

УДК 528.94: 502.2: 504.03

DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-297-311

Д.А. Лопаткин<sup>1</sup>

## КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА ПО ОТДЕЛЬНЫМ КАТЕГОРИЯМ ЗЕМЕЛЬ

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются основные методы оценки экологической сбалансированности территорий Байкальского региона посредством системы количественных оценок и экспертных характеристик исследуемых процессов на основе статистических данных. Экологическое равновесие Байкальской природной территории как сбалансированное соотношение естественных и измененных геосистем находится в зависимости от целостности природного каркаса региона. Природный каркас состоит непосредственно из экосистемы оз. Байкал, гидрографической сети бассейна озера, природных горно-таежных и других экологически значимых геосистем, образующих природную инфраструктуру региона, неразрывно связанную с социально-экономической инфраструктурой (социально-экономическим каркасом), состоящей из сети населенных пунктов и элементов инфраструктуры. Природные (естественные) геосистемы, составляющие природный каркас, также являются особым ресурсом экологической стабильности (равновесия). В качестве базовых картографических материалов использовались слои электронных карт «Экологического атласа Байкальского региона». Проведена инвентаризация и составлена база пространственных и непространственных данных по основным показателям экологической стабильности территории (естественная защищенность, напряженность территории и антропогенная нагрузка). Атрибутивные данные представлены в виде набора таблиц MapInfo, с которыми легко производить операции переструктуризации (изменение структуры и состава таблиц) данных и SQL – запросы. Пространственные данные представлены в виде векторной топологической модели данных. Для исследования экологического состояния земель региона выполнен геоинформационный анализ данных земельного кадастра, отражающий современное состояние промышленного, лесо- и сельскохозяйственного и другого воздействия на природные и природно-антропогенные геосистемы. Проведена типизация земель Байкальского региона, характеризующихся различной степенью антропогенной нагрузки. Рассчитаны коэффициенты относительной и абсолютной напряженности территории. Определен коэффициент естественной защищенности земель и коэффициент антропогенной нагрузки. Административные районы ранжированы по степени напряженности экологического состояния земель Байкальского региона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** геоинформационное картографирование, региональный экологический каркас, экологическая сбалансированность территории, земельные ресурсы.

---

<sup>1</sup> Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, д. 1, 664033, Иркутск, Россия;  
e-mail: lopatkind@yandex.ru

**Dmitriy A. Lopatkin<sup>1</sup>**

## **MAPPING A ECOLOGICAL BALANCE OF THE BAIKAL REGION BY INDIVIDUAL LAND CATEGORIES**

### **ABSTRACT**

The article discusses the main methods of assessing the ecological balance of the territories of the Baikal region through a system of quantitative estimates and expert characteristics of the studied processes on the basis of statistical data. The ecological balance of the Baikal Natural Territory as a balanced ratio of natural and modified geo-systems depends on the integrity of the natural frame of the region. The natural framework consists directly of the oz ecosystem. Baikal, the hydrographic network of the lake basin, the natural mountain-taiga and other ecologically significant geosystems that form the natural infrastructure of the region, inextricably linked to the socio-economic infrastructure (socio-economic framework) consisting of a network of human settlements and infrastructure. Natural geosystems, which form the natural framework, are also a special resource for ecological stability (balanced). The electronic map layers of the «Environmental Atlas of the Baikal Region» were used as basic cartographic materials. An inventory was carried out and a database of spatial and non-spatial data on the main indicators of the ecological stability of the territory (natural security, territorial tension and anthropogenic load) was compiled. Attribute data is represented in the form of a set of MapInfo tables with which it is easy to carry out re-structuring operations (changing the structure and composition of tables) data and SQL – queries. Spatial data are presented as a vector topological data model. For the study of the ecological condition of the land of the region, the analysis of land cadastre data reflecting the current state of industrial, forestry, agriculture and other impacts on natural and natural anthropogenic geosystems was carried out. The land of the Baikal region, which is subject to varying degrees of anthropogenic pressure, has been classified. The relative and absolute intensity ratios of the territory have been calculated. The natural land protection factor and the anthropogenic load factor have been determined. The administrative regions are ranked according to the intensity of the ecological state of the lands of the Baikal region.

**KEYWORDS:** geoinformation mapping, regional ecological framework, ecological balance of the territory, land inventories

### **ВВЕДЕНИЕ**

В условиях возрастающей трансформации природной среды, современные системы природопользования – это преобразованные природно-антропогенные и техногенные ландшафты. Среди них широко распространены промышленные, лесо- и агропромышленные и селитебные геосистемы. Замена природных (коренных) геосистем природно-антропогенными и техногенными геосистемами приводит к изменению структуры природных геосистем, природных связей между компонентами, снижению основных функций – обмена вещества и энергией и свойств – целостности и территориальности. Исследование стабильности территориальной структуры, конструктивное использование разных способов и методик является актуальной задачей для решения проблемы рационального природопользования. На протяжении многих лет (более 100) в практике ландшафтных исследований, землеустройства и проектирования прилагаются усилия для формирования оптимальной структуры природопользования. Под экологической оптимизацией территории следует понимать закономерную совокупность мероприятий, направленных на нахождение

---

<sup>1</sup> V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Ulan-Batorskaya str., 1, 664033, Irkutsk, Russia;  
*e-mail:* [lopatkind@yandex.ru](mailto:lopatkind@yandex.ru)

ние оптимального варианта природопользования на определенном территориальном уровне. Социально-экономическое значение ландшафтного разнообразия обусловлено современным состоянием, степенью и видом использования в экономике, общими экологическими функциями, а также устойчивостью перед природными изменениями и деятельностью человека [Михеев, 2001]. Данные процессы усугубляются растущей социальной напряженностью, ослаблением контроля со стороны властей, потребительским отношением к природе, отсутствием средств на охрану окружающей среды из-за экономического кризиса в странах. Все это требует совершенствования структуры природопользования, создания эффективной организации территории<sup>1</sup>.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Решению проблемы устойчивости природно-антропогенных систем посвящено множество научных работ в России и за рубежом. Исследованиям, проводимым с применением методики расчета экологической устойчивости и стабильности территории на основе системы количественных оценок и характеристик изучаемых процессов, уделяется внимание специалистами различных отраслей знаний географических и смежных наук – землеустройства, геоэкологии, защиты окружающей среды, природообустройства, территориального планирования и экономики землепользования. В 1980-е годы широкое распространение получила методика оценки экологической стабильности ландшафта словацких ученых из Технического университета (г. Братислава) И. Рыбарски и Э. Гайссе [1981], согласно которым экологическая стабильность территории зависит от соотношения состава и структуры земельных угодий, условий и режима их использования. Для геоэкологических исследований России Б.И. Кочуровым [2003] 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 [2001]. В работах А.А. Тишкова [2018] с позиции биогеографии, в качестве индикаторов диагностики экосистем применяются данные о биомассе живого вещества как потенциала самоорганизации биосферы. Коллектив авторов Воронежской школы антропогенного ландшафтоведения, в качестве индикаторов диагностики и оценки устойчивости геосистем применяет параметры почвенного органогенного горизонта [Попова, Михно, 2012]. Применяется также биотехнический способ измерения состояния территории по площади растительного покрова. Расчет значения активности растительного покрова ведется по данным земельного кадастра [Мазуркин, 2020].

**АИС и ГИС.** Экспертные и интегральные системы оценки для анализа устойчивости природно-антропогенных систем нашли свое применение в атласных информационных системах (АИС). Одной из первых атласных информационных систем России, где методология качественной и полуколичественной оценки устойчивости сложных систем реализована на системе аналитического картографирования DataGraf, является Web-Атлас «Окружающая среда и здоровье населения России»<sup>2</sup>. В атласе рассмотрены критерии качественной оценки баланса и дисбаланса между разнообразием и

<sup>1</sup> Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102028490&backlink=1&&nd=102430636> (дата обращения: 12.04.2021).

<sup>2</sup> Окружающая среда и здоровье населения России: Web-Атлас. [Электронный ресурс]. — <http://www.sci.aha.ru/ATL/ra00.htm> (дата обращения 12.04.2021).

однообразием в системе «природа – общество». Суть полуколичественной оценки явления заключается в приближенном выражении на основе статистических данных и экспертных оценок. С позиций актуальной биогеографии авторским коллективом ряда Институтов РАН (Москва) проведен ГИС-анализ данных дистанционного зондирования для оценки состояния природного каркаса в пределах каждого биома по сочетанию потерь площади и фитомассы природных экосистем Великого Евразийского природного массива. В качестве единиц картографирования рассматриваются биомы или их целостные части, за исключением промышленных, селитебных территорий и других трансформированных ландшафтов [Соболев и др., 2020]. Из множества выполняемых работ для Сибирского макрорегиона, можно выделить ГИС-разработку коллектива Института географии СО РАН (Иркутск) на основе геосистемной концепции академика В.Б. Сочавы [Плюснин и др., 2015]. Категории экологической стабильности геосистем, отражающие способность восстанавливать свою нарушенную структуру после внешнего воздействия, были установлены на основе структурно-функционального анализа соотношения характеристик в системе «область – геом» для набора геомеров в каждой из ландшафтных областей Байкальского региона. Природные структуры региона сгруппированы в категории уязвимости геосистем. По показателям устойчивости ландшафта к антропогенным ситуациям Т.И. Кузнецовой с соавторами составлена серия геоэкологических карт, которые явились базовыми для Web-атласа «Экологический атлас Байкальского региона»<sup>1</sup>.

**Объект исследования и методика картографирования.** Байкальский регион (БР) как объект исследования обладает признаками природно-территориальной и социально-культурной целостности<sup>2</sup>. Рассматриваемая территория охватывает субъекты Российской Федерации – Иркутскую область, Республику Бурятия и Забайкальский край. Два последних до недавнего времени относились к Сибирскому федеральному округу, сейчас входят в состав Дальневосточного федерального округа. Природный фон региона составляют зональные и азональные ландшафты суши и аквальные геосистемы оз. Байкал. В планетарном аспекте все многообразие геосистем региона относится к двум субконтинентам: Северной и Центральной Азии, которые представлены тундровым, таежным и степным типом природной среды, характеризующейся высоким уровнем биологического разнообразия и повышенной чувствительностью к внешним воздействиям.

В качестве научно-методической основы картографирования экологической сбалансированности Байкальского региона использован общетеоретический подход и совокупность территориальной организации природных и антропогенных геосистем бассейна Байкала и систем административно-территориального деления на основе статистических данных. В рамках исследования на макро- мезо- микрорегиональном уровне используется административный подход к управлению природными, в частности земельными ресурсами, и административно-территориальные единицы различного уровня, рассматриваемые как объект изучения экологической сбалансированности региона, обеспечиваются формализованными статистическими данными, что позволяет использовать алгоритмы обработки атрибутивных данных при геоинформационном картографировании экологического баланса БР. Анализируются данные земельного кадастра о распределении земельного фонда Байкальского региона по отдельным категориям земель. Для оценки степени сбалансированности территориальной структуры (отдельных категорий земель) БР проведена:

- 1) Типизация и распределение земель по степени антропогенного воздействия;

<sup>1</sup> Экологический атлас Байкальского региона. Иркутск: Изд-во ин-та географии СО РАН, 2017 [Электронный ресурс]. <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения 12.04.2021).

- 2) Оценка обеспеченности БР элементами экологического каркаса (ЭК) на макро- мезо- и микрорегиональном уровнях;
- 3) Показатели экологической сбалансированности по Кочурову [2003] – естественная защищенность (КЕЗ), напряженность территории (КА, КО) и антропогенная нагрузка (КАН), адаптированы к существующей системе земельного кадастра БР на уровне административных районов.

**Распределение земель БР по категориям и видам угодий.** Земельный фонд региона представлен практически всеми категориями земельных угодий и видами использования земель умеренного климатического пояса. Однако его расположение в разных частях БР неравномерно. В общей структуре угодий преобладают сельскохозяйственные и несельскохозяйственные лесные, водно-болотные, прочие земли, которые размещаются в соответствии с горно-котловинным строением территории. Несмотря на большую общую площадь сельскохозяйственных земель в Республике Бурятия и Забайкальском крае по сравнению с Иркутской областью, доля сельскохозяйственных угодий в общей площади земель сельскохозяйственного назначения в Иркутской области составляет 80–90 %, а в Республике Бурятия и Забайкалье – от 70 до 80 %. Общая доля неиспользуемых земель от общей площади земель сельскохозяйственного назначения по Сибирскому и Дальневосточному федеральному округу составляет 5–10 %. В целом, по России этот показатель находится в пределах 11,8 % (по данным Росреестра по состоянию на 1 января 2020)<sup>1</sup>. По целевому назначению земельный фонд БР подразделяется на следующие основные категории земельного кадастра, представленные в таблице 1. Земельный фонд также распределяется по формам собственности и видам права на землю<sup>2</sup>.

*Табл. 1. Структура земельного фонда Байкальского региона по категориям земель на 1 января 2020 (по данным Росреестра), тыс. га*

*Table 1. Structure of the land fund of the Baikal region by land category as of 1 January 2020 (according to Rosregister), thousand. Ha*

Субъекты РФ	Всего категории земель	Категории земельного фонда						
		ЗСХН <sup>1</sup>	ЗНП <sup>2</sup>	ЗПиИН <sup>3</sup>	ЗООТ <sup>4</sup>	ЗЛФ <sup>5</sup>	ЗВФ <sup>6</sup>	ЗЗ <sup>7</sup>
Иркутская область	77686,7	2875,6	412,7	579,6	1552,4	69328,8	2241,5	494
Республика Бурятия	35133,4	2761,1	157,6	497,4	2093,7	26906,9	2124,2	592,5
Забайкальский край	43189,2	7985,8	235,3	1328,1	401,4	31936,5	121,8	1180,8

*Примечание: 1 – земли сельскохозяйственного назначения; 2 – земли населенных пунктов; 3 – земли промышленности и иного назначения; 4 – земли особо охраняемых территорий; 5 – земли лесного фонда; 6 – земли водного фонда; 7 – земли запаса.*

**Обеспеченность БР элементами ЭК.** Учитывая, что на нормативно-правовой основе выделены только ядерные элементы (заповедники, национальные

<sup>1</sup> Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году [Электронный ресурс]. <https://www.mcxac.ru/upload/iblock/287/2877460f9167db668b75d4a5df2d4a13.pdf> (дата обращения: 12.04.2021).

<sup>2</sup> Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году [Электронный ресурс]. <https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Госдоклад за 2019 год.pdf> (дата обращения: 12.04.2021).



парки, заповедники и т.д.), обеспеченность БР рассчитывалась только этими элементами. На федеральном уровне доля ядерных элементов ЭК от общей площади территории Российской Федерации составляет 2,7 %, количество особо охраняемых природных территорий различных уровней и категорий составляет около 13 тыс.<sup>1</sup> На уровне субъектов Российской Федерации доля ядерных элементов (заповедники и национальные парки федерального значения) составляет 5–10 % в Республике Бурятия, в Иркутской области доля этих элементов изменяется до 1–3 %, наименее обеспечена экологическими ядрами территория Забайкальского края менее 1 % [Особо охраняемые..., 2007]. В границах водосборного бассейна оз. Байкал, выделены зоны по обеспеченности элементами ЭК. Первая зона обеспечена на 25,5 % ядерными элементами ЭК в границах Центральной экологической зоны Байкальской природной территории (БПТ). Более 70 % территории этой зоны отнесены к объекту Всемирного природного наследия, зона отличается качественным разнообразием структурных элементов, которые выделены на законодательной основе (заповедники, национальные парки, заказники, водоохранная зона оз. Байкал). Вторая зона менее – 7 % включает российскую часть бассейн оз. Байкал за исключением первой зоны. Для нее характерно относительно равномерное распределение ядерных и линейных элементов (экологических коридоров) ЭК за счет водоохраных зон вдоль рек. Третья зона более – 10 % включает ЭК в монгольской части бассейна Байкала. Характерные особенности зоны определяются наличием крупных ядерных элементов по периферии и их отсутствием в центральной части зоны [Лопаткин, 2019].

**Типизация земель.** Для целей оценки экологической стабильности БР условно, всю структуру земельного кадастра можно подразделить на типы территорий: неурбанизированные территории (природные и природно-антропогенные объекты), урбанизированные территории (совокупность природно-антропогенных и техногенных объектов) и неиспользуемые территории неопределенного статуса (земли запаса). Категории земельного кадастра и типы территорий располагаются в таблице по степени увеличения антропогенного воздействия на природную среду (табл. 2).

*Табл. 2. Система оценки степени антропогенной нагрузки отдельных категорий земель и типы территорий Байкальского региона*

*Table 2. System for estimating anthropogenic pressure of selected land categories and types of territories of the Baikal region*

Типы территорий	Категорий земель, соответствующие степени антропогенной нагрузки и баллу оценки, P <sub>i</sub>	Степень антропогенной нагрузки	Баллы оценки, B <sub>i</sub>
Неурбанизированные	Особо охраняемых территорий и объектов (P1)	Очень низкая	1
	Водного фонда (P2)	Низкая	2
	Лесного фонда (P3)	Средняя	3
	Сельскохозяйственного назначения (P4)	Значительная	4
Неиспользуемые территории	Земли запаса (P5)	Высокая	5
Урбанизированные	Земли промышленности, транспорта и иного назначения; Земли населенных пунктов (P6)	Очень высокая	6

<sup>1</sup> Стратегия Развития системы особо охраняемых природных территорий Российской Федерации на период до 2030 года) [Электронный ресурс]. <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=65776#03353058383212144> (дата обращения: 12.04.2021).

Наибольшую антропогенную нагрузку – 6 баллов по данной методике испытывают **урбанизированные территории** – участки суши, занятые поселениями городского типа и связанные с ними производственными, транспортными и инженерными сооружениями по Н.Ф. Реймерсу [1990]. К этому типу отнесены категории земельного фонда – земли населенных пунктов; земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения, испытывающие наибольшую антропогенную нагрузку.

**Неиспользуемые территории** (земли запаса) высокая степень нагрузки – 5 баллов характеризуются как особый тип территорий неопределенного статуса, которые из-за непригодности для сельскохозяйственной обработки, или строительства не используются промышленными лесо- и сельскохозяйственными предприятиями и частными собственниками. К землям запаса относятся неосвоенные территории утратившие полезные свойства, подверженные радиоактивному и химическому загрязнению, технологическим и природные катаклизмам и низким температурам. Использование земель запаса возможно после перевода их в другую категорию и особых случаев предусмотренных законодательством РФ<sup>1</sup>.

Под **неурбанизированными территориями** понимают все пространство вне промышленной и селитебной зоны, которым придаются особые экологические средообразующие и средорегулирующие функции. К этой группе земель относятся оставшиеся категории земельного кадастра: *Земли сельскохозяйственного назначения* оценка степени нагрузки – 4 балла. Согласно Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года<sup>2</sup> Республика Бурятия и Забайкальский край относятся к регионам с неблагоприятными социальными условиями развития сельской местности и обширными зонами социально-экономической депрессии. Иркутская область – к регионам со слабой очаговой освоенностью сельской местности и неблагоприятными природно-климатическими условиями ее развития с преобладанием добывающей и лесной промышленности. В связи с этим выполнение основных экологических функций – природоохранной (поддержание экологического равновесия, сохранение природных ландшафтов, обустройство и функционирование заповедников, национальных парков и др.) и рекреационной (обеспечение оздоровления и отдыха населения) неурбанизированными (сельскохозяйственными и лесохозяйственными) территориями проявляются не в полной мере и с большими затратами. *Земли лесного фонда*. Антропогенная нагрузка оцениваются в – 3 балла. Основным целевым назначением земель лесного фонда является ведение на них лесного хозяйства (лесоразведение, лесовосстановление, сохранение лесов, обеспечение рационального лесопользования, охраны и защиты лесов). Несмотря на значительные площади лесного фонда<sup>3</sup> в общей площади земель – 89 % в Иркутской области – 76 % и 73,9 % в республике

<sup>1</sup> Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 30.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2021). [Электронный ресурс]. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/) (дата обращения 12.04.2021).

<sup>2</sup> Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: <http://static.government.ru/media/files/Fw1kbNXVJxQ.pdf> (дата обращения 12.04.2021).

<sup>3</sup> Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Иркутской области за 2019 год [Электронный ресурс]. <https://rosreestr.gov.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/zemleustroystvo-i-monitoring/regionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-irkutskoy-oblasti-za-2015-god/> (дата обращения: 12.04.2021).

Бурятия и Забайкальском крае соответственно, ущерб землям лесного фонда от антропогенного воздействия также значителен (техногенные загрязнения и лесные пожары, не целевые рубки леса, рекреация и др.). *Земли водного фонда* антропогенная нагрузка оценивая в – 2 балла. Значительная часть водного фонда представлена оз. Байкал крупными водохранилищами – Иркутским, Братским, Усть-Илимским; реками – Нижняя-Тунгуска, Лена, Ангара, Селенга, Шилка и др. Водные объекты в зависимости от особенностей их режима, физико-географических, морфометрических и других особенностей подразделяются на поверхностные водные объекты и подземные водные объекты. Отличительной характеристикой земель водного фонда является постоянная гидравлическая связь. К водному фонду не относятся котлованы и отстойники заполненные водой. В Российской Федерации земли водного фонда являются особо охраняемыми, при этом допустимо их использование для ведения легальной хозяйственной деятельности, при соблюдении целевого назначения ЗК РФ<sup>7</sup>. *Земли ООПТ* испытывают наименьшую антропогенную нагрузку – 1 балл. В соответствии с действующим законодательством к особо охраняемым территориям относятся земли, имеющие особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, оздоровительное, рекреационное и иное ценное значение. Целевое предназначение земель особо охраняемых территорий как самостоятельной категории земель определено Федеральным законом Российской Федерации «Об особо охраняемых природных территориях».<sup>1</sup>

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве базовых картографических материалов использовались слои электронных карт «Экологического атласа Байкальского региона»<sup>3</sup>. Проведена инвентаризация и составлена база пространственных и непространственных данных по основным показателям экологической стабильности территории (естественная защищенность, напряженность территории и антропогенная нагрузка). Атрибутивные данные представлены в виде набора таблиц MapInfo, с которыми легко производить операции переструктуризации (изменение структуры и состава таблиц) данных и SQL – запросы. Пространственные данные представлены в виде векторной топологической модели данных. Для картографического отображения результатов исследования, был выбран способ фоновой картограммы характерный для относительных явлений (рис. 1–4). Выделенные на картах экологические показатели ранжируются на категории по степени антропогенной нагрузки: низкая, средняя и высокая. Каждая категория экологического состояния на карте отображается цветовым фоном по принципу интенсивности цветового фона по мере увеличения или уменьшения значения показателя явления.

**Показатели экологической сбалансированности Байкальского региона. Показатель естественной защищенности** (рис. 1) рассчитывается по формуле:

$$K_{ez} = P_{сф}/P_0, (1)$$

где  $P_{сф}$  «экологический фонд» – площади земель со средо- и ресурсосберегающими функциями ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ),  $P_1$  – с минимальной экологической нагрузкой принимается за 1, а остальные земли ранжируются по степени уменьшения экологических функций интервал ранжирования равен 0,2. В расчет не принимаются земли с высокой степенью антропогенной нагрузки ( $P_5, P_6$ );

<sup>1</sup> Федеральный закон Российской Федерации «Об особо охраняемых природных территориях» [Электронный ресурс]: <https://base.garant.ru/10107990/> (дата обращения 12.04.2021).



$$P_{сф} = P1 + 0,8 * P2 + 0,6 * P3 + 0,4 * P4, (2)$$

$P_0$  – общая площадь исследуемой территории.

В пределах БР естественная защищенность изменяется от минимального значения  $K_{ез} = 0,22$  в Забайкальском районе Забайкальского края и максимального –  $K_{ез} = 0,99$  в Тункинском районе Республики Бурятия, где формирующий экологический фонд Тункинский национальный парк занимают почти целиком территорию административного района. В результате, выделено три группы районов: с низкой –  $K_{ез} < 0,5$ ; средней  $K_{ез} = 0,5 - 0,75$  и относительно высокой –  $K_{ез} > 0,75$  степенью естественной защищенности. Значение  $K_{ез} < 0,5$  свидетельствует о критическом уровне естественной защищенности региона. Наименьшую степень защищенности испытывают районы лесостепной и степной природной зоны. При этом их значительная часть сконцентрирована в южных, и юго-западных примагистральных районах региона. Это наиболее благоприятные по природно-климатическим условиям и наиболее освоенные в хозяйственном отношении районы с небольшой долей земель со средообразующими функциями.

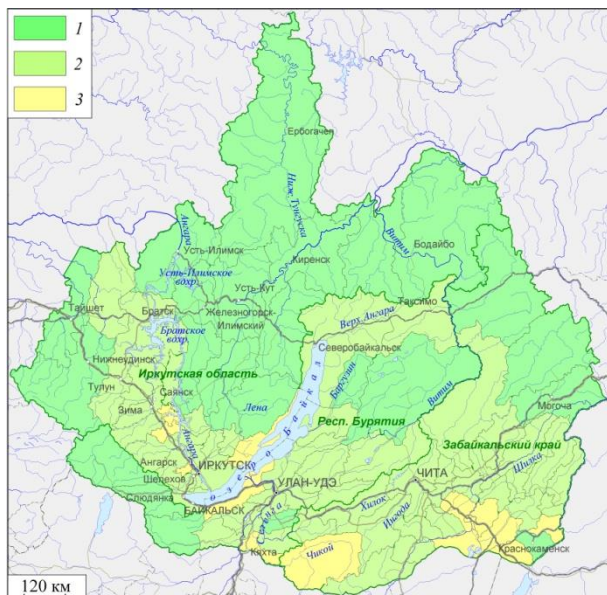


Рис. 1. Естественная защищенность Байкальского региона. Степень естественной защищенности территории: 1 – относительно высокая ( $K_{ез} > 0,75$ ); 2 – средняя ( $K_{ез} = 0,5 - 0,75$ ); 3 – низкая ( $K_{ез} < 0,5$ )

Fig. 1. Indicator of natural protection of the Baikal region. The degree of natural protection of the territory: 1 – relatively high ( $C_{np} > 0.75$ ); 2 – medium ( $C_{np} = 0.5-0.75$ ); 3 – low ( $C_{np} < 0.5$ )

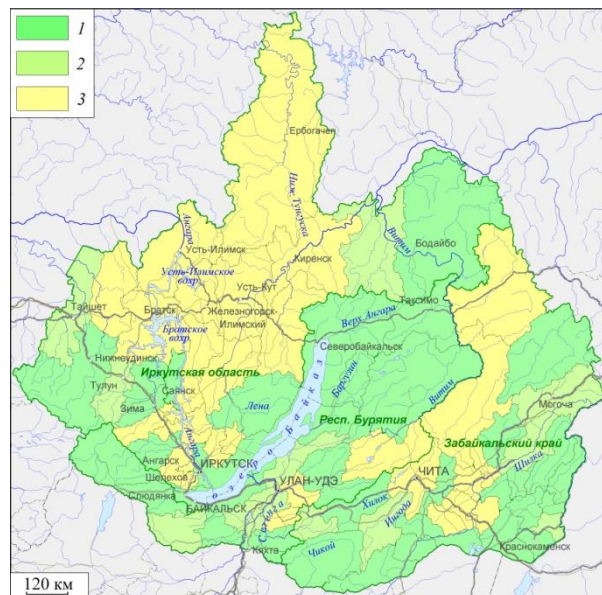


Рис. 2. Коэффициент абсолютной антропогенной напряженности. Абсолютная антропогенная напряженность территории: 1 – относительно низкая ( $K_a < 0,5$ ), 2 – напряженная ( $K_a = 0,5 - 1$ ), 3 – высокая ( $K_a \geq 1$ )

Fig. 2. Indicator of absolute anthropogenic tensions Absolute anthropogenic tensions of the territory: 1 – relatively low ( $C_a < 0.5$ ), 2 – stressful ( $C_a = 0.5 - 1$ ), 3 – high ( $C_a \geq 1$ )

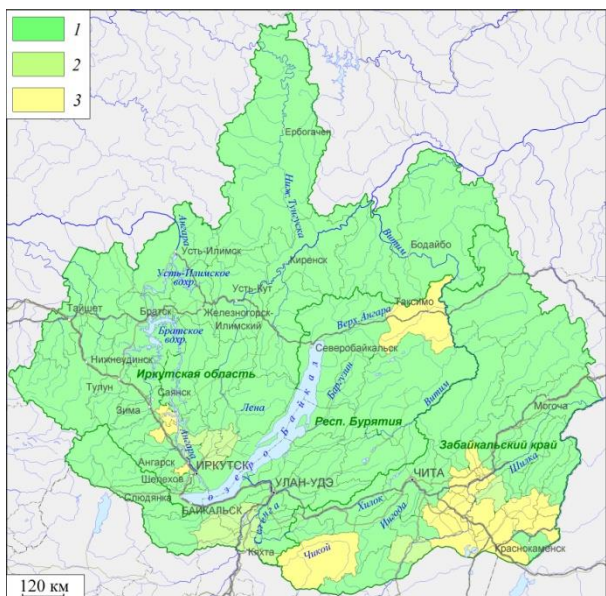


Рис. 3. Коэффициент относительной антропогенной напряженности. Относительная антропогенная напряженность территории: 1 – низкая ( $K_o < 0,5$ ), 2 – средняя ( $K_o = 0,5 - 1$ ), 3 – высокая ( $K_o \geq 1$ )

Fig. 3. Coefficient of relative anthropogenic stress. Relative anthropogenic stress of the territory: 1 – low ( $C_r < 0.5$ ), 2 – medium ( $C_r = 0.5 - 1$ ), 3 – high ( $C_r \geq 1$ )

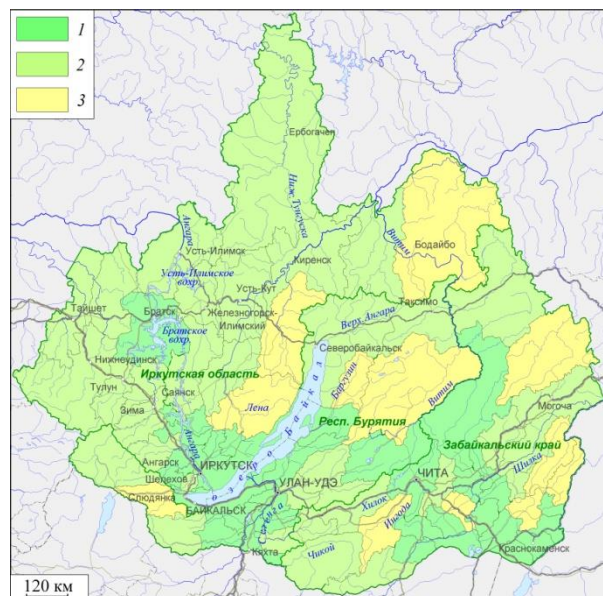


Рис. 4. Коэффициент антропогенной нагрузки Байкальского региона. Антропогенная нагрузка территории: 1 – высокая ( $K_{ан} \geq 2,5$ ); 2 – напряженная ( $K_{ан} = 2 - 2,5$ ), 3 – относительно низкая ( $K_{ан} < 2$ )

Fig. 4. Anthropogenic load factors of the Baikal region. Anthropogenic load of the territory: 1 – high ( $C_{al} > 2.5$ ); 2 – stressful ( $C_{al} = 2 - 2.5$ ); 3 – relatively low ( $C_{al} < 2$ )

Средним уровнем защищенности отличаются районы примыкающие к Транссибирской (Транссиб) и западному участку Байкало-Амурской (БАМ) (Тайшет-Братск) железнодорожной магистрали, Братскому водохранилищу Иркутской области; Районы участка БАМа (Северобайкальск-Таксимо), бассейна р. Селенга и нижнего течения р. Баргузин в границах республики Бурятия; Центральные, южные и юго-восточные районы Забайкальского края. Значительная часть северных и северо-восточных районов бассейнов рек Ниж. Тунгуски и Лены, а также, часть западных районов примыкающих к участку Транссиба (Тайшет-Нижнеудинск) в Иркутской области; центральные районы республики Бурятия и Северные районы Забайкальского края обладают определенным потенциалом устойчивости к антропогенному воздействию. Коэффициент абсолютной антропогенной напряженности (рис. 2) показывает отношение площади земель, сильно нарушенных застройкой и промышленностью, к площади слабонарушенных и неиспользуемых земель.

$$K_a = \frac{P_6}{P_1}, (3)$$

где  $P_6$  – Земли промышленности, транспорта, населенных пунктов, инфраструктуры;  
 $P_1$  – Земли особо охраняемых территорий и объектов.

Соотношение между территориями крайних экологических значений дает представление об антропогенном воздействии на потенциальную устойчивость геосистем и на поддержание охраняемых территорий на должном уровне. Чем ниже значение  $K_a < 0,5$  тем относительно благополучнее состояние природной среды региона. Значение  $K_a = 0,5 - 1$  указывает на очень низкую долю земель особо охраняемых территорий в структуре землепользований и характеризует состояние земель как напряженное. Значение  $K_a \geq 1$  указывает на отсутствие в административном районе земель особо охраняемых территорий и объектов. Для снижения антропогенной нагрузки необходимо довести развитие сети охраняемых природных территорий до требуемых соотношений. На высокие значения напряженности в этих районах оказывает особенность учета отдельных категорий земель, в частности ОПТ, которые создаются на землях лесного и водного фонда без их отчуждения и дальнейшего включения в земельный кадастр [Помазкова, Фалейчик, 2018].

Расчет коэффициента *относительной антропогенной напряженности*, зависит, от экологического баланса земель сильно преобразованных хозяйственной деятельностью и земель выполняющих средообразующие и средостабилизирующие функции (рис. 3). Коэффициент относительной антропогенной напряженности ( $K_0$ ) – отношение площади земель с высокой нагрузкой к площади земель с низкой антропогенной нагрузкой.

$$K_0 = \frac{P_4 + P_5 + P_6}{P_1 + P_2 + P_3}, (4)$$

где  $P_1$  – Земли особо охраняемых территорий и объектов;

$P_2$  – Земли водного фонда;

$P_3$  – Земли лесного фонда;

$P_4$  – Земли сельскохозяйственного назначения;

$P_5$  – Земли запаса;

$P_6$  – Земли промышленности, транспорта, населенных пунктов, инфраструктуры.

Относительная антропогенная напряженность напрямую связана со значением коэффициентов. Низкие значения коэффициента относительной антропогенной указывают на низкую антропогенную нагрузку, высокие значения – на высокую. В целом, при  $K_0 \leq 1$ , напряженность экологического состояния земель считается сбалансированной по степени антропогенной преобразованности и потенциалу устойчивости природы. Для БР значения  $K_0$  находятся в диапазоне от 0,002 до 12,9. Согласно методики выделены три группы районов с низкой –  $K_0 < 0,5$ ; средней  $K_0 = 0,5 - 1$  и высокой –  $K_0 > 1$  степенью антропогенной напряженности. Картографический анализ показателя выявил, что значительные территории (группы районов с низкой степенью антропогенной напряженности –  $K_0 < 0,5$ ) БР обладают некоторым потенциалом устойчивости природной среды к антропогенному воздействию. Такие значения показателя в какой-то мере объясняется относительно высокой и средней естественной защищенностью (см. рис. 1.). Уникальный природно-ресурсный потенциал региона позволил создать мощный лесопромышленный комплекс. Субъекты РФ, входящие в состав БР дифференцированы, по зонам инвестиционного освоения лесов. Различия территорий проявляются в степени и направлении развития лесного комплекса, задачам территориального планирования и природно-ландшафтной дифференциации лесного фонда как фактора, определяющего виды и интенсивность использования лесов, природоохранную инфраструктуру. Зоны наиболее активного освоения лесного комплекса приурочены к центральным, восточным и северо-западным районам Иркутской области. По природно-климатическим



особенностям северные районы области, где сосредоточены – «резервные леса» выведены из зоны активного освоения [Макаренко, 2019]. Более половины лесных ресурсов Республики Бурятия сосредоточено в бассейне озера Байкал, где леса имеют огромное экологическое и рекреационное значение. Особые регламентирующие требования к проведению лесозаготовительной, иной лесоэкономической деятельности в Центральной экологической зоне оказывает сдерживающее влияние на развитие лесной отрасли в регионе, в частности в Республике Бурятия<sup>1</sup>. Наименее развита лесная отрасль промышленности в Забайкальском края. К проблемам, сдерживающим эффективное лесоуправление края относятся: недостаточная точность оценки лесоресурсного потенциала, слабый контроль за использованием и воспроизводством лесов, низкий уровень внедрения современных информационных технологий в лесное хозяйство. Основным видом использования лесов в крае являются лесозаготовки, который не выдерживают конкуренции с соседними регионами из-за низкого качества древесины. Истощение лесосырьевых ресурсов, которые выработаны на экономически доступных территориях на расстоянии (до 100 км) вдоль Транссиба является одной из главных причин недостаточной экономической эффективности лесопромышленного комплекса Забайкальского края<sup>2</sup>. Сельскохозяйственное землепользование БР имеет, также ярко выраженные зональные природно-экономические особенности, которые выражаются в относительно слабом освоении и неравномерном размещении сельскохозяйственных земель. В условия горно-котловинного рельефа наибольшая концентрация нагрузки агропромышленного комплекса приходится на природные комплексы котловин и долины крупных рек. Эти территории обладают наиболее благоприятными природно-климатическими условиями и трудовыми ресурсами, что отражается на ведении сельского хозяйства. Кроме того, учитывая интенсивность развития промышленности, возрастание роли городских территорий, пригородных и примагистральных центров производства, нагрузка на эти территории будет возрастать [Чернигова, Тулунова, 2019].

**Интегральный коэффициент антропогенной нагрузки** (рис. 4) который показывает, насколько сильно деятельность человека влияет на состояние природной среды. Он выражается в прямой зависимости, чем ниже данный коэффициент, тем ниже влияние человека на природную среду.

$$K_{ан} = \frac{\sum P_i \cdot V_i}{P_0}, \quad (5)$$

где  $P_i$  – площадь земель с соответствующим уровнем антропогенной нагрузки,  $V_i$  – балл, соответствующий площади с определенным уровнем антропогенной нагрузки (табл. 2),  
 $P_0$  – общая площадь исследуемой территории.

При расчете коэффициента антропогенной нагрузки принято допущение, что значение коэффициента  $K_{ан} \leq 2,0$  соответствует относительно низкой антропогенной нагрузке на земли,  $K_{ан} = 2 - 2,5$  – напряженной и  $K_{ан} > 2,5$  – высокой. Проведенный картографический анализ выявил следующие закономерности. БР испытывает антропогенную нагрузку неравномерно. Наибольшую нагрузку испытывают примагистральные

<sup>1</sup> Об утверждении Лесного плана Республики Бурятия (с изменениями на 13 июля 2018 года) [Электронный ресурс]. — <https://docs.cntd.ru/document/424054599> (дата обращения 12.04.2021).

<sup>2</sup> Об утверждении государственной программы Забайкальского края "Развитие лесного хозяйства Забайкальского края" (с изменениями на 11 июня 2020 года) [Электронный ресурс]. — <https://docs.cntd.ru/document/412715933> (дата обращения 12.04.2021).

районы, прилегающие к Транссибу и БАМу в Иркутской области, центральные и южные районы Республики Бурятия, а также центральные и юго-восточные районы Забайкальского края, где располагаются энергетические центры главные промышленные и селитебные зоны, агропромышленный комплекс. Байкальский регион в целом остается регионом со сложной экологической и социально-экономической обстановкой. Экономическая (ресурсная) составляющая в развитии региона преобладает над экологической (природоохранной) составляющей и определяет проблемы развития сельских территорий, землепользования и загрязненность окружающей среды [Тулохонов и др., 2019]. Ведущая роль первичного сектора в экономике региона обусловлена 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 [Минерально-сырьевой сектор..., 2015].

**РАБОТА ВЫПОЛНЕНА** в рамках государственного задания (№ гос.регистрации АААА-А21-121012190063-2).

## **ВЫВОДЫ**

Оценка обеспеченности элементами ЭК выявила, что существующая сеть ООПТ не выполняет в полной мере возложенные на эти территории природоохранные функции в силу неравномерности распределения ядерных элементов по территории и различного уровня охраны и статуса ОПТ. Резкая интенсификация хозяйственной деятельности и ее возрастающее влияние на природную среду: интенсивное развитие лесной промышленности, сельского хозяйства, зарегулирование стока рек и другие виды антропогенных воздействий все это негативно влияет на показатели экологической сбалансированности БР. С практической точки зрения оценка экологического баланса территории региона необходима как основа для разработки предложений по развитию всей территории для гармоничного экономического и экологически устойчивого развития. Методика оценки не лишена недостатков, которые выражаются в достоверности обоснования и отборе количества показателей, формирующих экологическую стабильность территории, сложности и неоднозначности объекта картографирования, его трудоемкости, доступности и, в то же время недостатка информации, неполного учета процессов, происходящих в системе «природа – население – экономика». На данном этапе развития научных знаний, становится очевидной необходимость комплексного использования различных методов и подходов к оценке экологической сбалансированности территории.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Волков С.Н.* Землеустройство. Т. 2: Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. Учеб. пособие. М.: Колос, 2001. 648 с.
2. Карта «Особо охраняемые природные территории международного и федерального значения», м-б 1:15 000 000. Национальный атлас России. В 4-х т. Т. 2. Природа. Экология. М.: Роскартография, 2007. С. 458–461.
3. *Кочуров Б.И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.: Смоленск, 2003. 384 с.
4. *Лопаткин Д.А.* Картографирование территориальной структуры экологического каркаса Байкальского региона. География и природные ресурсы. 2019. № 5. С. 83–89.



5. *Мазуркин П.М.* Экологическая консолидация угодий субъектов России по активности растительного покрова. *Науки о Земле*. 2020. № 2. С. 93–113.
6. *Макаренко Е.Л.* Картографирование лесопромышленного комплекса Сибири и древесно-сырьевого потенциала его развития. *Геодезия и картография*. 2019. № 11. С. 37–47. DOI:10.22389/0016-7126-2019-953-11-37-47.
7. Минерально-сырьевой сектор Азиатской России: как обеспечить социально-экономическую отдачу. Под ред. В.В. Кулешова. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2015. 352 с.
8. *Михеев В.С.* Ландшафтный синтез географических знаний. Новосибирск: Наука, 2001. 216 с.
9. *Плюснин В.М., Кузнецова Т.И., Батуев А.Р., Лопаткин Д.А.* Геоинформационное ландшафтно-экологическое картографирование бассейна озера Байкал (в пределах России и Монголии). *Геодезия и картография*. 2015. № 8. С. 29–37. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-902-8-29-37.
10. *Помазкова Н.В., Фалейчик Л.М.* Оценка эколого-хозяйственного баланса территории Забайкальского края. *Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология*. 2018. № 2. С. 5–15.
11. *Попова Н.В., Михно В.Б.* Анализ методик диагностики устойчивости экосистем в целях прогноза развития ландшафтов территории России. *Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология*. 2012. № 1. С. 29–34.
12. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. М.: Мысль, 1990. 637 с.
13. *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.
14. *Соболев Н.А., Тишков А.А., Белоновская Е.А., Глазов П.М., Кобяков К.Н., Кольцов Д.Б., Кренке А.Н., Семенцова М.В., Титова С.В.* Применение ГИС для картографирования Великого Евразийского природного массива. *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Т. 26. Ч. 4. М.: Издательство Московского университета, 2020. С. 5–19. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-5-19.*
15. *Тишков А.А.* Актуальная биогеография Северной Евразии. *Актуальные вопросы биогеографии*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2018. С. 406–409.
16. *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. DOI: 10.18101/2304-4446-2019-3-62-69.
17. *Чернигова Д.Р., Тулунова Е.С.* Особенности развития сельскохозяйственного землепользования Иркутской области. *Московский экономический журнал*. 2019. № 2. С. 7–15. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-12006.

#### REFERENCES

1. *Chernihiv D.R., Tulunova E.S.* Features of the development of agricultural land use in the Irkutsk region. *Moscow Economic Journal*. 2019. No 2. P. 7–15. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-12006 (in Russian).
2. *Kochurov B.I.* Ecodiagnostics and balanced development. Moscow: Smolensk, 2003. 384 p. (in Russian).
3. *Lopatkin D.A.* Mapping the territorial structure of the ecological framework of the Baikal region. *Geography and Natural Resources*. 2019. No 5. С. 83–89. (in Russian).

4. *Makarenko E.L.* Mapping of the timber industry complex of Siberia and the wood-raw material potential of its development. *Geodesy and Cartography*. 2019. No 11. P. 37–47. (in Russian).
5. *Mazurkin P.M.* Environmental consolidation of the lands of Russian subjects on active vegetation cover. *Earth Sciences*. 2020. No 2. P. 93–113 (in Russian).
6. *Mikheev V.S.* Landscape synthesis of geographical knowledge. Novosibirsk: Nauka, 2001, 216 p. (in Russian).
7. Mineral and raw materials sector of Asian Russia: how to ensure socio-economic returns. Edited by V.V. Kuleshov. Novosibirsk: IEOPP SB RAS, 2015. 352 p. (in Russian).
8. *Plyusnin V.M., Kuznetsova T.I., Batuev A. R., Lopatkin D. A.* Geoinformation landscape-ecological mapping of the Lake Baikal basin (within Russia and Mongolia). *Geodesy and Cartography*. 2015. No 8. P. 29–37. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-902-8-29-37 (in Russian).
9. *Pomazkova N.V., Faleychik L.M.* Assessment of the ecological and economic balance of the territory of the Trans-Baikal Territory. *Bulletin of the VSU. Series: Geography. Geoecology*. 2018. No 2. P. 5–15 (in Russian).
10. *Popova N.V., Mikhno V.B.* Analysis of methods for diagnosing ecosystem stability in order to forecast the development of landscapes in Russia. *Bulletin of the VSU. Series: Geografia. Geoecology*. 2012. No 1. P. 29–34 (in Russian).
11. *Reimers N.F.* Nature management. Moscow: Mysl, 1990. 637 p (in Russian).
12. *Rybarski I., Gaisse E.* Influence of the composition of land on the ecological stability of the territory. *Land management works in specific conditions. Sat. nauch. trudov. Trans. from Slovak. Tatranska Lomnica*, 1981. P. 19–26 (in Russian).
13. *Sobolev N.A., Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Glazov P.M., Kobayakov K.N., Koltsov D.B., Krenke A.N., Sementsova M.V., Titova S.V.* Using GIS for mapping the Great Eurasian Natural Backbone InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press. 2020. V. 26. Part 4. P. 5–19. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-5-19 (in Russian).
14. *Tishkov A. A.* Actual biogeography of Northern Eurasia. Topical issues of biogeography. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University Press, 2018. P. 406–409 (in Russian).
15. *Tulokhonov A. K., Boldanov T. A., Dagbaeva S. D.-N.* On criteria, conditions and risks in assessing the effectiveness of the economy and policy of agricultural nature management in Russia. *Vestn. Buryat. un-ta. Ser. Economics and Management*. 2019. No 3. P. 62–69. DOI: 10.18101/2304-4446-2019-3-62-69 (in Russian).
16. *Volkov S.N.* Land administration. V. 2: Land administration planning. Internal land administration. A textbook. Moscow: Kolos, 2001. 648 p. (in Russian).
17. Map «Specially Protected Natural Areas of International and Federal Importance», m-b 1:15 000 000. National Atlas of Russia in 4 volumes. T. 2. Nature. Ecology. Moscow: Roscartography, 2007. P. 458–461 (in Russian).