

УДК 504.75:91

DOI 10.17513/use.38099

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ МЕТАГЕОСИСТЕМ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ)

Зарубин О.А., Рычкова О.В., Агеева А.Р.

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: oleg-zarubin@list.ru*

Статья посвящена актуальным вопросам геоэкологического зонирования метагеосистем культурного ландшафта на основе планирования зон экологического равновесия и хозяйственного каркаса. Авторами предложена методика геоинформационного картографирования геоэкологического состояния метагеосистем. В качестве базовой информационной модели использована региональная ГИС «Мордовия». Для целей исследования узловой модуль ГИС «Электронная ландшафтная карта», позволяющий структурировать геосистемы на различных уровнях типологической классификации, был развит в контексте проектирования серии карт и баз данных по расчету морфометрических ландшафтных показателей, геоэкологическому анализу процессов хозяйственного освоения (прежде всего селитебных и сельскохозяйственных), моделированию экологического каркаса. Предложенные в работе подходы к зонированию апробированы на примере модельного региона – северной лесостепи западных склонов пластово-ярусной Приволжской возвышенности и краевой части лесных геосистем пластовой Окско-Донской низменности в границах Мордовии. Предложенная модель поляризации метагеосистем культурного ландшафта включает в себя планирование зон экологического равновесия и зон хозяйственного каркаса разных порядков для целей минимизации деструктивных процессов и обеспечения устойчивого развития региона. Внедрение предложенного подхода на практике позволит усовершенствовать методику каркасного подхода, установленную современным законодательством при разработке схем территориального планирования.

Ключевые слова: функциональное геоэкологическое зонирование, метагеосистемы, геоинформационные системы, экологический каркас, хозяйственный каркас

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00651
(<https://rscf.ru/project/22-27-00651/>).*

FUNCTIONAL GEOECOLOGICAL ZONING OF REGIONAL METAGEOSYSTEMS (BY THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA)

Zarubin O.A., Rychkova O.V., Ageeva A.R.

Ogarev National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: oleg-zarubin@list.ru

The article is devoted to topical issues of geoeological zoning of cultural landscape metageosystems based on the planning of zones of ecological balance and economic framework. The authors proposed a method for geoinformation mapping of the geoeological state of metageosystems. The regional GIS «Mordovia» was used as a basic information model. The nodal module of the GIS «Electronic Landscape Map» allows structuring geosystems at various levels of typological classification. The module was developed for research purposes in the context of designing a series of maps and databases for calculating morphometric landscape indicators, geoeological analysis of economic development processes (primarily residential and agricultural), and modeling the ecological framework. The approaches to zoning proposed in the paper were tested on the example of a model region – the northern forest-steppe of the western slopes of the layered-tier Volga Upland and the marginal part of the forest geosystems of the layered Oka-Don lowland within the boundaries of Mordovia. The proposed polarization model of cultural landscape metageosystems includes the planning of zones of ecological balance and zones of the economic framework of different orders in order to minimize destructive processes and ensure sustainable development of the region. Implementation of the proposed approach in practice will improve the methodology of the frame approach in modern legislation in the development of territorial planning schemes.

Keywords: functional geoeological zoning, metageosystems, geoinformation systems, ecological framework, economic framework

*The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-27-00651
(<https://rscf.ru/project/22-27-00651/>).*

Планирование устойчивого развития регионов и муниципальных образований различного иерархического ранга исходит из принципов оптимизации пространственного взаимодействия природы, населения и хозяйства, планирования истинно куль-

турных ландшафтов. В отечественной практике на решение данной задачи с разной степенью проработки были направлены, например, механизмы районной планировки, проектирования территориальных комплексных схем охраны природы, а также

закрепленные в современном законодательстве процедуры территориального планирования, градостроительного зонирования.

В современных условиях объективные тенденции цифровизации должны способствовать поиску решений узловой проблемы оптимальной пространственной организации метагеосистем, что во многом основано на положениях законодательного поля. На настоящем этапе в Российской Федерации актуальность задачи внедрения цифровых технологий в практику высокоэффективного управления территориями исходит из ряда стратегических документов. Так, отдельные механизмы устанавливаются «Стратегией пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г.». Несмотря на дискуссию представителей экспертного сообщества [1–3 и др.], отметим, что в ней закрепляются важные перспективные направления пространственного развития страны: совершенствование цифровых инфраструктур пространственных данных в сфере земельных ресурсов и объектов недвижимости, расширение применения цифровых технологий в управлении транспортной инфраструктурой и др.

Выполнение данных установок основано на использовании новых подходов к работе с геоданными. К числу таких приоритетов в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» отнесены переход к передовым цифровым технологиям, создание систем обработки больших объемов данных. Значительное внимание процессам цифровой трансформации отводится в положениях Указа Президента России от 07.05.2018 г. № 204 и Указа Президента России от 21.07.2020 г. № 474. В них признается принципиальная важность внедрения «цифры» для реализации передовых подходов к модернизации инфраструктуры, систем природопользования, планирования селитебных территорий и др.

Очевидно, что решение управленческих задач пространственного развития на региональном уровне напрямую связано с использованием геоинформационных систем для обработки больших массивов разнородных геоданных о природе, населении и хозяйстве, локальных и региональных геоэкологических проблемах, структуре землепользования с целью проектирования цифровых моделей метагеосистем и выделения зон экологического равновесия и хозяйственного каркаса.

Цель исследования – разработка предложений по геоэкологическому зонированию метагеосистем культурного ландшафта региона на основе их функциональной поляризации.

Материалы и методы исследования

В геоэкологических исследованиях одним из основных подходов к оптимизации территориального развития является управление территориальной дифференциацией [4], принципы которой в контексте процессов территориального планирования фактически содержатся в приказе Минрегиона России от 19.04.2013 г. № 169. Документом устанавливаются подходы к планированию «системы каркасов территории», рассмотрена концепция «идеальной модели» пространственного развития региона на основе проектирования экономического, социального и экологического каркасов.

Научной основой каркасного подхода в методике, предложенной Минрегионом России и реализуемой в документах территориального планирования в регионах и муниципалитетах, является идея поляризованной биосферы, развиваемая в работах Б.Б. Родомана [5]. Ее суть заключается в обеспечении такой пространственной организации метагеосистем культурного ландшафта, при которой предусматривается выделение территориальных единиц – полюсов, характеризующихся различными функциональными назначениями и режимами природопользования. К таким дистанцированным разнофункциональным полюсам относятся зоны экологического равновесия и хозяйственного каркаса.

Тематика каркасного подхода является одной из наиболее частых в геоэкологических исследованиях последних лет при решении задач сохранения биоразнообразия и оптимизации сети природоохранных территорий [6], пространственного планирования устойчивых агрогеосистем [7] и урбоэкологических [8], информационного обеспечения комплексного социально-экономического развития регионов [9] и др.

В работе раскрывается пример зонирования модельного региона – северной лесостепи западных склонов Приволжской возвышенности и краевой части лесных геосистем Окско-Донской низменности в границах Мордовии. Информационной основой послужила региональная ГИС «Мордовия».

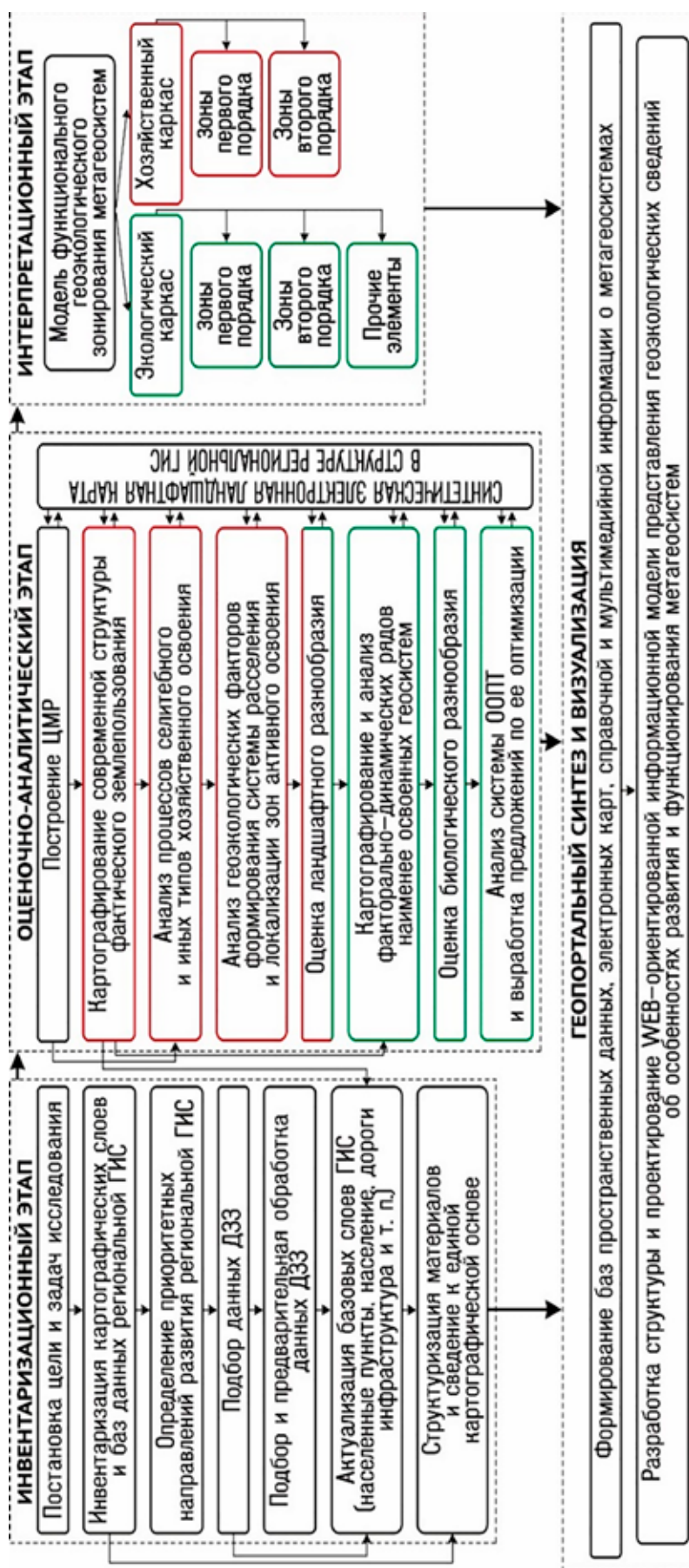


Рис. 1. Этапы функционального геоэкологического зонирования метагеосистем региона [11]

Интегральным модулем региональной ГИС позиционируется синтетическая электронная ландшафтная карта, разработанная под руководством А.А. Ямашкина [10, с. 109–136], которая позволяет благодаря идентификаторам, привязанным к отдельным выделам, структурировать геосистемы с учетом широко используемой в ландшафтных работах типологической классификации В.А. Николаева.

Решение задач функционального геоэкологического зонирования метагеосистем основывалось на проведении работ на четырех этапах (рис. 1), наиболее сложным из которых является оценочно-аналитический. Ключевые задачи данного этапа сводятся к тематическому геоинформационному картографированию метагеосистем, расчету различных цифровых параметров (расселения населения, размещения населенных пунктов, структуры землепользования, биологического разнообразия, ландшафтных метрик и др.), анализу геоэкологических факторов и ограничений, определяющих закономерности развития различных типов хозяйственного освоения.

В основе проектирования и анализа структурных элементов экологического каркаса заложено моделирование метрик ландшафтного разнообразия и уникальности; анализ факторально-динамических рядов геосистем, оценка ареалов распространения редких и исчезающих видов растений; анализ динамики изменения лесистости на основе сопоставления разновременных картографических материалов и результатов дешифрирования космических снимков Landsat, доступных на территории региона с 1980-х гг.; расчете вегетационных индексов фитомассы; анализ остроты проявления деструктивных геоэкологических процессов; анализ структуры региональной сети природоохранных территорий и др.

При обосновании хозяйственного каркаса решены задачи анализа общих закономерностей исторического процесса хозяйственного освоения региона; геоинформационного картографирования структуры землепользования, сельскохозяйственной освоенности, процессов расселения населения, размещения населенных пунктов разной людности, ключевых геоэкологических факторов развития селитебных процессов и др.

Результаты исследования и их обсуждение

Опыт проведенных исследований показал, что опорные оси хозяйственного карка-

са базируются исходя из локализации высоких показателей плотности размещения населенных пунктов в зонах контрастных ландшафтных границ. Вместе с тем самые высокие показатели селитебных процессов регистрируются в лугово-степных геосистемах и в смежных с ними долинах крупных рек. Этот тезис подтверждают результаты геоинформационного моделирования современных селитебных процессов: для лугово-степных геосистем регистрируются наибольшее количество (509 ед.; более 40% от общего их числа в регионе) и плотность поселений (0,07 ед./км²), доля по отношению к другим типам геосистем поселений с численностью более 1000 чел. (почти 7%), суммарная численность (более 157 тыс. чел.) и плотность населения (более 25 чел./км²), средняя людность поселений (более 313 чел.) [11; 12]. В луговых степях и смежных с ними надпойменных террасах локализуются городские и сельские населенные пункты с высокой людностью и связанные с ними высокопродуктивные агрогеосистемы.

С учетом перечня геоэкологических факторов и ограничений выделены структурные элементы хозяйственного каркаса (рис. 2), характеризующиеся относительно высокими показателями развития исторически сложившихся селитебных процессов, сельскохозяйственного освоения и низкой лесистостью. Основными ограничениями развития метагеосистем хозяйственного каркаса являются локальное загрязнение компонентов окружающей среды и истощение ресурсов подземных вод. Наиболее характерны данные процессы для Саранско-Рузаевской, Ковылкинско-Краснослободской и Ардатовско-Чамзинской зон первого порядка.

На основе анализа ландшафтной структуры региона, сложившейся системы фактического землепользования, расчета ландшафтных метрик, оценки биоразнообразия была предложена схема экологического каркаса региона, представленная комплексом взаимосвязанных средостабилизирующих зон экологического равновесия (рис. 3).

В основе формирования зон первого порядка позиционируются прежде всего территории с невысокими показателями развития селитебных процессов, сельскохозяйственного использования; при интенсификации их хозяйственного освоения возможна активизация деструктивных экзогенных процессов. Результаты геоэкологического анализа показали, что это ландшафты смешанных лесов водно-ледниковых равнин.

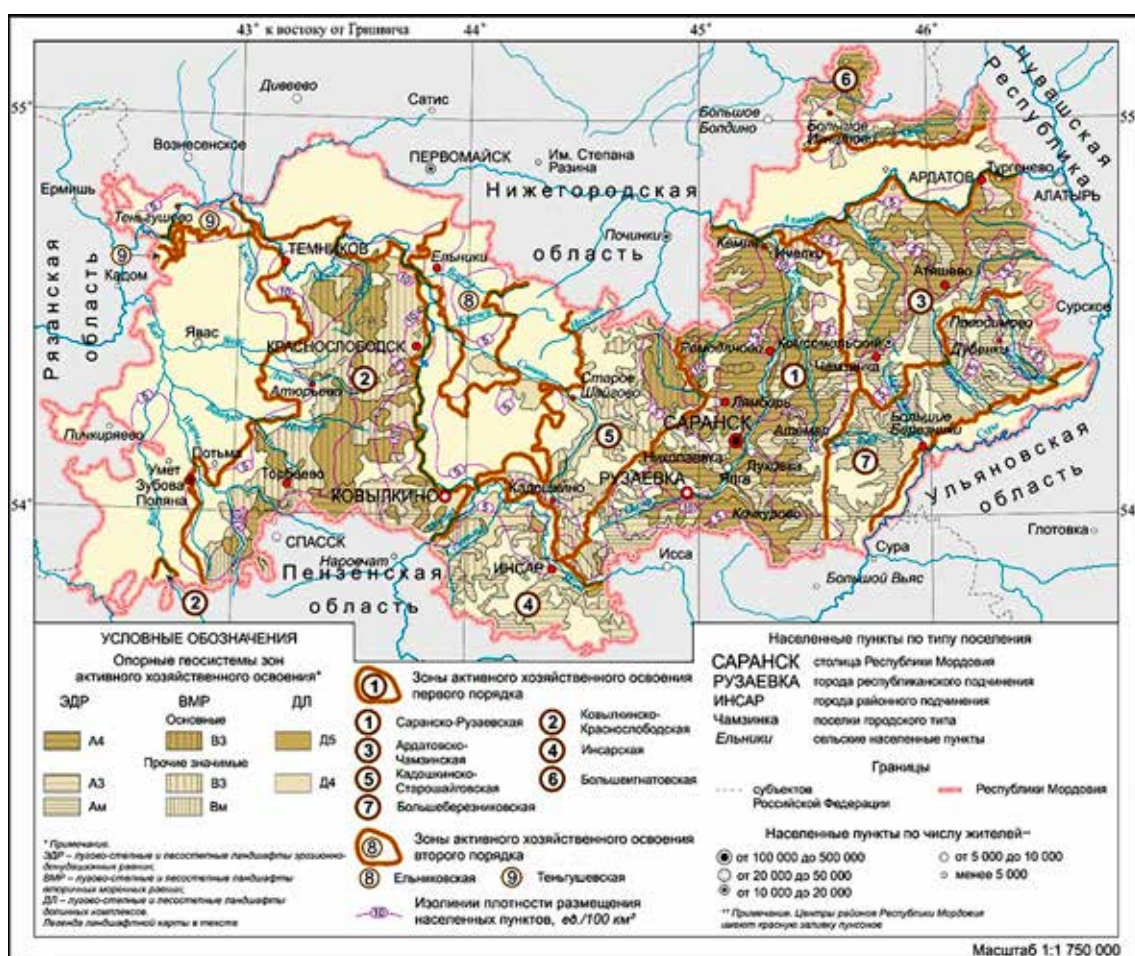


Рис. 2. Схема хозяйственного каркаса (индексы геосистем приведены по [10, с. 109–136])

Останцово-водораздельные массивы эрозивно-денудационных равнин и приводораздельные пространства вторичных моренных равнин являются пространственным базисом для формирования зон экологического равновесия второго порядка. Основные ограничения связаны с низким плодородием почв, развитием экзогенных процессов. Развитие поселений существенно зависит от морфологических параметров геосистем, запасов подземных артезианских вод. Территории, рекомендуемые под зоны второго порядка, характеризуются ландшафтной раздробленностью: лесные участки останцово-водораздельных массивов и приводораздельных пространств чередуются с довольно крупными массивами сельскохозяйственных угодий. Вследствие этого предложена система экокоридоров, направленных на обеспечение связи между крупноареальными элементами.

Суммарная площадь существующей системы ООПТ составляет немногим менее

3% от площади региона. Если рассматривать ООПТ, локализованные в зонах экологического равновесия, то они занимают более 9% от общей площади таких зон. Однако проведенный анализ закономерностей распространения растений по факторально-динамическим рядам геосистем и данные исследований биологов Мордовии [13] показали, что многие ареалы распространения редких и исчезающих видов растений остаются вне границ действующих природоохранных территорий, целесообразно оптимизировать данную систему с учетом данных факторов и ландшафтных метрик, свидетельствующих о разнообразии и об уникальных пространственных сочетаниях геосистем. Предложенная сеть природоохранных территорий, занимающая около 5% территории региона (более 1,3 тыс. км²), будет выполнять задачи по охране биоты, уникальных участков с высоким ландшафтным разнообразием, регламентации земле- и природопользования.

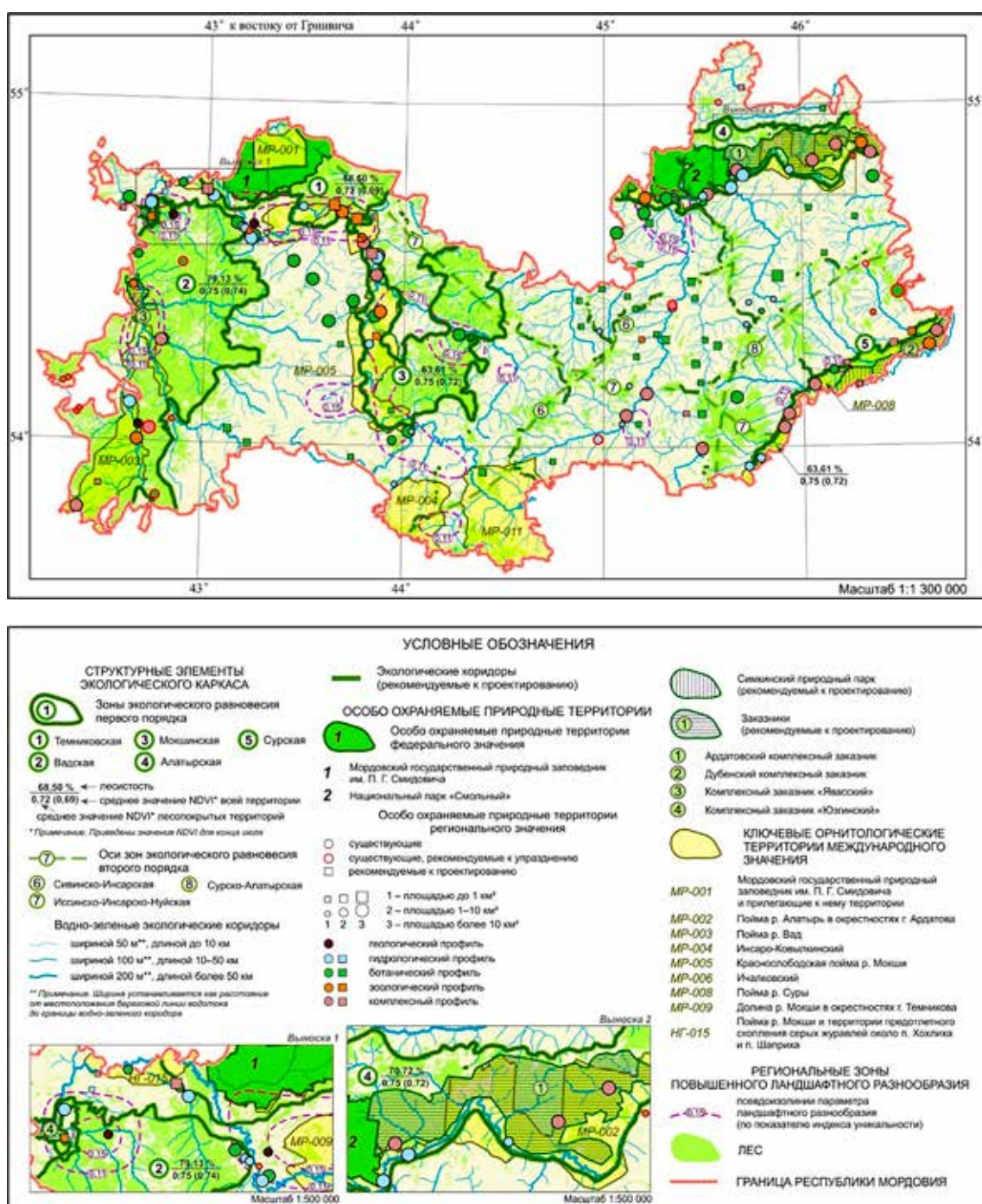


Рис. 3. Схема экологического каркаса

Заключение

Апробация предложенной методики поляризации мегагеосистем позволила сформулировать предложения по геоэкологическому зонированию территории. Для целей минимизации развития деструктивных геоэкологических процессов, устойчивого развития мегагеосистем хозяйственного каркаса, выделенных в соответствии

с параметрами селитебного и сельскохозяйственного типов хозяйственного освоения по лугово-степным геосистемам, а также в зонах контрастных ландшафтных границ лугово-степных и лесных геосистем, предусмотрено планирование взаимосвязанных зон экологического равновесия, предложены мероприятия по оптимизации системы природоохранных территорий. В совокуп-

ности элементы экологического каркаса призваны обеспечить защиту области питания основного водоносного комплекса, используемого для водоснабжения населения, предотвращение активизации экзогенных процессов, сохранение местообитаний растительного и животного мира и др. Внедрение предложенного подхода на практике позволит усовершенствовать методику каркасного подхода, установленную современным законодательством при разработке схем территориального планирования регионов и муниципальных районов.

Список литературы

1. Зубаревич Н.В. Стратегия пространственного развития: приоритеты и инструменты // Вопросы экономики. 2019. № 1. С. 135–145. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-1-135-145.
2. Seliverstov V.E., Melnikova L.V., Kolomak E.A., Kryukov V.A., Suslov V.I., Suslov N.I. Spatial Development Strategy of Russia: Expectations and Realities. *Regional Research of Russia*, 2019. Vol. 9, Is. 2. P. 155–163. DOI: 10.1134/S2079970519020114.
3. Panin A.N., Radvanyi J., Tikunov V.S., Proskurin V.S. The Russian strategy of spatial development: trends and realities. *InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: MSU, Faculty of Geography*, 2021. Vol. 27. Part 1. P. 5–16. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-5-16.
4. Колбовский Е.Ю. Стратегическое пространственное планирование как инструмент регионального развития // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. 3, № 3. С. 110–115.
5. Родоман Б.Б. Некоторые пути сохранения биосферы при урбанизации // Вестник Московского университета. Сер. География. 1971. № 3. С. 92–94.
6. Тишков А.А., Белоновская Е.А., Золотухин Н.И., Титова С.В., Царевская Н.Г., Чендев Ю.Г. Сохранившиеся участки степей как основа будущего экологического каркаса Белгородской области // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 1 (82). С. 43–53.
7. Liccari F., Sigura M., Tordoni E., Boscutti F., Bacaro G. Determining Plant Diversity within Interconnected Natural Habitat Remnants (Ecological Network) in an Agricultural Landscape: A Matter of Sampling Design? // *Diversity*. 2022. Vol. 14 (1), Is. 12. DOI: 10.3390/d14010012.
8. Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63, № 2. С. 127–146. DOI: 10.21638/11701/SPBU07.2018.201.
9. Чибилев А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Современное состояние природно-экологического каркаса бассейна реки Урал в пределах Оренбургской области и его роль в социально-экономическом развитии региона // Успехи современного естествознания. 2017. № 8. С. 122–127.
10. Ямашкин А.А. Физико-географические условия и ландшафты Мордовии. Саранск: Издательство Мордовского университета, 1998. 156 с.
11. Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Ямашкин С.А. Методика функционального геоэкологического зонирования метагеосистем для целей устойчивого эколого-социально-экономического развития региона (на примере Республики Мордовия) // *International Agricultural Journal*. 2022. Т. 65, № 3. С. 1100–1119. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_3_9.
12. Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Ямашкин С.А. Историко-географический анализ селитебного освоения ландшафтов Мордовии // *Центр и периферия*. 2019. № 3. С. 84–89.
13. Варгот Е.В., Силаева Т.Б., Ручин А.Б., Кузнецов В.А., Хапугин А.А., Лапшин А.С., Спиридонов С.Н., Письмаркина Е.В., Гришуткин Г.Ф., Чугунов Г.Г., Артаев О.Н., Гришуткин О.Г., Лобачев Е.А., Лукиянов С.В., Андрейчев А.В. Сеть особо охраняемых природных территорий Республики Мордовия и рекомендации к ее оптимизации // *Тр. Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смиловича*. 2015. Вып. 15. С. 3–68.