

УДК 332.14

¹Б.Е. Большаков*, ¹Е.Ф. Шамаева, ²В.Г. Сальников,
²Т.Л. Тажибаева, ²С.Е. Полякова

¹Международный университет природы, общества и человека «Дубна», Российская Федерация

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

*E-mail: school@yrazvitie.ru

Разработка системы естественнонаучных индикаторов устойчивого инновационного развития

В статье дается постановка проблемы разработки системы естественнонаучных индикаторов устойчивого развития. Разработана нормативная база на основе универсальных естественнонаучных измерителей социальных, экологических и экономических процессов, формализованная в систему базовых и специальных параметров устойчивого инновационного развития с использованием физической меры «мощность». Представлены результаты прогноза регионального и отраслевого устойчивого инновационного развития Республики Казахстан.

Ключевые слова: устойчивое инновационное развитие, проектирование и управление в системе «природа – общество – человек», естественнонаучные индикаторы устойчивого развития, Научная школа устойчивого развития.

Б.Е. Большаков, Е.Ф. Шамаева, В.Г. Сальников,
Т.Л. Тажибаева, С.Е. Полякова

Тұрақты инновациялық дамуда жаратылыстану ғылымының индикаторлық жүйесіне зерттеме

Бұл мақалада тұрақты инновациялық дамуда жаратылыстану ғылымының индикаторлық жүйесіне зерттеме жасаудың мәселелері берілген. «Қуаттылық» деген физикалық шараны қолданумен тұрақты инновациялық арнайы дамыту және базалық жүйеге құрылған, экономикалық және экологиялық, әлеуметтік процестердің жаратылыстану ғылымының өлшеушілердің универсалды негізінде нормативті база зерттелген. Қазақстан Республикасында инновациялық саланың тұрақты дамуы және аймақтық ауа райын болжаудың нәтижелері ұсынылған.

Түйін сөздер: тұрақты инновациялық даму, «Табиғат – қоғам – адам» жүйесінде жобалау және басқару, жаратылыстану ғылымының индикаторлық жүйесіне зерттеме, тұрақты Ғылыми мектептің дамуы.

B.E. Bolshakov, E.F. Shamaeva, V.G. Salnikov,
T.L. Tazhibaeva, S.E. Polyakova

Development of natural science innovation indicators of sustainable development

In the article is formulated the problem of the development of indicators of sustainable development of natural science. Developed a regulatory framework based on universal natural science meters social, environmental and economic processes, formalized in basic and advanced parameters for sustainable innovative development using physical measures “power”. The results of the forecast of the regional and sectoral innovation for sustainable development of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: sustainable innovative development, design and management of a system of “nature - society - people,” natural science indicators of sustainable development, scientific school of sustainable development.

В настоящее время государства мира, в том числе страны СНГ, столкнулись с необходимостью перехода на устойчивый инновационный путь развития, обеспечивающий сохранение развития общества во взаимодействии с окружающей средой в долгосрочной перспективе и защиту от кризисов в условиях негативных внутренних и внешних воздействий [1–5], следствием которых являются: низкое качество образования и науки [4, 6, 7]; неэффективность управления [5–8]; неэффективность экономики [1, 2, 6–9]; рост бедности [6, 10, 11]; рост смертности [6, 10, 11]; загрязнение окружающей среды [5, 6, 9–12].

В политику понятие «устойчивое развитие» вошло в 1987 году, когда на 42-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН был принят базовый принцип устойчивого развития, который включает две группы понятий [5, 8]: возможность и потребность, необходимые для сохранения и развития систем любой природы и любого назначения.

Сохранению подлежит рост возможности удовлетворять неисчезающие потребности за счет изменения КПД технологий и качества управления.

То, что за видимостью изменений сохраняется, то есть остается неизменным, принято называть инвариантами, которые начали открывать со времен Н. Кузанского, Н. Коперника, И. Кеплера, когда впервые понятие «наука» было связано с понятием «измерение».

В различных предметных областях существует своя мера:

- мера в философии – синтез качества и количества;
- мера в математике (мера множества) – длина и ее обобщения: точка, отрезок, площадь, объем на множества более общей природы;
- мера в физике: величина (система СИ, CGS и др.);
- мера в экологии: выбросы (т/год; ккал/год);
- мера в экономике: деньги.

В начале 1990-х годов устойчивое развитие стали рассматривать через взаимодействие следующих предметных компонентов: экологической целостности, экоэффективности экономической деятельности, справедливости государства, бизнеса и общества [10, 11], а для измерения мировым сообществом предложен набор индикаторов, характеризующий экологическое (26 индикаторов), экономическое (39 индикаторов), социальное (41 индикатор) и устойчивое (14 индикаторов) развитие.

Методология построения индикаторов устойчивого развития базируется на разнородных, несоизмеримых мерах, а для осуществления операций используется процедура нормирования, но нормированные индикаторы так же разнородны, так как за ними стоят разнородные величины, выраженные в несопоставимых измерителях-мерах, что порождает ложные оценки и, как следствие, неэффективное управление (табл. 1).

Таблица 1 – Индикаторы устойчивого развития и их измерители-меры

Индикаторы для устойчивого развития (примеры)	Измерители – меры
Экологические индикаторы: Запасы ресурсов, Занимаемые площади, Потребление/производство ресурсов в год	м ³ , литры, тонны га, км ² тонн/год
Социальные индикаторы: Плотность населения, Продолжительность жизни, Рождаемость/смертность в год	чел./км ² годы % в год
Организационные индикаторы: Наличие национальной Стратегии устойчивого развития, Наличие информационной базы по устойчивому развитию, Число специалистов, получивших образование по устойчивому развитию	да/нет да/нет кол-во человек

Источник: Indicators of sustainable development, UN Department for Policy Coordination and Sustainable Development, December, 1994.

Вопрос об измерении устойчивого развития чрезвычайно важен. В настоящее время для измерения устойчивого развития в мире существует несколько вариантов:

- первый – построение интегрированного индикатора, выражающего суть устойчивого развития системы в целом.
- второй – построение набора индикаторов, отражающих отдельные аспекты устойчивого развития исследуемой системы.

Наиболее яркий пример второго подхода – это комплекс из 134 показателей, предназначен-

ных, по мнению авторов, для оценки социальных, экологических и экономических аспектов устойчивого развития.

Для измерения устойчивого развития используются разнородные, не аддитивные и не соразмерные показатели, с которыми нельзя осуществлять арифметические операции, в том числе и в ситуации, когда эти показатели нормированы и приведены к условно безразмерному виду, то есть к условным долям, за которыми стоят те или иные физически разнородные величины (табл. 2).

Таблица 2 – Индикаторы устойчивого развития

Показатели	Тема	Индикаторы
Социальные	Благосостояние	Доля населения с доходом ниже уровня бедности
	Здравоохранение	Средняя продолжительность жизни
	Образование	Уровень получения высшего образования
	Демография	Уровень рождаемости
Экологические	Атмосфера	Концентрация загрязняющих газов
		Эмиссия CO ₂
	Почва	Доля пахотных земель
	Пресная вода	Доля используемых водных ресурсов
Экономические	Экономическое развитие	ВВП на душу населения
		Отношение задолженность/ВВП
		Производительность труда, стоимость единицы труда
		Валовой национальный доход (ВНД)
	Потребление и производство	Годовое потребление энергии на душу населения

В предложенном списке нет совместимости мер, поэтому невозможно судить об устойчивом развитии, что порождает иллюзию устойчивого развития, особенно, в предкризисных и кризисных условиях.

Если отсутствует единый законный фундамент (Закон Природы), который невозможно отменить ни при каких обстоятельствах, то ни количество учитываемых параметров, ни тщательный отбор экспертов, ни сложность математических формул не могут обеспечить объективную оценку конкурентоспособности и возможностей страны в продвижении к устойчивому развитию [4–7, 9, 12–14].

В проектировании устойчивого инновационного развития большой интерес и поддержку научного сообщества вызывают работы Науч-

ной школы устойчивого развития, основанные на выдающихся открытиях Русской научной школы (С.А. Подолинский (труд в энергетическом измерении), Э. Бауэр (принцип устойчивой неравновесности), В.И. Вернадский (принципы эволюции живой и косной материи), П.Г. Кузнецов (инварианты сохранения и развития) и др.), дающие возможность эффективно проектировать и управлять глобальным, региональным и локальным развитием в системе «природа – общество – человек» [2, 3, 5, 8, 9, 12–14].

В работах [1–5, 8, 9, 13–15] показано, что мощность является мерой возможностей системы действовать во времени.

Выделено три группы возможностей системы с мерой мощности:

- потенциальная возможность – определяется мерой полной мощности на входе в систему $N [L^5T^{-5}]$;

- реальная возможность – имеет меру полезной (активной) мощности на выходе из системы $P [L^5T^{-5}]$;

- упущенная возможность – имеет меру потерь (пассивной) мощности на выходе из системы $G [L^5T^{-5}]$.

Указанные три группы возможностей системы с мерой мощность определяют базовые параметры

состояния открытых социально-экономических систем любой природы и различного назначения. Значения имеющихся возможностей (с мерой мощность) для текущего времени определяют исходное (существующее) состояние системы.

Значения требуемых возможностей (с мерой мощность) для обеспечения роста и развития системы определяют конечное (требуемое) состояние системы.

Переход из исходного состояния системы в конечное (требуемое) принципом устойчиво-

Таблица 3 – Формализованная система естественнонаучных индикаторов устойчивого развития

№ п\п	Название	Условное обозначение	Единицы измерения	Формулы
1	Суммарное потребление природных энергоресурсов за определенный период времени (полная мощность)	$N(t)$	ватт (Вт, кВт, МВт, ГВт)	$N(t) = \sum_j^k \sum_{i=1}^3 N_{ij}(t),$ $N_{j1}(t), N_{j2}(t) \dots N_{j3}(t)$ - суммарное потребление j-го объекта управления в единицах мощности; N_{j1} – суммарное потребление продуктов питания; N_{j2} – суммарное потребление электроэнергии; N_{j3} – суммарное потребление топлива.
2	Конечный продукт за определенный период времени (полезная мощность)	$P(t)$	ватт (Вт, кВт, МВт, ГВт)	$P(t) = N(t) \cdot \eta(t) \cdot \varepsilon(t),$ $\eta(t)$ – обобщенный КПД технологий; $\varepsilon(t)$ – качество планирования; $\varepsilon(t) = 1$ (есть потребитель на произведенный продукт); $\varepsilon(t) = 0$ (отсутствует потребитель на произведенный продукт).
3	Потери мощности	$G(t)$	ватт (Вт, кВт, МВт, ГВт)	$G(t) = N(t) - P(t)$
4	Эффективность использования природных энергоресурсов	$\varphi(t)$	безразмерные единицы	$\varphi(t) = \frac{P(t)}{N(t)}$
5	Совокупный уровень жизни	$U(t)$	ватт/ человека	$U(t) = \frac{P(t)}{M(t)};$ $M(t)$ — численность населения.
6	Качество окружающей природной среды	$q(t)$	безразмерные единицы	$q(t) = \frac{G(t - \tau)}{G(t)};$ $G(t)$ и $G(t - \tau)$ — мощность потерь текущего и предыдущего периода.
7	Качество жизни	$QL(t)$	ватт/ человека	$QL(t) = T_A(t) \cdot U(t) \cdot q(t);$ $T_A(t)$ — нормированная продолжительность жизни; $T_A(t) = \frac{T_{cp}(t)}{100 \text{ лет}},$ где $T_{cp}(t)$ — средняя продолжительность жизни.

го развития) осуществляется преобразованием с инвариантом мощность, то есть переходом от начальной мощности к конечной, обеспечивая соизмеримость и соразмерность возможностей и потребностей систем любой природы в процессе развития.

В рамках Научной школы устойчивого развития разработаны мировоззрение, теория, методология и технология проектирования и управления устойчивым развитием в системе «природа – общество – человек» [5, 14]. Технология проектирования и управления устойчивым инновационным развитием предполагает оценку существующего и требуемого для перехода к устойчивому развитию состояний, мониторинг и оценку проблем и их решений (новаций и инноваций), составление плана мероприятий, обеспечивающих переход к устойчивому инновационному развитию, и контроль хода его выполнения. Исследования Научной школы устойчивого развития позволяют сформулировать специальные естественнонаучные требования устойчивого развития к выбранной мере и критерию развития, существенно влияющие на точность результатов проектирования. Среди них [5, 8, 9]:

Требование 1: в проектировании устойчивого развития должны использоваться измеримые величины, приведенные к единой мере (единице измерения) для систем, открытых на входе и выходе по потокам энергии (мощности).

Требование 2: проектирование устойчивого развития должно осуществляться в соответствии с законом сохранения мощности и принципом (критерием) устойчивого развития, выраженным в терминах измеримых величин.

Разработана нормативная база на основе универсальных естественнонаучных измерителей социальных, экологических и экономических процессов, формализованная в систему базовых и специальных параметров устойчивого инновационного развития с использованием физической меры «мощность» (табл. 3) [2, 3].

Для визуализации (картирования) результатов проектирования регионального устойчивого развития российско-казахстанским научным коллективом (Научная школа устойчивого развития, Международный университет природы, общества и человека «Дубна», Казахский национальный университет им. аль-Фараби) разработан электронный атлас индикаторов устойчивого развития (<http://lt-gis.ru/>), который содержит геопространственные данные, объединенные в тематические слои [16, 17]:

Мир (включая значения индикаторов по 100 странам мира за период 1998 – 2010 годы);

Россия (тематические карты по федеральным округам, областям и районам);

Казахстан (в региональном и отраслевом разрезе).

На рисунке 1 представлен фрагмент электронного атласа индикаторов устойчивого развития Республики Казахстан.

Расчет и анализ системы естественнонаучных индикаторов устойчивого инновационного развития показал [6, 9, 16, 17], что на 2007 г. по годовому суммарному потреблению энергоресурсов в единицах мощности Республика Казахстан занимает 20-е место среди 48 стран мира; по эффективности использования энергоресурсов на 2007 г. Республика Казахстан занимает 43-е место.

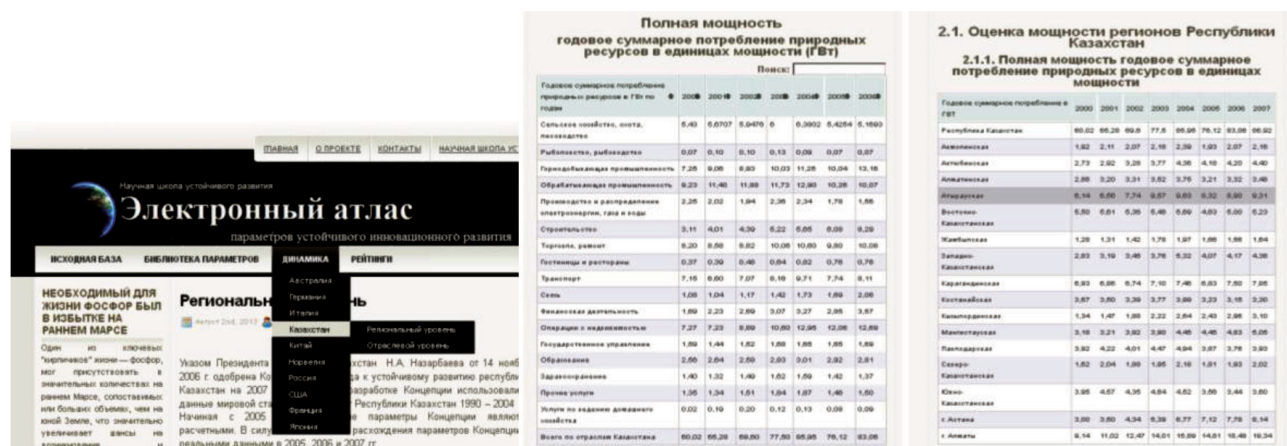


Рисунок 1 – Таблицы индикатора устойчивого развития Республики Казахстан (региональный и отраслевой уровни), <http://lt-gis.ru/>

В целях проектирования устойчивого инновационного в долгосрочной перспективе можно выделить три сценария, характеризующиеся определенными граничными условиями [6, 8, 17]:

Сценарий 1 – Индустриально-инновационное развитие;

Сценарий 2 – Устойчивое инновационное развитие;

Сценарий 3 – Устойчивое развитие.

Прогноз целевых показателей устойчивого развития для Республики Казахстан в соответствии с выделенными сценариями представлен на рисунках 2-4.

Проведенный анализ показал, что сценарий устойчивого развития Республики Казахстан до 2030 года является наиболее сбалансированным и эффективным для обеспечения условий перехода к устойчивому развитию и вхождения страны в число 50-ти стран-лидеров.



Рисунок 2 – Прогнозная модель индустриально-инновационного развития Казахстана до 2020 г.

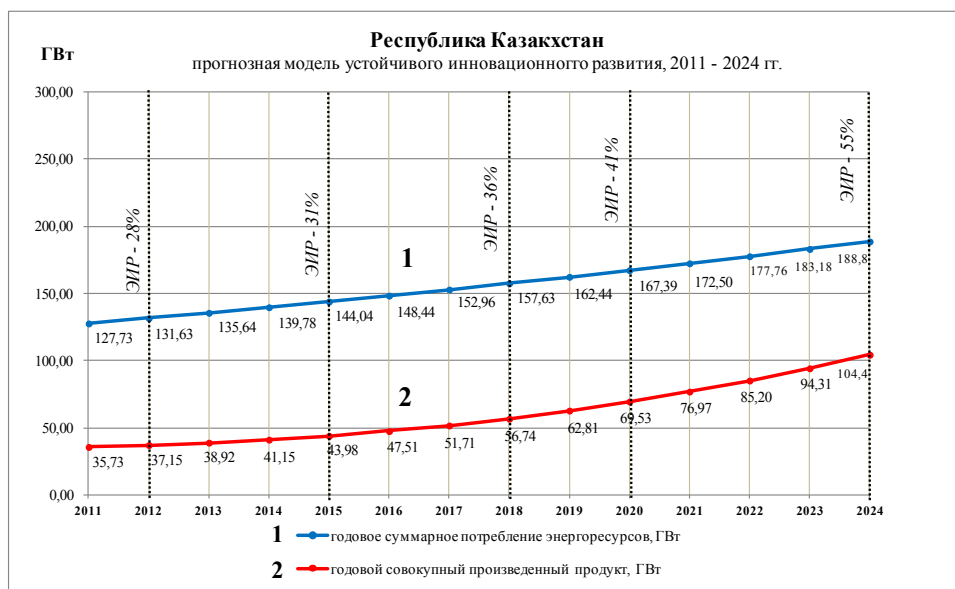


Рисунок 3 – Прогнозная модель устойчивого инновационного развития Казахстана до 2024 г.



Рисунок 4 – Прогнозная модель устойчивого развития Казахстана до 2030 г.

Литература

- 1 Байзаков С.Б. Вопросы и ответы: может ли энергия стать мерой валют // Экономика. Финансы. Исследования (ЭФИ). – Астана, 2010. – Вып. № 2(18). – С. 49–61.
- 2 Большаков Б.Е. Наука устойчивого развития. Книга I. Введение. – М.: РАЕН, 2011. – 256 с.
- 3 Большаков Б.Е., Кузнецов О.Л. Инженерия устойчивого развития. – М.: РАЕН, 2012. – 507 с.
- 4 Большаков Б.Е., Сальников В.Г. Проблема соизмерения безопасности и устойчивого развития на основе общих законов природы: идолы и идеалы // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. – Т. 8. – Вып. №1(14) (2012). – С. 20-66. URL: <http://rypravlenie.ru/>.
- 5 Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Устойчивое развитие: научные основы проектирования в системе «природа-общество-человек». – Санкт-Петербург: Гуманистика, 2002. – 616 с.
- 6 Слажнева Т.И., Брагин А.Г., Большаков Б.Е. и др. Показатели и индикаторы устойчивого развития РК. Навстречу Третьему Всемирному Саммиту по устойчивому развитию. – Астана: ЦОЗиЭП, 2011. – 294 с.
- 7 Kuznetsov O.L., Bolshakov B.E. Russian Cosmism, Global Crisis, Sustainable Development // Устойчивое развитие: наука и практика: вып. №1 (13). – [Электронный ресурс], URL: www.yrazvitie.ru/?p=1169, свободный. – 2013.
- 8 Kuznetsov O.L., Bolshakov B.E. Sustainable development: natural and scientific principles. – St. Petersburg – Moscow – Dubna, 2002 – 639 p.
- 9 Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Мониторинг и оценка новаций: формализация задач в проектировании регионального устойчивого инновационного развития. – Palmarium Academic Publishing (Германия), 2012. – 216 с.
- 10 Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Second edition. - United Nations, 2001. – 320 p.
- 11 Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third edition. – New York: United Nations, 2007. – 93 p.
- 12 Kuznetsov O.L., Bolshakov B.E. Sustainable development: natural and scientific principles. Summary. – Dubna, 2002 – 40 p.
- 13 Большаков Б.Е. Законы сохранения и изменения в биосфере – ноосфере. – М.: ВНИИСИ, 1990.
- 14 Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Научные основы проектирования в системе природа – общество – человек. Часть 1. Мировоззрение устойчивого развития. – М.: РАЕН, 2013. – 217 с.
- 15 Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Мониторинг и оценка новаций в проектировании регионального

устойчивого инновационного развития с использованием измеримых величин // Научно-технические ведомости. – СПбГПУ, 2011. – № 5. – С. 133–142.

16 Кирпичева Е.Ю., Шамаева Е.Ф. Применение геоинформационных технологий для визуализации индикаторов устойчивого развития // Геоинформатика. – М.: ВНИИГеосистем, 2012. – Вып. №1. – С. 29–35.

17 Сальников В.Г., Шамаева Е.Ф. Электронный атлас энергоэкологических показателей устойчивого развития стран Евразийского пространства // Устойчивое развитие: наука и практика. – 2012. – Вып. №1(8). – С. 20–49. URL: <http://yrazvitie.ru/?p=1046>.

References

1 Bajzakov S.B. Voprosy i otvety: mozhet li jenergiya stat' meroj valjut // Jekonomika. Finansy. Issledovanija (JeFI). – Astana, 2010. – Vyp. № 2(18). – S. 49–61.

2 Bol'shakov B.E. Nauka ustojchivogo razvitija. Kniga I. Vvedenie. – M.: RAEN, 2011. – 256 s.

3 Bol'shakov B.E., Kuznecov O.L. Inzhenerija ustojchivogo razvitija. – M.: RAEN, 2012. – 507 s.

4 Bol'shakov B.E., Sal'nikov V.G. Problema soizmerenija bezopasnosti i ustojchivogo razvitija na osnove obshhih zakonov prirody: idoly i idealy // Ustojchivoe innovacionnoe razvitie: proektirovanie i upravlenie: tom 8 vyp. №1(14) (2012), s. 20-66. URL: <http://rypravlenie.ru/>.

5 Kuznecov O.L., Bol'shakov B.E. Ustojchivoe razvitie: nauchnye osnovy proektirovanija v sisteme «priroda-obshhestvo-chelovek»: uchebnoe posobie. – Sankt-Peterburg: Gumanistika, 2002. – 616 s.

6 Slazhneva T.I., Bragin A.G., Bol'shakov B.E. i dr. Pokazateli i indikatory ustojchivogo razvitija RK. Navstrechu Tret'emu Vsemirnomu Sammitu po ustojchivomu razvitiu. – Astana: COZiJeP, 2011. – 294 s.

7 Kuznetsov O.L., Bolshakov B.E. Russian Cosmism, Global Crisis, Sustainable Development // Ustojchivoe razvitie: nauka i praktika: vyp. №1 (13). – [Elektronnyj resurs], URL: www.yrazvitie.ru/?p=1169, svobodnyj. – 2013.

8 Kuznetsov O.L., Bolshakov B.E. Sustainable development: natural and scientific principles. – St. Petersburg – Moscow – Dubna, 2002 – 639 p.

9 Bol'shakov B.E., Shamaeva E.F. Monitoring i ocenka novacij: formalizacija zadach v proektirovanii regional'nogo ustojchivogo innovacionnogo razvitija. – Palmarium Academic Publishing (Germanija), 2012. – 216 s.

10 Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Second edition. - United Nations, 2001. – 320 p.

11 Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third edition. – New York: United Nations, 2007. – 93 p.

12 Kuznetsov O.L., Bolshakov B.E. Sustainable development: natural and scientific principles. Summary. – Dubna, 2002 – 40 p.

13 Bol'shakov B.E. Zakony sohraneniya i izmeneniya v biosfere – noosfere. – M.: VNIISI, 1990.

14 Kuznecov O.L., Bol'shakov B.E. Nauchnye osnovy proektirovanija v sisteme priroda – obshhestvo – chelovek. Chast' 1. Mirovozzrenie ustojchivogo razvitija: uchebnoe posobie. – M.: RAEN, 2013. – 217 s.

15 Bol'shakov B.E., Shamaeva E.F. Monitoring i ocenka novacij v proektirovanii regional'nogo ustojchivogo innovacionnogo razvitija s ispol'zovaniem izmerimyh velichin // Nauchno-tehnicheskie vedomosti. – SPbGPU, 2011. – № 5. – S. 133–142.

16 Kirpicheva E.Ju., Shamaeva E.F. Primenenie geoinformacionnyh tehnologij dlja vizualizacii indikatorov ustojchivogo razvitija // Geoinformatika. – M.: VNIIGeosistem, 2012. – Vyp. №1. – S. 29–35.

17 Sal'nikov V.G., Shamaeva E.F. Jelektronnyj atlas jenergojekonomologicheskikh pokazatelej ustojchivogo razvitija stran Evrazijskogo prostranstva // Ustojchivoe razvitie: nauka i praktika. – 2012. – Vyp. №1(8). – S. 20–49. URL: <http://yrazvitie.ru/?p=1046>.