

Д.А. ЛОПАТКИН

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, lopatkind@yandex.ru

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА)

Рассматриваются основные методы оценки экологической стабильности территорий. Проведена инвентаризация и составлена база данных показателей экологической стабильности территории. Проведена оценка экологической стабильности территорий Байкальского региона с учетом состава земельного фонда и природных условий. На основе анализа коэффициентов экологической стабильности проведено ранжирование административных районов Байкальского региона по степени сбалансированности их территориальной структуры. Выделены группы административных районов Байкальского региона: с экологически несбалансированной территориальной структурой; с неустойчиво сбалансированной территориальной структурой и относительно сбалансированной территориальной структурой. На основе интегрального показателя устойчивости составлена карта. Экологическая стабильность территории определена на основе сравнения и анализа структуры, функциональных особенностей ландшафтов и видов землепользования с использованием слоев цифровых карт «Экологического атласа Байкальского региона».

Ключевые слова: Байкальский регион, экологическая стабильность территории, экологический каркас, геоинформационное картографирование.

D.A. LOPATKIN

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, lopatkind@yandex.ru

MAPPING OF THE ECOLOGICAL BALANCENESS OF A TERRITORY (A CASE STUDY OF THE BAIKAL REGION)

The main methods of assessing the ecological sustainability of territories are considered. An inventory is taken and the database of the indicators of ecological sustainability of the territory is generated. An assessment is made of the ecological sustainability of the territories of the Baikal region with due regard for the composition of land reserves and natural conditions. On the basis of analyzing the coefficients of ecological sustainability, the administrative districts of the Baikal region have been ranked according to the degree of balanceness of their territorial structure. Groups of administrative districts of the Baikal regions were identified: with the ecologically unbalanced territorial structure; with the unstably balanced territorial structure and with relatively balanced territorial structure. Using the integral indicator of sustainability, the map was compiled. The ecological sustainability of the territory is determined on the basis of comparing and analyzing the structure, functional characteristics of landscapes and types of land use by using layers of the digital maps of the “Ecological Atlas of the Baikal Region”.

Keywords: Baikal region, ecological stability of a territory, ecological frame, geoinformation mapping.

ВВЕДЕНИЕ

В сложившихся социально-экологических условиях наблюдается возрастающая трансформация природной среды, о чем свидетельствует разнообразие современных природно-антропогенных ландшафтов. Большое распространение среди них получили промышленные, агро- и лесопромышленные и селитебные геосистемы. Замещение природных (коренных) геосистем природно-антропогенными и техногенными системами влечет изменение структуры природных геосистем, природных связей между компонентами, снижение основных функций — обмена вещества и энергией и свойств — целостности и территориальности.

Экологическое равновесие территории как сбалансированное соотношение естественных и измененных геосистем (экологическая стабильность территории) зависит от целостности природного

каркаса. Озеро Байкал, гидрографическая сеть, природные горно-таежные геосистемы образуют природную инфраструктуру региона, которая неразрывно связана с социально-экономической инфраструктурой (социально-экономическим каркасом), состоящей из сети населенных пунктов и элементов транспортной инфраструктуры. Природные (естественные) геосистемы, составляющие природный каркас, также являются особым ресурсом экологической стабильности (равновесия).

Экологическая стабильность — это способность геосистемы сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних и внутренних факторов. Степень нарушенности природных геосистем сказывается на качестве жизни и деятельности населения. Исследование стабильности территориальной структуры, конструктивное использование разных способов и методик имеет актуальное значение для решения проблемы рационального природопользования.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Для исследования нами выбран Байкальский регион (БР), который обладает признаками природно-территориальной и социально-культурной целостности [1]. Рассматриваемая территория охватывает субъекты Российской Федерации — Иркутскую область, Республику Бурятия и Забайкальский край. Два последних до недавнего времени относились к Сибирскому федеральному округу, сейчас по решению Правительства РФ входят в состав Дальневосточного федерального округа для улучшения экономического положения данных субъектов и в связи с наличием административной инициативы, которая учитывает особенности экономического развития регионов и меняющиеся институциональные условия, а также аспекты внешней и внутренней политики страны [2].

В планетарном аспекте все многообразие геосистем региона относится к двум субконтинентам — Северной и Центральной Азии, которые представлены тундровым, таежным и степным типами природной среды, характеризующейся высоким уровнем биологического разнообразия и повышенной чувствительностью к внешним воздействиям. Земельный фонд региона представлен практически всеми категориями земельных угодий и видами использования земель умеренного климатического пояса. Однако строение его в разных частях БР неодинаково. В общей структуре угодий преобладают лесные, сельскохозяйственные, водно-болотные, которые размещаются в соответствии с горно-котловинным рельефом. По целевому назначению земельный фонд БР подразделяется на следующие основные категории: земли сельскохозяйственного назначения; земли населенных пунктов; земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения; земли особо охраняемых территорий и объектов; земли лесного фонда; земли водного фонда; земли запаса. Земельный фонд также распределяется по формам собственности и видам права на землю, а также по использованию для сельскохозяйственного производства и иных нужд в соответствии с Земельным законодательством Российской Федерации.

Для анализа устойчивости природно-антропогенных систем на основе атласных информационных систем (АИС) применяют экспертные и интегральные системы оценки. Методология качественной и полуквантитативной оценки устойчивости сложных систем представлена в АИС «Окружающая среда и здоровье населения России» [3]. В атласе рассмотрены критерии качественной оценки баланса и дисбаланса между разнообразием и однообразием в системе «природа—общество». Суть полуквантитативной оценки явления заключается в приближенном выражении на основе статистических данных и экспертных оценок. Из множества выполняемых работ для Сибирского макрорегиона можно выделить методику коллектива авторов [4] Института географии СО РАН (Иркутск). На основе экспертной балльной методики проведена интегральная оценка устойчивости на уровне природно-хозяйственных районов, выделяемых на ландшафтной основе. Приоритет в области исследований на основе системы количественных оценок принадлежит словацким ученым из Технического университета (г. Братислава) И. Рыбарски и Э. Гайссе, согласно которым экологическая стабильность территории зависит от соотношения состава и структуры земельных угодий, условий и режима их использования [5]. Для геоэкологических исследований России [6] Б.И. Кочуровым на основе анализа структуры землепользований, с учетом потенциальных и реальных возможностей природы, была разработана концепция эколого-хозяйственного баланса земель. В сфере землеустройства, экономики землепользования и земельного кадастра схожую методику применял С.Н. Волков [7]. Исследователями ведется работа по усовершенствованию методики путем применения корректирующих данных для расчета показателей коэффициентов устойчивости и стабильности. В Институте природообустрой-

ства (Москва) В.Б. Каревым и Н.Т. Кавешниковым разработана методика расчета экологической устойчивости региональной территории [8]. В Институте водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул) И.В. Орловой [9] проведена работа по усовершенствованию предложенных словацкими учеными экологических коэффициентов стабильности и экологического влияния земельных угодий в различных природно-климатических зонах с учетом допустимых параметров антропогенного влияния на природные системы. Для оценки экологической стабильности землепользований административных районов Байкальской природной территории в Институте географии СО РАН Л.Л. Калеп [10] адаптировала методику применительно к геоморфологически нестабильным территориям с горно-котловинным рельефом, учитывая эрозионно-дефляционные процессы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве базовых картографических материалов использовались слои электронных карт [1]. Составлена база пространственных и непространственных данных по основным показателям экологической стабильности территории. Атрибутивные данные представлены в виде набора таблиц MapInfo, с которыми легко производить операции реструктуризации (изменение структуры и состава таблиц) данных и SQL-запросы (язык структурированных запросов к системам управления базами данных) (рис. 1).

Пространственные данные представлены в виде векторной топологической модели данных. Для картографического отображения выбран способ фоновой картограммы, используемый для относительных явлений.

Для оценки степени сбалансированности территориальной структуры природопользования БР нами использован интегральный показатель — коэффициент экологической стабильности территории ($K_{ЭС}$), который позволяет учитывать как положительное, так и отрицательное влияние отдельных элементов на устойчивость и процесс стабилизации или дестабилизации территории:

$$K_{ЭС} = \frac{\sum S_i \cdot K_{ЭЗ} \cdot K_{РП}}{S_0}, \quad (1)$$

где S_i — площадь земельных угодий i -го вида; $K_{ЭЗ}$ — коэффициент экологической значимости земельного угодья; $K_{РП}$ — коэффициент риска природопользования; S_0 — общая площадь исследуемой территории. $K_{ЭЗ}$ рассчитан по таблице коэффициентов относительной экологической значимости угодий, приведенной в работе И.В. Орловой [9].

Рассмотренная в исследовании методика изначально применялась к аграрно развитым равнинным и геоморфологически стабильным степным и лесостепным регионам, поэтому в условиях горно-котловинного рельефа, развития опасных природных процессов (криогенных процессов, эрозии, дефляции, засоления и др.) для нивелирования значений $K_{ЭС}$ в различных природных зонах мы дополнили расчеты показателя понижающим коэффициентом риска природопользования $K_{РП}$, определенным С.Б. Кузьминым [11] для Сибирского федерального округа (СФО). $K_{РП}$ указан как средний по СФО. Для Иркутской области коэффициент риска составляет 0,25, для Республики Бурятия — 0,26, для Забайкальского края — 0,22.

Для оптимизации используемых коэффициентов экологической стабильности территории районы административно-территориального деления соотносились с условиями различных природных зон

Природная зона	Административный район	Площадь, га	Кэс	Крп	Леса	Сенокосы	Пастбища	Пашня	Водоёмы и водотоки	Лесные земли, га	Сельхозугодья, га
сухостепная	Селенгинский	826 949	0,0402342	0,26	0	0,66	0,67	0,11	0,65	461 413	234 863
горно-таежная	Тунгооченский	5 144 883	0,164356	0,22	0,8	0,58	0,59	0,11	0	4 661 603	233 257
лесостепная	Нерчинский	543 526	0,154446	0,22	0,84	0,78	0,79	0,13	0,45	279 628	231 935
горно-степная	Мухоршибирский	453 900	0,134941	0,26	0,65	0,32	0,85	0,05	0	197 803	231 340
лесостепная	Читинский	1 570 754	0,159618	0,22	0,84	0,78	0,79	0,13	0,45	1 222 704	213 587
горно-степная	Кяхтинский	466 325	0,136419	0,26	0,65	0,32	0,85	0,05	0	203 955	199 082
лесостепная	Акинский	743 483	0,148425	0,22	0,84	0,78	0,79	0,13	0,45	430 840	197 406
лесостепная	Куйтунский	1 114 676	0,169904	0,25	0,84	0,78	0,79	0,13	0,45	841 731	193 203
горно-степная	Калганский	323 259	0,135315	0,22	0,65	0,32	0,85	0,05	0	106 248	191 124
степная	Эхирит-Булагатский	515 318	0,205982	0,25	1	0,93	0,94	0,15	0,55	306 321	181 340
лесостепная	Улетовский	1 616 666	0,175241	0,22	0,84	0,78	0,79	0,13	0,45	1 390 854	181 043
таёжная	Качугский	3 140 884	0,183871	0,25	0,48	0,58	0,59	0,11	0	2 820 200	175 032

Рис. 1. Фрагмент атрибутивных данных по экологической значимости земельных угодий в границах административных районов.

(таежными, лесостепными и степными) посредством схем природно-хозяйственного и отраслевого районирования. Карты природно-хозяйственного районирования отражают природные условия и ресурсы, особенности природопользования, а административные районы обеспечены формализованными статистическими данными, что позволяет использовать алгоритмы для обработки атрибутивных данных при геоинформационном картографировании экологической стабильности территорий БР.

Административные районы БР ранжированы по степени экологической стабильности. Выделены территории: с относительной экологической сбалансированностью — $K_{ЭС} > 0,15$ (преобладание в структуре природопользования территорий со средостабилизирующими функциями); неустойчиво сбалансированные — $K_{ЭС} = 0,1-0,15$ (низкое значение соотношения земель с естественным состоянием природной среды и антропогенно преобразованных); экологически не сбалансированные —

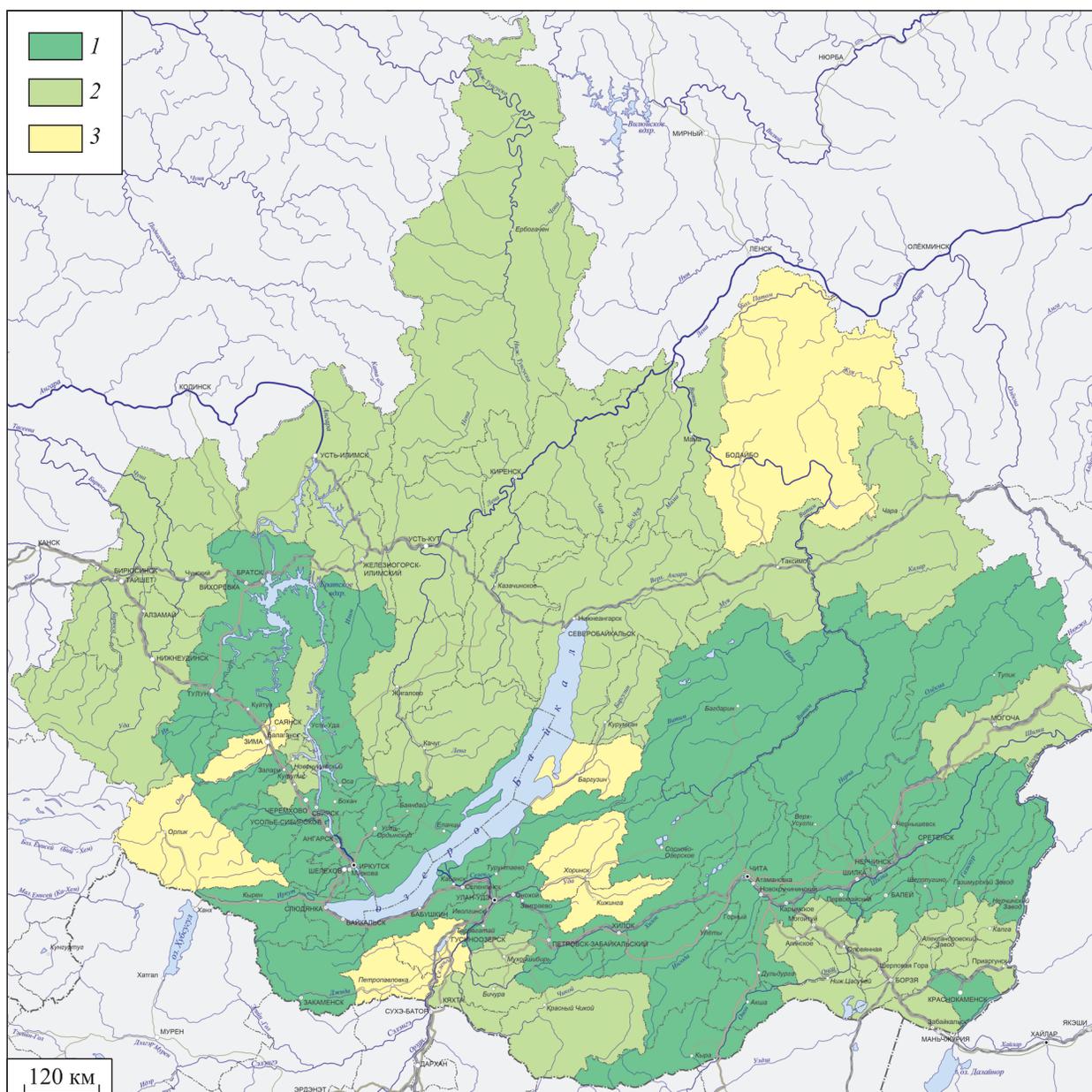


Рис. 2. Экологическая стабильность территорий Байкальского региона.

Территории: 1 — относительно сбалансированные, 2 — неустойчиво сбалансированные, 3 — экологически не сбалансированные.

$K_{эс} < 0,1$ (площадь земель, сильно преобразованных хозяйственной деятельностью, преобладает над площадью участков, выполняющих средостабилизирующие функции). На основе интегрального показателя экологической стабильности составлена карта «Экологическая стабильность территории Байкальского региона» м-ба 1:6 000 000 (рис. 2).

Изучаемая территория неоднородна по степени экологической стабильности. Значительную ее часть занимает группа районов с относительной экологической сбалансированностью, с преобладанием в структуре природопользования лесных земель, земель сельскохозяйственного назначения с повышенной долей лугово-степных естественно-кормовых угодий, многолетних насаждений, земель под лесными насаждениями и древесно-кустарниковой растительностью, не входящих в лесной фонд. Относительно высокий коэффициент экологической стабильности территорий присвоен районам Верхнего Приангарья Иркутской области, центральной и южной частям Республики Бурятия и северным и северо-восточным районам Забайкальского края (на карте выделенные районы прилегают к Транссибирской железнодорожной магистрали (см. рис. 2)). Это также объясняется большей экологической значимостью земель, характерных для таежных, лесостепных, степных и горно-степных ландшафтов (см. рис. 1). Экологической неустойчивостью природно-хозяйственной структуры отличаются районы в северо-западной, северной частях Иркутской области и верхнеленские районы, а также южные и юго-восточные районы Республики Бурятия и Забайкальского края. Для этих территорий характерны относительно невысокое значение коэффициента экологической стабильности и относительно низкая экологическая значимость земельных угодий, типичных для среднетаежных и сухостепных ландшафтов.

К экологически не сбалансированным территориям, согласно использованной в работе методике, относятся территории с преобладанием в структуре землепользования лесных площадей, не покрытых лесом, территорий с высоким уровнем распаханности сельскохозяйственных земель, значительной долей прочих земель (горные пустоши, песчаные массивы, каменистые россыпи и др.) и территорий, подверженных различным видам антропогенной деятельности.

Картографический анализ выявил определенную зависимость в структуре природопользования региона от состава и пространственного соотношения земель. На региональные различия по степени экологической стабильности территорий влияют природная зональность, преобладание горных ландшафтов, фоновый или очаговый характер промышленного и селитебного освоения территории. Результаты расчета с учетом использования понижающего коэффициента ($K_{рп}$) оказались сопоставимы с результатами ранее проводимых исследований для Байкальской природной территории [10] и Забайкальского края [12]. Байкальский регион в целом остается регионом со сложной экологической и социально-экономической обстановкой, что подтверждается исследованиями многих ученых. А.Б. Иметхенов [13] указывал на необходимость структурной перестройки всего комплекса промышленных и сельскохозяйственных объектов. Существующая структура земельных угодий не соответствует экологически устойчивому природопользованию. Экономическая (ресурсная) составляющая в развитии региона преобладает над экологической (природоохранной) составляющей и определяет проблемы развития сельских территорий, землепользования и загрязненность окружающей среды [14]. Минерально-сырьевой профиль региона в экономике России обусловлен экономико-географическим положением, выборочным неравномерным и исторически кратким характером освоения (около 300 лет), что предопределило развитие мощного горнодобывающего и лесопромышленного комплекса, сельскохозяйственного, селитебного природопользования и энергетики — главных факторов интенсивных нарушений природной среды [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих методик выявил проблемы, которые заключаются в сложности объекта изучения, недостатке и неполноте статистических данных, большом разнообразии параметров и критериев оценки устойчивости природных, природно-антропогенных и техногенных систем. На данном этапе развития научных знаний становится очевидной необходимость применения новых методов и подходов к оценке экологической стабильности территорий.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А17-117041910167-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Экологический** атлас Байкальского региона. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2017 [Электронный ресурс]. — <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения 23.09.2020).
2. **Калихман Т.П.** Тенденции развития системы особо охраняемых природных территорий Сибири // География и природ. ресурсы. — 2017. — № 2. — С. 17–26.
3. **Окружающая** среда и здоровье населения России: Web-Атлас. [Электронный ресурс]. — <http://www.sci.aha.ru/ATL/ga00.htm> (дата обращения 23.09.2020).
4. **Абалаков А.Д., Кузьмин С.Б., Базарова Н.Б., Новикова Л.С.** Природно-хозяйственное районирование Сибири // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2013. — Т. 6, № 2. — С. 17–34.
5. **Рыбарски И., Гайссе Э.** Влияние состава угодий на экологическую стабильность территории // Землеустроительные работы в специфических условиях: Сб. науч. трудов / Пер. со словац. — Татранска-Ломница, 1981. — С. 19–26.
6. **Кочуров Б.И.** Экодиагностика и сбалансированное развитие. — М.; Смоленск, 2003. — 384 с.
7. **Волков С.Н.** Землеустройство. Т. 2: Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство: Учеб. пособие. — М.: Колос, 2001. — 648 с.
8. **Карев В.Б., Кавешников Н.Т.** Экологическая устойчивость региональной территории // Материалы Межд. науч.-практ. конф. «Роль обустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК». — М.: Изд-во Моск. гос. ун-та природообустройства, 2007. — Ч. 2. — С. 69–73.
9. **Орлова И.В.** Оценка уровня экологической сбалансированности структуры земельных угодий аграрно развитых регионов Западной Сибири // Изв. Самар. науч. центра РАН. — 2013. — Т. 15, № 3 (3). — С. 1003–1007.
10. **Калеп Л.Л.** К проблеме экологизации аграрного землепользования Байкальской природной территории // География и природ. ресурсы. — 2003. — № 2. — С. 41–46.
11. **Кузьмин С.Б., Лопаткин Д.А.** Картографирование риска природопользования в субъектах Российской Федерации // Геодезия и картография. — 2020. — Т. 81, № 9. — С. 14–29.
12. **Помазкова Н.В., Фалейчик Л.М.** Оценка эколого-хозяйственного баланса территории Забайкальского края // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. География. Геоэкология. — 2018. — № 2. — С. 5–15.
13. **Иметхенов А.Б.** Природа переходной зоны на примере Байкальского региона. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. — 231 с.
14. **Тулохонов А.К., Болданов Т.А., Дагбаева С.Д.-Н.** О критериях, условиях и рисках в оценке эффективности экономики и политики аграрного природопользования в России // Вестн. Бурят. ун-та. Сер. Экономика и менеджмент. — 2019. — № 3. — С. 62–69.
15. **Минерально-сырьевой** сектор Азиатской России: как обеспечить социально-экономическую отдачу / Под ред. В.В. Кулешова. — Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2015. — 352 с.

Поступила в редакцию 27.09.2020

После доработки 13.10.2020

Принята к публикации 20.10.2020