модели по числу независимых переменных (3 из 14)								
1	0,76	-315,72	0,82	0,24	1,24	0,12	+ $x_{10}+x_{12}+x_{14}$	Да
2	0,76	-314,33	0,61	0,61	1,15	0,14	+ $x_{10}+x_{13}+x_{14}$	Да
3	0,75	-313,11	0,78	0,58	1,21	0,53	+ $x_9+x_{11}+x_{14}$	Да
Лучшие модели по числу независимых переменных (4 из 14)								
4	0,83	-340,87	0,53	0,55	1,24	0,49	+ $x_{10}+x_{12}+x_{13}+x_{14}$	Да
5	0,83	-340,67	1,00	0,45	1,27	0,46	+ $x_9+x_{11}+x_{12}+x_{14}$	Да
6	0,82	-337,53	0,73	0,35	1,41	0,29	+ $x_{10}+x_{11}+x_{13}+x_{14}$	Да
Лучшие модели по числу независимых переменных (5 из 14)								
7	0,87	-362,26	0,14	0,40	1,46	0,50	+ $x_{10}+x_{11}+x_{12}+x_{13}+x_{14}$	Да
8	0,86	-359,96	0,43	0,73	1,28	0,22	+ $x_9+x_{11}+x_{12}+x_{13}+x_{14}$	Да
9	0,86	-355,36	0,05	0,68	1,29	0,31	+ $x_7+x_9+x_{11}+x_{12}+x_{14}$	Нет
Лучшие модели по числу независимых переменных (6 из 14)								
10	0,90	-381,8	0,00	0,89	1,34	0,1	+ $x_7+x_9+x_{11}+x_{12}+x_{13}+x_{14}$	Нет
11	0,89	-378,32	0,01	0,77	1,85	0,70	+ $x_9+x_{10}+x_{11}+x_{12}+x_{13}+x_{14}$	Нет
12	0,89	-375,57	0,09	0,60	1,46	0,26	+ $x_4+x_{10}+x_{11}+x_{12}+x_{13}+x_{14}$	Нет

---

**Список источников**

1. **Акимова Т.А., Хаскин. В. В.** Экология – Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 566 с.
2. **Белик И.С., Никулина Н.Л.** Методические подходы к оценке экологической безопасности региона // Вестник УГТУ-УПИ. 2006. – № 1 (72). – С. 100–106.
3. **Вернадский В.И.** Биосфера. Избранные труды по биогеохимии / В. И. Вернадский. – М.: Мысль, 1967. – 232 с.
4. **Коробкин В.И., Передельский Л.В.** Экология. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 576 с.
5. **Критерии** оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. [An electronic resource] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901797511> (дата обращения 23.04.2016)
6. **Обзор** набора инструментов пространственная статистика. [An electronic resource] – URL: <http://pro.arcgis.com/ru/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/an-overview-of-the-spatial-statistics-toolbox.htm> (дата обращения 23.04.2016)
7. **Плякин А.В., Козырева В.Н.** Реализация геостатистических методов оценки геоэкологического состояния территории в геоинформационной системе // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3. Экономика. Экология. – 2012. – № 2(21). – С. 195–203.
8. **Реймерс Н.Ф.** Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы). – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с
9. **Федеральная** служба государственной статистики. – URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 23.04.2016)
10. **Федеральная** служба по надзору в сфере природопользования. – URL: <http://46.gpn.gov.ru/> (дата обращения 23.04.2016)
11. **Федоркин С.И.** О методе оценки уровня экологической безопасности региона при действии антропогенных факторов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического ун-та. – Вып. № 27. Техн. науки. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2011. – С. 107–111.

**Информация об авторах:**

**Глинский Владимир Васильевич** (Россия, Новосибирск), проф., д.э.н., заведующий кафедрой статистики (e-mail: [s444@ngs.ru](mailto:s444@ngs.ru))

**Серга Людмила Константиновна** (Россия, Новосибирск), к.э.н., доцент кафедры статистики (e-mail: [l.k.serga@nsuem.ru](mailto:l.k.serga@nsuem.ru))

**Зайков Кирилл Алексеевич** (Россия, Новосибирск), аспирант 1-го года обучения (e-mail: [zajkovchik@mail.ru](mailto:zajkovchik@mail.ru))

**Хван Мария Сергеевна** (Россия, Новосибирск), аспирант 3-го года обучения (e-mail: [hvan2013@ngs.ru](mailto:hvan2013@ngs.ru)) ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления». 630005, г. Новосибирск, ул. Каменская, 52/1 (пятый корпус), ауд. 5-208. (383) 243-95-34

---

**Glinskiy Vladimir V., Serga Lyudmila K.,  
Zaikov Kirill A., Khvan Mariya S.**

**ENVIRONMENTAL SAFETY ASSESSMENT  
OF AREAS OF RUSSIA BASED  
ON SPATIAL ANALYSIS METHODS**

*Abstract*

*This study focuses on the issues of environmental safety assessment. The research includes a review of literature on the environmental safety assessment, the development of the author's methodology of environmental safety assessment of the territories, approbation of the developed method, construction of regression models and formulation of conclusions. The novelty of this study is to use a combination of methods of spatial analysis (space group) and methods of multivariate statistical analysis. The purpose of the study is assessment of environmental safety of territory. For this purpose a system of indicators was formed, which characterizes the industrial development of areas, state of environment, the introduction of environmental innovations. The developed method was tested on the RF regions in 2012–2014, which allowed to identify four types of territories by the level of environmental safety and set the regions in which environmental security has been stable over the three years studied. The results of this study can be used to make effective management decisions in the field of environmental safety of the Russian Federation territories.*

*Keywords: environmental safety, area, spatial analysis, multivariate statistical analysis, type of environmental safety, level of environmental safety.*