

УДК: 528.94+911.5

DOI: 10.35595/2414-9179-2024-1-30-80-93

В. В. Занозин<sup>1</sup>, А. Н. Бармин<sup>2</sup>, В. В. Занозин<sup>3</sup>

## ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

### АННОТАЦИЯ

В условиях стремительного экономического прогресса регионов наблюдается увеличение воздействия человека на окружающую среду. В связи с этим возникает потребность в разработке научно обоснованной системы управления природными ресурсами и сохранения неповрежденных экосистем. В последнее время широко распространяется концепция развития ландшафтно-экологических каркасов территорий (ЛЭК). ЛЭК может рассматриваться как система участков природы, ранжированных по степени экологического значения. ЛЭК представляет собой непрерывную сеть взаимосвязанных участков, способных обеспечить естественное экологическое равновесие и сдерживать негативное воздействие человека на окружающую среду. В данной статье предлагается разработка географической основы для формирования ЛЭК в центральном подрайоне ландшафта дельты р. Волга. В основе предлагаемой картографической модели лежит стиль построения тематических карт — точки Вурмана, получивший название на основе картографических работ Ричарда Саула Вурмана. Предлагаемый стиль был модифицирован: была применена регулярная геометрическая сетка, состоящая из правильных геометрических фигур — гексагонов. ЛЭК в данном случае разрабатывается в форме пространственной ячеистой сетки, вмещающей весь исследуемый регион, в границах которой фиксируются геосистемы с тем или иным порядком использования и уровнем антропогенной преобразованности. Для выделенных в ходе ранее выполненных исследований естественных геосистем был установлен уровень их антропогенной трансформации с применением специально разработанной формулы ( $L_{антропо}$ ). Дальнейший анализ ЛЭК базируется на толковании специфической легенды к картосхеме, где по осям ординат и абсцисс отображается пригодность геосистем для интеграции в структуру ландшафтно-экологического каркаса центрального подрайона ландшафта дельты Волги.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дельта Волги, ландшафтно-экологический каркас, картографирование, точки Вурмана, ГИС

---

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева», Факультет наук о Земле, химии и техносферной безопасности, пл. Шаумяна, д. 1, Астрахань, Россия, 414000, e-mail: [victor\\_z94@mail.ru](mailto:victor_z94@mail.ru)

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева», Факультет наук о Земле, химии и техносферной безопасности, пл. Шаумяна, д. 1, Астрахань, Россия, 414000, e-mail: [abarmin60@mail.ru](mailto:abarmin60@mail.ru)

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева», Факультет наук о Земле, химии и техносферной безопасности, пл. Шаумяна, д. 1, Астрахань, Россия, 414000, e-mail: [vvzanozin-67@mail.ru](mailto:vvzanozin-67@mail.ru)

Victor V. Zanozin<sup>1</sup>, Aleksandr N. Barmin<sup>2</sup>, Valery V. Zanozin<sup>3</sup>

## GEOSPATIAL MODELING OF THE ORGANIZATION OF THE LANDSCAPE-ECOLOGICAL FRAMEWORK OF THE VOLGA DELTA

### ABSTRACT

With the rapid economic progress of the regions, there is an increase in the human impact on the environment. In this regard, there is a need to develop a scientifically based system of natural resource management and preservation of intact ecosystems. Recently, the concept of developing ecological frameworks of territories has been widely spread. An ecological framework as a system of nature areas ranked by the degree of ecological importance is a continuous network of interconnected areas capable of ensuring natural ecological balance and restraining the negative human impact on the environment. This paper proposes a geographical framework for the implementation of a landscape-ecological framework in the central part of the Volga River Delta. The proposed cartographic model is based on the style of thematic map construction — Wurman dots, named on the basis of cartographic works of Richard Saul Wurman. The proposed style was modified: a regular geometric grid consisting of regular geometric figures — hexagons was applied. Landscape-ecological framework in this case is designed in the form of a spatial cellular grid covering the entire territory under consideration, within which geosystems with different modes of use and degree of anthropogenic transformation are distinguished. For the natural geosystems identified in the course of previously performed studies, the level of their anthropogenic transformation was established using a specially developed formula ( $L_{\text{антропо}}$ ). The analysis of the landscape-ecological framework is based on the interpretation of a special legend to the map scheme, where the ordinate and abscissa axes show the suitability of geosystems for integration into the structure of the ecological framework of the central sub-area of the Volga Delta.

**KEYWORDS:** Volga delta, landscape-ecological framework, mapping, Wurman dots, GIS

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач в современной географии является исследование изменений в природных системах различного ранга. Природные территориальные комплексы (ПТК) быстро эволюционируют в современном обществе, изменяя как внешний облик, так и внутреннюю структуру. Не последнюю роль в этом играет постоянно растущее антропогенное воздействие. Это актуализирует разработку новых подходов современного природопользования и механизмов сохранения природной среды. Решение данной проблемы возможно путем научной организации экологического (или ландшафтно-экологического) каркаса того или иного региона, который будет являться основой устойчивого развития [Стаценко и др., 2011].

Термин «ландшафтно-экологический каркас» (ЛЭК) может интерпретироваться по-разному и часто ассоциируется с понятием «экологического каркаса». По одному из определений, ЛЭК представляет собой систему взаимосвязанных базовых природных и хозяй-

---

<sup>1</sup> Astrakhan Tatishchev State University, Faculty of Earth Sciences, Chemistry and Technosphere Safety, 1, Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russia, *e-mail*: [victor\\_z94@mail.ru](mailto:victor_z94@mail.ru)

<sup>2</sup> Astrakhan Tatishchev State University, Faculty of Earth Sciences, Chemistry and Technosphere Safety, 1, Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russia, *e-mail*: [abarmin60@mail.ru](mailto:abarmin60@mail.ru)

<sup>3</sup> Astrakhan Tatishchev State University, Faculty of Earth Sciences, Chemistry and Technosphere Safety, 1, Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russia, *e-mail*: [vvzanozin-67@mail.ru](mailto:vvzanozin-67@mail.ru)

ственных элементов территории, которая определяет устойчивость, экологическое состояние и эстетику природно-хозяйственного ландшафта [Казаков, 2004].

Согласно другому определению, ландшафтно-экологический каркас — это природно-антропогенная система, включающая малоизмененные участки, окруженные буферными зонами и коридорами, объединенными в единый «скелет» территории. Он частично соответствует границам геосистем и их морфологическим элементам [Белов, 2015].

Согласно Н. Ф. Реймерсу, экологический каркас как система участков природы, ранжированных по степени экологического значения, представляет собой непрерывную сеть взаимосвязанных участков, которые могут сохранить экологический баланс и нейтрализовать отрицательное воздействие человека на природу. При этом экологический каркас представляет собой особую ячеистую структуру, внутри которой выделяются разнообразные геосистемы, отличающиеся режимами использования и уровнями воздействия человека на природу [Реймерс, 1990; Понамарев и др., 2012].

В течение многих лет влияние человеческой деятельности оказывало сильное воздействие на уникальный ландшафт дельты р. Волги, что привело к глубоким изменениям в ее первозданной природной среде. Центральный подрайон этого ландшафта пострадал от таких изменений наиболее сильно, что требует поиска способов достижения экологического баланса между хозяйственной деятельностью и естественной основой региона. Одним из способов решения данной проблемы является создание сети ландшафтно-экологического каркаса. Под *ландшафтно-экологическим каркасом* в данном случае будем понимать комплекс взаимосвязанных природно-территориальных комплексов, обеспечивающих экологическую стабильность в хозяйственно освоенной территории.

В связи с тем, что карта исторически сложилась как самая распространенная модель в географических исследованиях, а картографический метод всегда имел первостепенное значение, то результатом формализации элементов экологического каркаса должна стать специально разработанная карта (или картосхема). Таким образом, задачами выполненного исследования является поиск, разработка и представление оригинального способа отображения пространственной организации ландшафтно-экологического каркаса исследуемого региона.

На основе анализа литературных источников и комплексных маршрутных исследований, совершавшихся с 2018 г., были представлены точные границы центрального подрайона ландшафта дельты р. Волги (рис. 1) [Занозин, Бармин, 2018]. Согласно полученным результатам, площадь исследуемой территории составляет 3 899,44 км<sup>2</sup>.

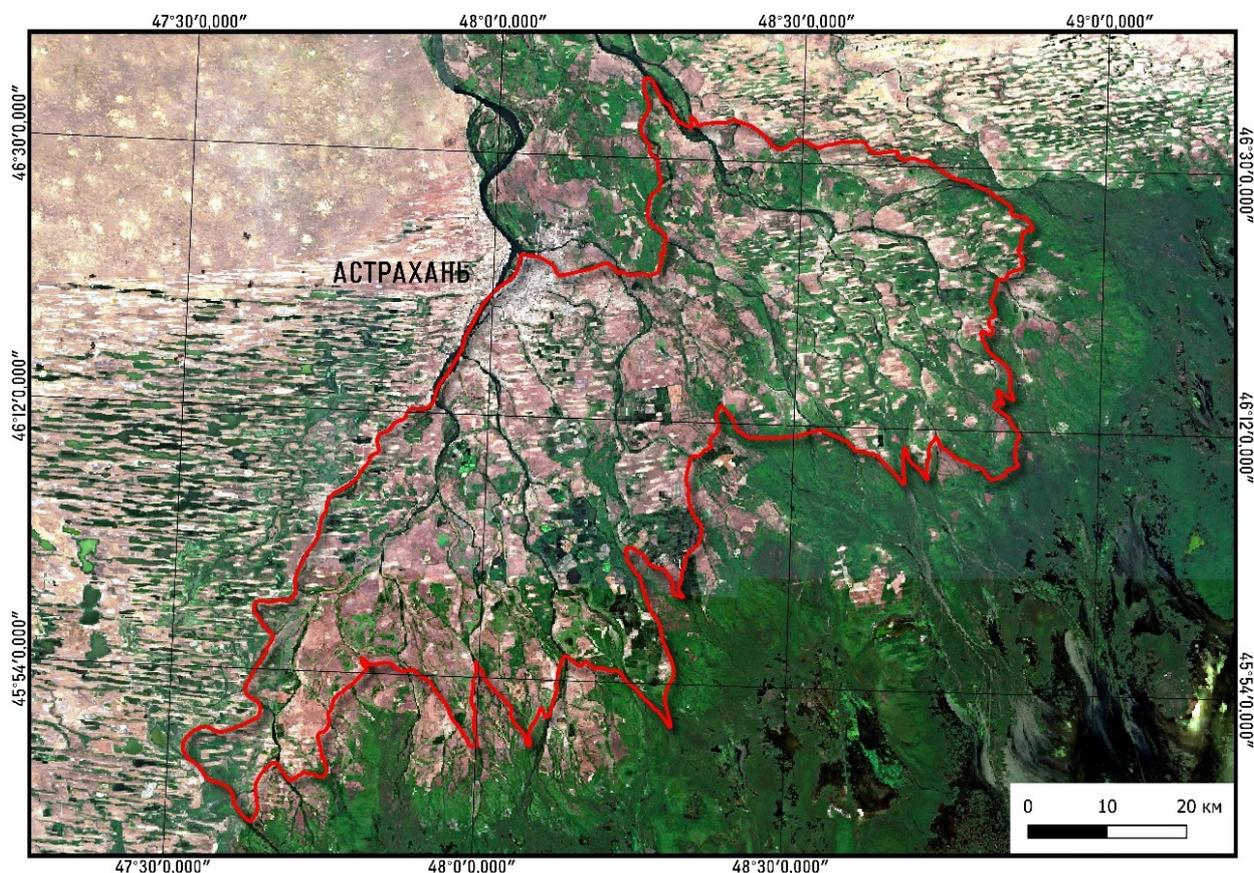
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сегодня в методах и критериях определения экологических каркасов для территорий нет единых алгоритмов и правил. Это вызвано отсутствием общепринятых принципов выделения экологического каркаса и недостатком рекомендаций по его созданию. Различные методы могут лечь в основу формирования элементов экологического каркаса, что подчеркивает важность исследований в этой области [Батуев, Лопаткин, 2008]. В данном исследовании при разработке ЛЭК дельты р. Волги применены системный, ландшафтный и картографический подходы.

Применение системного метода дает возможность рассматривать ландшафтно-экологический каркас как систему, где все элементы взаимосвязаны между собой и взаимобусловлены. Такой подход позволяет более эффективно как управлять природными комплексами, так и охранять их.

Ландшафтный метод — это мощный инструмент, который позволяет глубже понять природные условия региона и их изменения под воздействием человеческой деятельности. Важной частью ландшафтного метода является анализ природных геосистем и их

изменений, вызванными человеческой деятельностью. Эта комплексность позволяет выделить ключевые малонарушенные геосистемы, которые могут войти в состав ЛЭК. Ландшафтный метод позволяет не только лучше понять уникальность и взаимосвязь различных геосистем, но и выработать более эффективные стратегии управления природными ресурсами с учетом человеческого вмешательства в окружающую среду.



*Рис. 1. Границы центрального подрайона ландшафта дельты р. Волги (границы по [Занозин, Бармин, 2018])*

*Fig. 1. General scheme outline of the border of the central part of the Volga River delta (borders by [Zanozin, Barmin, 2018])*

Картографический метод совместно с применением данных дистанционного зондирования Земли дает возможность раскрыть пространственную структуру природных систем различного ранга и их антропогенные преобразования и обосновать пространственную организацию геосистем. В работе использовались космические снимки аппаратов Sentinel-2A и 2B, которые были получены в весенний, летний и осенний периоды 2018–2023 гг. Полный цикл исследования выполнялся в программном комплексе геоинформационной системы QGIS (v. 3.10–3.22.4), а также программном комплексе SNAP (Sentinel Application Platform).

Идентификация опорных геосистем как ключевых структурных элементов ландшафтно-экологического каркаса была реализована в несколько этапов. Первый заключался в комплексном физико-географическом исследовании центрального подрайона ландшафта дельты р. Волга. В ходе таких работ в исследуемом регионе было выделено пять групп локальных геосистем ранга «урочище», исходя из их происхождения и морфологии:

- русловые;
- култучные;
- бугровые;
- сформировавшиеся на основе морских островов;
- гидрологические (ильмени).

В группе култучных урочищ было выделено семь видов ПТК. Три вида ПТК отнесены в группу урочищ, сформированных на основе морских островов. Пять видов ПТК были включены в группу гидрологических урочищ (без учета рек и водотоков). Пять видов ПТК были отнесены в группу бугровых урочищ:

- сами бугры Бэра;
- бугровые шлейфы;
- межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, высокого уровня;
- межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, среднего уровня;
- межбугровые урочища, пологовогнутые равнинные, низкого уровня.

В рамках исследования центрального подрайона ландшафта дельты р. Волги в ГИС-среде был проведен анализ взаимосвязей и пространственной структуры локальных геосистем региона. В результате была создана векторная карта, которая демонстрирует распределение основных природных территориальных комплексов в исследуемой местности. В ходе исследования было выявлено 2 712 уникальных ландшафтных выделов (контурных единиц), что подчеркивает разнообразие и сложность ландшафтного устройства данного региона.

Следующий этап заключался в установлении степени антропогенной преобразованности выявленных естественных природно-территориальных комплексов. Используя как отечественные, так и зарубежные исследования по данной теме, было отобрано несколько факторов преобразованности, например, застройка городская и сельская, залежные земли и земли, используемые под пашни; карьеры, дороги, кладбища; сенокосы и пастбища. На основе интеграции математического аппарата был рассчитан коэффициент антропогенной преобразованности ( $L_{antropo}$ ) естественных урочищ (рис. 2) по разработанной формуле (1) [Занозин и др., 2019; Занозин, 2021]:

$$L_{antropo} = \frac{SA_1 * k_1 + SA_2 * k_2 + \dots + SA_n * k_n}{S_{NTC}} \quad (1),$$

где  $SA$  — площадь модифицированного участка природного территориального комплекса;  
 $k$  — числовой коэффициент степени антропогенной преобразованности ПТК;  
 $S_{NTC}$  — площадь естественного природного территориального комплекса.

Принимая во внимание концепцию Н. Ф. Реймерса, где естественная структура представлена в виде пространственной сетки, охватывающей всю территорию, а также используя особый метод построения карт, известный как «точки Вурмана» (созданный Ричардом Саулом Вурманом в ходе работы над «Атласом городов» [Passonneau, Wurman, 1966]), и полученные данные, была создана картографическая модель, которая отображает статистическое положение урочищ в центральном подрайоне ландшафта дельты р. Волги, рекомендованных для включения в ландшафтно-экологический каркас. «Точки Вурмана» в «Атласе городов» отображают статистическую информацию на значительную площадь и представляют собой сетку из окружностей фиксированной ширины, внутри которых

расположены окружности, несущие основную смысловую нагрузку карты. Например, карты в книге выражают плотность с помощью символа, внутренняя заливка которого основана на значении плотности населения для этой ячейки (рис. 3а). Более заполненные символы представляют более высокие значения, а менее заполненные окружности отображают наименьшую плотность населения [Amoroso, 2010; Katz, 2012]. Использование такого стиля отображения пространственной информации хорошо работает, когда необходимо показать, где сосредоточены основные статистические показатели, в каком месте расположены проблемные части.

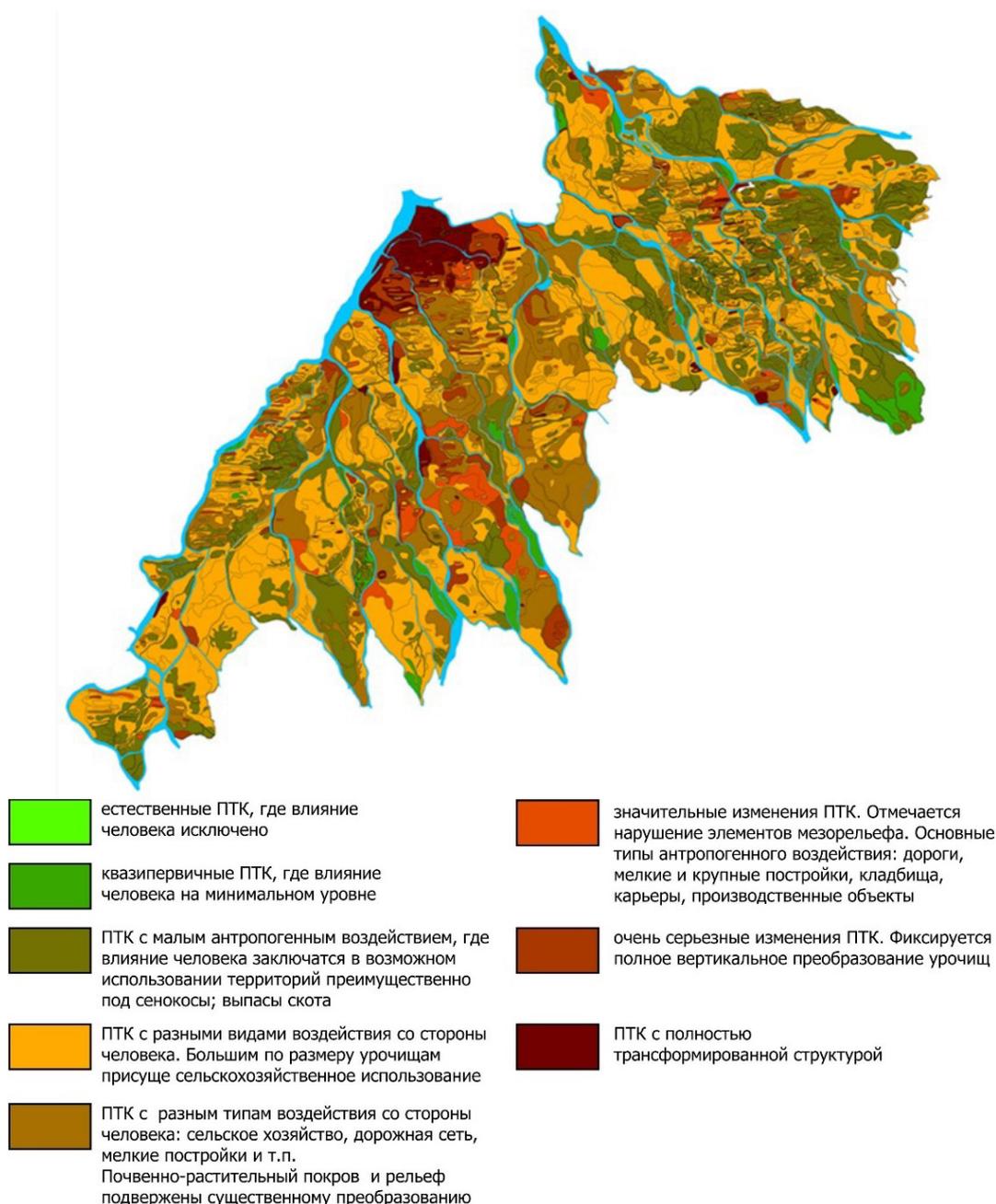


Рис. 2. Схема антропогенного преобразования ПТК центрального подрайона ландшафта дельты реки Волга (согласно формуле  $L_{antropo}$ )

Fig. 2. Scheme of anthropogenic transformation of natural territorial complexes of the central sub-area of the Volga River delta landscape (according to the  $L_{antropo}$  formula)

В географических исследованиях применение регулярных геометрических сеток является избранной методологией, что обусловлено стремлением минимизировать гетерогенность, которая характерна для фигур со свободными очертаниями (которыми, собственно, и являются естественные ПТК того или иного ранга). В настоящее время исследователи применяют сетки, состоящие из равносторонних многоугольников. Внешний облик таких полигонов способствует формированию целостной мозаики исследуемой территории, которая исключает формирование наложений и пробелов. Это дает возможность продуцировать однородные сети, охватывающие всю исследуемую площадь. Однако, как было описано выше, в оригинальных работах «точками Вурмана» были представлены окружности фиксированного диаметра.

Для настоящего исследования было принято решение использовать данный стиль оформления проектируемой карты для отображения пространственной организации ландшафтно-экологического каркаса, но с его некоторой модификацией.

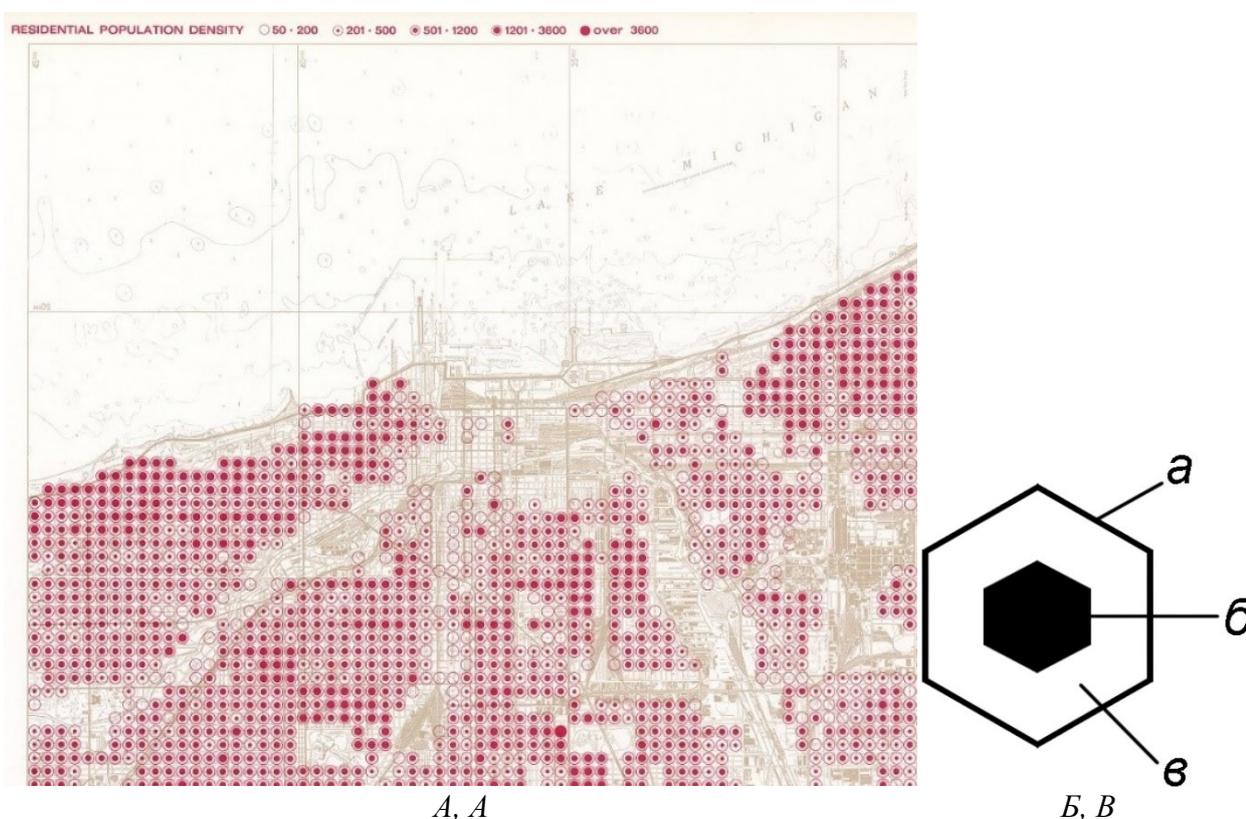


Рис. 3. А — Фрагмент карты плотности населения Чикаго;  
Б — ячейка-гексагон, где а — внешняя фиксированная ячейка площадью 21,65 км<sup>2</sup>,  
б — внутренняя ячейка фиксированного размера, в — буферная зона между двумя фиксированными ячейками, отражающая смысловую нагрузку тематической карты  
Fig. 3. А — fragment of Chicago North, Chicago South Residential Population Density Map;  
Б — a hexagon cell, where а is an external fixed cell with an area of 21.65 км<sup>2</sup>,  
б is an internal fixed hexagon, в is a buffer zone between two fixed cells reflecting the semantic information of the thematic map

Во-первых, в данном исследовании вместо окружностей была апробирована сетка шестиугольников-гексагонов, успешно примененная при географических исследованиях на других территориях [Griffith et al., 2000; Schindler et al., 2008; Braun, Hochschild, 2017].

Построение гексагональной сети зависело от нескольких факторов. Размер анализируемой пространственной ячейки гексагональной сети подбирался с условием исключения вероятности соответствия ее размеров с минимальным размером типов территориальных комплексов (ПТК). Также было предотвращено включение только одного ПТК в границы одной гексагональной ячейки. Использование чрезмерно больших размеров ячеек также было исключено, т. к. это могло привести к включению в ячейку сети значительного количества ландшафтных единиц. В итоге площадь целой внешней фиксированной ячейки составила 21,65 км<sup>2</sup> (рис. 3б). Этот подход позволил минимизировать вероятность статистического искажения данных при проведении ландшафтно-структурных измерений. Регулярная сеть ячеек-гексагонов полностью покрывала регион исследования, осколочных ячеек не создавалось.

Размер внутренней фиксированной ячейки оставался неизменным. Оставшееся пространство между двумя гексагонами составляет смысловую нагрузку картографической модели: малый гексагон является «отправным» значением для будущего буфера, который зависит от выборки информации в каждом внешнем гексагоне.

Процесс заполнения промежутка между двумя фиксированными гексагонами заключался в поиске того, какой должна стать буферная зона от малого фиксированного гексагона относительно внешнего в зависимости от содержащегося в нем числа естественных ПТК (полигонов). Для этого сначала был рассчитан процент содержания ПТК во внешнем гексагоне: количество ПТК в выбранном гексагоне было поделено на максимальное значение ПТК, зафиксированное в одном из гексагонов, а затем полученное число было умножено на значение буферной зоны между фиксированными ячейками-гексагонами. Тем самым была получена «плавающая» ячейка, содержащая в себе статистическую информацию о количестве ПТК в одной из внешних фиксированных ячеек.

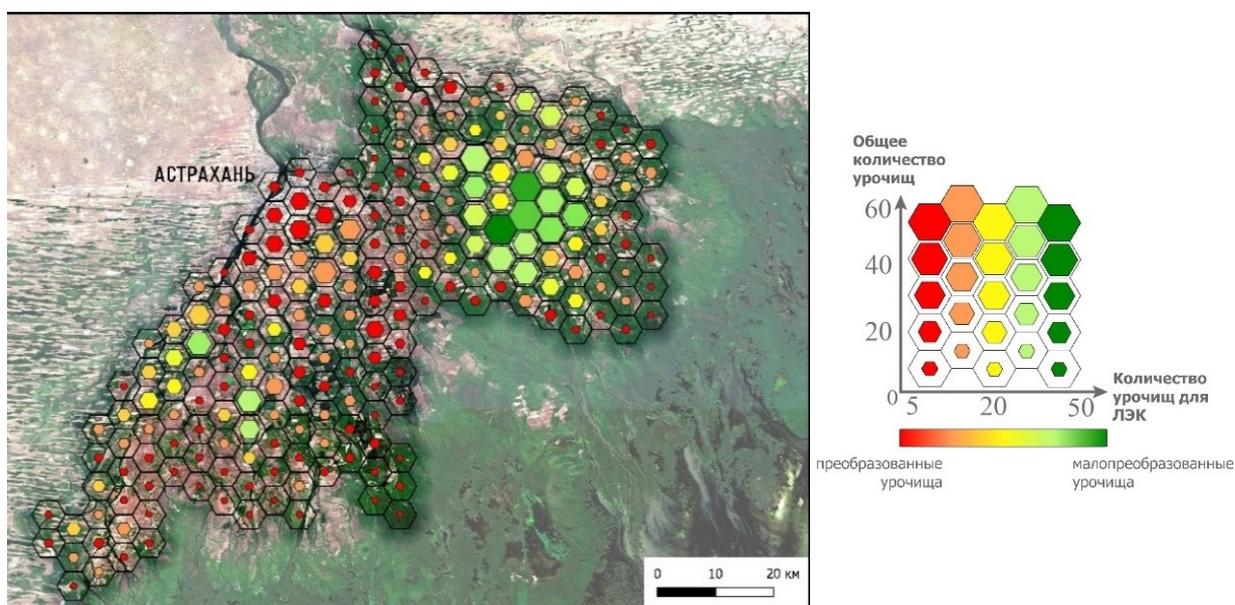


Рис. 4. Картограмма пространственно-статистического положения урочищ, рекомендованных для включения в ЛЭЖ центрального подрайона ландшафта дельты реки Волги  
Fig. 4. Scheme of the spatial and statistical position of the natural territorial complexes, recommended for inclusion in the ecological framework of the central part of the Volga Delta landscape

Второй модификацией стиля стало добавление цвета «плавающей» ячейке для отображения дополнительной переменной, выраженной в количестве ПТК, которые можно рекомендовать для включения в ландшафтно-экологический каркас центрального подрайона ландшафта дельты реки Волги. Итоговый результат картографической модели пространственной организации ландшафтно-экологического каркаса представлен на рис. 4.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интерпретация смысловой нагрузки полученной картографической модели также представлена на рис. 4. Размер «плавающих» гексагонов зависит от общего количества ландшафтных выделов (полигонов), находящихся в рассматриваемых внешних гексагонах с фиксированной площадью. Количество полигонов отображается по оси ординат. Цвет внутренних гексагонов зависит от количества ландшафтных полигонов, находящихся в рассматриваемых гексагонах с фиксированной площадью и рекомендованных к включению в ЛЭК центрального подрайона ландшафта дельты р. Волга.

Количество таких выделов (полигонов) отображается по оси абсцисс. Анализ распределения урочищ на заданном участке возможен при рассмотрении размера полигонов внутри стандартизированных гексагональных секций фиксированной площади. Обнаружение малых полигонов красного цвета означает, что количество урочищ, а также их пригодность для интеграции в структуру экологического каркаса на данной местности низка. В контрасте, наличие в таком же гексагоне крупных зеленых полигонов указывает на обратную ситуацию: присутствие значительного количества урочищ, которые представляют интерес для включения в экологический каркас.

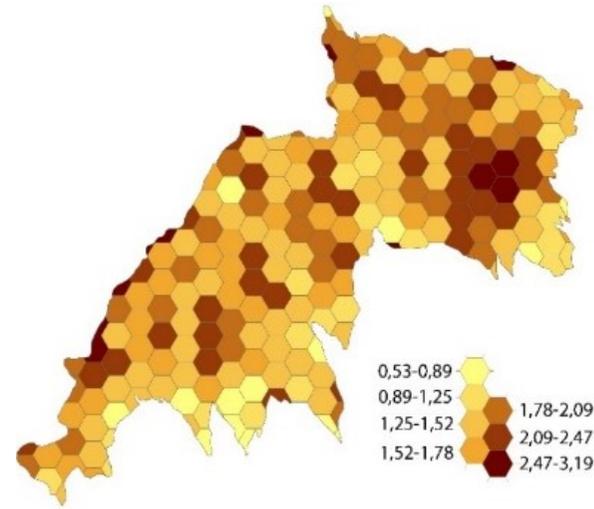
Картографическая модель пространственной организации ландшафтно-экологического каркаса была сопоставлена с результатами расчета индексов ландшафтного разнообразия, в ходе которых также была построена регулярная сетка ячеек гексагонов, и построена корреляционная матрица (рис. 5) [Занозин и др., 2020].

В ходе пространственно-аналитического анализа организации ЛЭК было установлено несколько зон, где зафиксированные геосистемы могут служить основой формируемого ландшафтно-экологического каркаса.

Высокий уровень корреляции данных был установлен между такими метриками, как коэффициенты ландшафтной дробности и сложности. Эти коэффициенты отображают среднее число дифференцированных ландшафтных единиц и соотношение их количества к занимаемой средней площади, что, в свою очередь, обеспечивает научно-обоснованную основу проектирования ландшафтно-экологического каркаса.

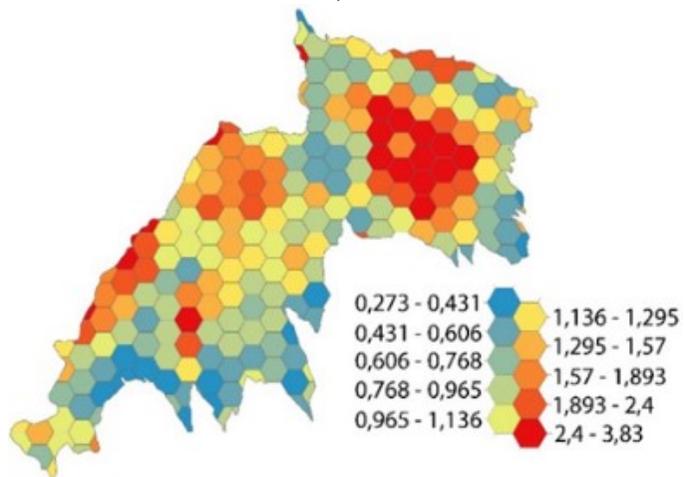
Гексагоны с большим количеством ландшафтных выделов и минимальным уровнем антропогенного влияния на их территории рекомендуются для включения в экологический каркас исследуемого района. Именно эти обстоятельства и служат еще одним доказательством правомочности использования рассмотренных методических приемов.

	POINTofECO	Ldr	Lsl	Lmh	Lm	Lb
POINTofECO	1.00	0.77	0.87	0.40	0.56	0.48
Ldr	0.77	1.00	0.90	0.72	0.77	0.71
Lsl	0.87	0.90	1.00	0.47	0.61	0.54
Lmh	0.40	0.72	0.47	1.00	0.61	0.94
Lm	0.56	0.77	0.61	0.61	1.00	0.70
Lb	0.48	0.71	0.54	0.94	0.70	1.00

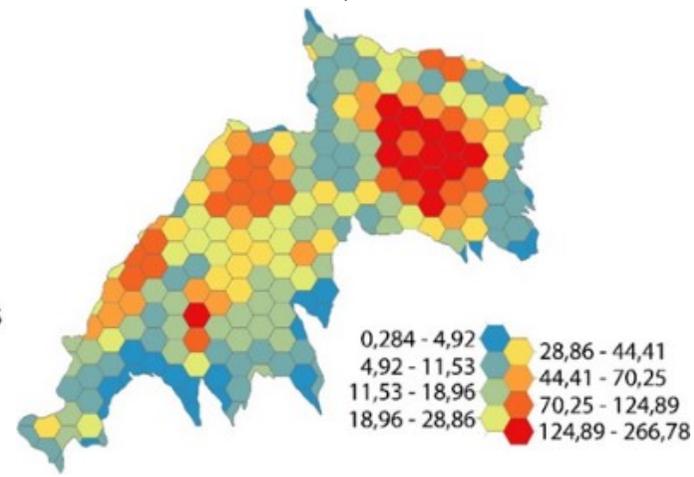


*a, a*

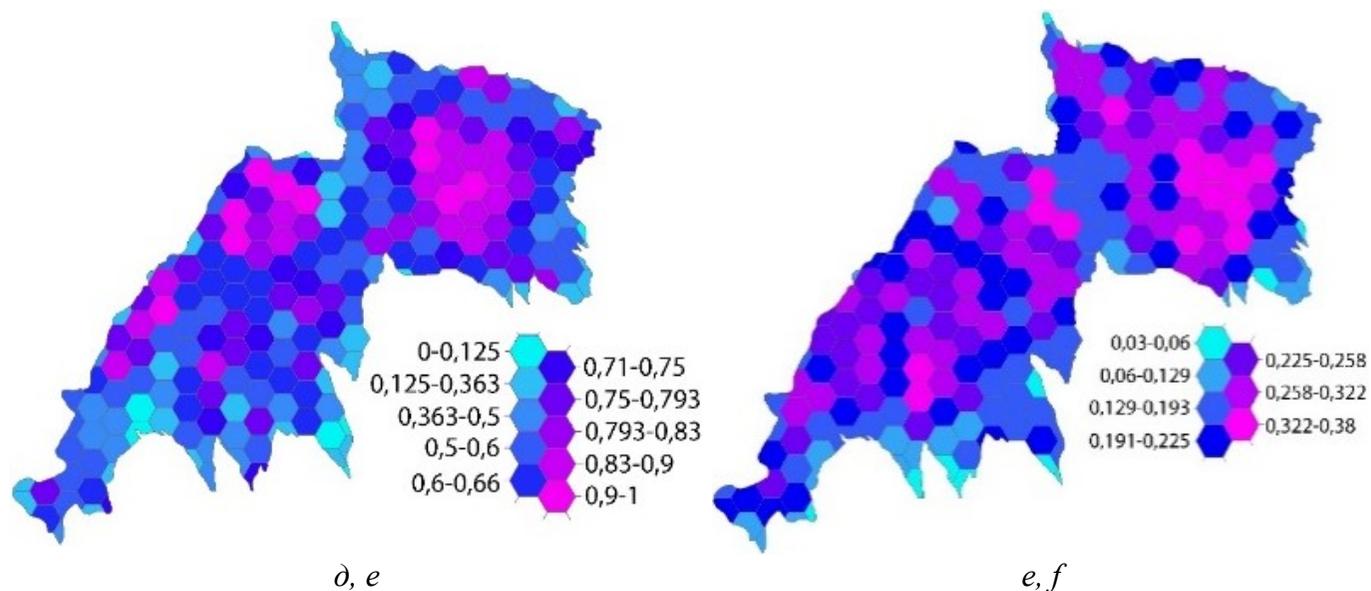
*b, b*



*c, c*



*d, d*



*Рис. 5. а — корреляционная матрица пространственно-статистического анализа урочищ, рекомендованных для включения в ЛЭК и результатов анализа ландшафтного разнообразия, где POINTofECO — количество урочищ, рекомендованных во включение в ЛЭК, Ldr — индекс ландшафтной дробности, Lsl — индекс ландшафтной сложности, Lm — индекс ландшафтной мозаичности, Lb — индекс относительного богатства, Lmh — индекс Менхиника.*

*Схемы ландшафтного разнообразия центрального подрайона ландшафта дельты реки Волга, где: б — ландшафтное разнообразие по индексу Менхиника, в — ландшафтная дробность, г — ландшафтная сложность, д — ландшафтная мозаичность, е — относительное ландшафтное богатство*

*Fig. 5. a — correlation matrix of spatial and statistical analysis of natural territorial complexes recommended for inclusion in the landscape ecological framework and the results of landscape diversity analysis, where POINTofECO — number of natural territorial complexes recommended for inclusion in ecological framework, Ldr — landscape fragmentation index, Lsl — landscape complexity index, Lm — landscape mosaic index, Lb — relative richness index, Lmh — Menchinik index.*

*Schemes of landscape diversity of the central sub-area of the Volga River delta landscape, where: b — landscape diversity according to Menchinik index, c — landscape fractionality, d — landscape complexity, e — landscape mosaicity, f — landscape relative richness*

## ВЫВОДЫ

Примененный в проведенном исследовании модифицированный стиль точек Вурмана отличается рядом особенностей. Во-первых, для анализа была использована сетка гексагонов. В отличие от исследований, где используются окружности, шестиугольники позволили уменьшить смещение выборки из-за краевых эффектов, вызванных геометрией сетки, что связано с низким значением соотношения периметра к площади шестиугольника. Наименьшее соотношение имеет окружность, но окружности не могут создать замощение в виде непрерывной сетки. Шестиугольники обладают наиболее близкой к окружности геометрией и могут складываться в мозаику, формируя равномерную сетку.

Во-вторых, использование модифицированного стиля точек Вурмана в виде гексагональной сетки позволяет одновременно показать несколько явлений и отношения между явлениями (проценты, медианы, средние значения и т. п.). Однако важно помнить, что только определенное количество переменных может быть разумно отображено в одной ячейке гексагональной сети.

Помимо этого, результаты выполненного пространственно-статистического анализа коррелируют как с анализом ландшафтного разнообразия центрального подрайона дельты р. Волги, так и с результатами анализа антропогенного преобразования урочищ рассматриваемого региона.

В рамках создания ландшафтно-экологического каркаса исследуемого региона примерами рекомендуемых во включение в ландшафтно-экологический каркас могут быть такие ПТК, как незначительно трансформированные антропогенным воздействием боровские бугры и прилегающие к ним култучно-равнинные урочища восточной периферии с. Бекетовки, слабоизмененные человеком култучные и русловые урочища, сосредоточенные к западу от с. Образцово-Травино. По результатам выполненных исследований наибольшее их количество соответствует участкам с высокой степенью ландшафтного разнообразия, что часто коррелирует с пространственным совпадением или близостью к особо охраняемым природным территориям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Батуев А. Р., Лопаткин Д. А.* Обоснование и картографирование территориальной структуры экологического каркаса региона. Известия Иркутского Государственного Университета. Серия: Науки о Земле, 2008. № 1. С. 61–82.

*Белов С. А.* Перспективы развития ландшафтно-экологического каркаса в городе Челябинске и его окрестности. Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: Материалы 67-й научной конференции Южно-Уральского государственного университета. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. С. 137–143.

*Занозин В. В.* Структура и современное антропогенное преобразование центрального района ландшафта дельты реки Волга. Диссертация кандидата географических наук: 25.00.23. Астрахань, 2021. 203 с.

*Занозин В. В., Бармин А. Н.* Особенности районирования дельтовых ландшафтов. Геология, география и глобальная энергия, 2018. № 3(70). С. 134–142.

*Занозин В. В., Бармин А. Н., Валов М. В.* Исследования степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов. Геология, география и глобальная энергия, 2019. № 4(75). С. 168–183.

*Занозин В. В., Бармин А. Н., Ямашкин С. А., Ямашкин А. А.* Методы и алгоритмы оценки ландшафтного разнообразия в морфологическом аспекте на примере центральной части дельты реки Волги. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции. М.: Издательство

Московского университета, 2020. Т. 26. Ч. 4. С. 114–130. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-114-130.

*Казаков Л. А.* Ландшафтоведение: природные и природно-антропогенные ландшафты. М.: МНЭПУ, 2004. 264 с.

*Пономарев А. А., Байбаков Э. И., Рубцов В. А.* Экологический каркас: анализ понятий. Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные Науки, 2012. Т. 154. № 3. С. 228–238.

*Реймерс Н. Ф.* Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.

*Стаценко Е. А., Корнилов А. Г., Жеребненко Ю. С.* Экологический каркас Белгородской области как основа устойчивого развития региона. Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе. Ч. 1. Материалы электронной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 264–267.

*Amoroso N.* The Exposed City: Mapping the Urban Invisibles. 1st ed. New York: Routledge, 2010. 192 p.

*Braun A., Hochschild V. A.* SAR-Based Index for Landscape Changes in African Savannas. Remote Sensing, 2017. V. 9. 359 p. DOI: 10.3390/rs9040359.

*Griffith J., Martinko E., Price K.* Landscape Structure Analysis of Kansas at Three Scales. Landscape and Urban Planning, 2000. V. 52. P. 45–61. DOI: 10.1016/S0169-2046(00)00112-2.

*Katz J.* Designing Information: Human Factors and Common Sense in Information Design. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2012. 224 p.

*Passonneau J., Wurman R. S.* Urban Atlas: 20 American Cities, a Communication Study Notating Selected Urban Data. MIT Press, 1966. 160 p.

*Schindler S., Poirazidis K., Wrška T.* Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: A case study from Dadia National Park, Greece. Ecological Indicators, 2008. No. 8. P. 502–514. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.06.001.

## REFERENCES

*Amoroso N.* The Exposed City: Mapping the Urban Invisibles. 1st ed. New York: Routledge, 2010. 192 p.

*Batuev A. R., Lopatkin D. A.* Substantiating and mapping of territorial structure of the ecological network of the region. Izvestiya Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: “Nauki o Zemle” (The Bulletin of Irkutsk State University. Series: “Earth Sciences”), 2008. No. 1. P. 61–82 (in Russian).

*Belov S. A.* Accounting of the Territorial Structure of the Environmental Framework when Planning and Building the City of Chelyabinsk. Section of Technical Sciences: Proceedings of 67 Scientific Conference of SUSU. Chelyabinsk: SUSU Publishing Centre, 2013. P. 137–143 (in Russian).

*Braun A., Hochschild V. A.* SAR-Based Index for Landscape Changes in African Savannas. Remote Sensing, 2017. V. 9. 359 p. DOI: 10.3390/rs9040359.

*Griffith J., Martinko E., Price K.* Landscape Structure Analysis of Kansas at Three Scales. Landscape and Urban Planning, 2000. V. 52. P. 45–61. DOI: 10.1016/S0169-2046(00)00112-2.

*Katz J.* Designing Information: Human Factors and Common Sense in Information Design. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2012. 224 p.

*Kazakov L. A.* Landscape science (natural and anthropogenic landscapes). Moscow: MNEPU, 2004. 264 p. (in Russian).

*Passonneau J., Wurman R. S.* Urban Atlas: 20 American Cities, a Communication Study Notating Selected Urban Data. MIT Press, 1966. 160 p.

*Ponomarev A. A., Baibakov E. I., Rubtsov V. A.* Ecological framework: analysis of concepts. Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki (Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series), 2012. No. 3. V. 154. P. 228–238 (in Russian).

*Reimers N. F.* Nature Management: Dictionary-Reference Book. Moscow: Mysl', 1990. 637 p. (in Russian).

*Schindler S., Poirazidis K., Wrbka T.* Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: A case study from Dadia National Park, Greece. Ecological Indicators, 2008. No. 8. P. 502–514. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.06.001.

*Statsenko E. A., Kornilov A. G., Zhrebneenko Y. S.* Ecological framework of Belgorod region as a basis for sustainable development of the region. Geographical bases of formation of ecological networks in Russia and Eastern Europe. Part 1. Proceedings of the Electronic Conference. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2011. P. 264–267 (in Russian).

*Zanozin V. V.* Structure and modern anthropogenic transformation of the central area of the landscape of the Volga River delta. Dissertation of PhD of Geographical Sciences: 25.00.23, V. V. Zanozin. Astrakhan, 2021. 203 p. (in Russian).

*Zanozin V. V., Barmin A. N.* Features of division into districts of deltoid landscapes. Geology, Geography and Global Energy, 2018. No. 3(70). P. 134–142 (in Russian).

*Zanozin V. V., Barmin A. N., Valov M. V.* Studies of the degree of anthropogenic transformation of natural territorial complexes. Geology, Geography and Global Energy, 2019. No. 4(75). P. 168–183 (in Russian).

*Zanozin V. V., Barmin A. N., Yamashkin S. A., Yamashkin A. A.* Methods and algorithms for assessing landscape diversity in morphological terms on the example of the central part of the Volga River Delta. InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International Conference. Moscow: Moscow University Press, 2020. V. 26. Part 4. P. 114–130 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-114-130.