

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБЗОРНОГО ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ<sup>1</sup>

**Е.И. Сенная**

*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина  
Украина, 61022, г. Харьков, пл. Свободы, 4*

*E-mail: elena-sennaja@rambler.ru*

В статье систематизированы теоретико-методические подходы к применению геоинформационных технологий в обзорном ландшафтно-экологическом картографировании. Предложен алгоритм геоинформационной обработки данных для определения экологического состояния ландшафтов и его картографического отображения. Алгоритм апробирован в процессе обзорного ландшафтно-экологического картографирования Харьковской и Белгородской областей.

Ключевые слова: ландшафтно-экологическое картографирование, антропогенная нагрузка, устойчивость среды, геоинформационные технологии.

### Введение

В контексте нарастающих проблем взаимодействия природы и общества всё более необходимым признаётся анализ экологического состояния территорий с учётом их ландшафтных особенностей. Актуальной задачей является систематизация теоретико-методических подходов к применению геоинформационных технологий в процессе ландшафтно-экологических исследований и картографического представления их результатов. В статье представлен вариант решения этой научной проблемы.

Процесс ландшафтно-экологического картографирования рассматривается как часть и один из ключевых результатов последовательных ландшафтных исследований, в основе которых лежат теоретические разработки классического (генетического) ландшафтоведения, представленные в работах Л.Г. Раменского, Н.А. Солнцева, С.В. Калесника, А.Г. Исаченка, И.И. Мамай и др. и реализованные в общенаучном ландшафтном картографировании [1, 2 и др.]. Из зарубежных исследований следует отметить некоторую согласованность принципов ландшафтно-экологического картографирования с работами по ландшафтному планированию (проектированию), которые в частности получили развитие в Германии и других странах Европы, а также перекликаются с рядом работ российских учёных [3]. Подходы к созданию карт в процессе ландшафтно-экологических исследований могут быть частично заимствованы из опыта, накопленного в различных эколого-ориентированных направлениях тематического картографирования [4, 5, 6, 7, 8].

Следует разграничить понятия общенаучной и тематических (прикладных) ландшафтных карт. Общенаучные карты дают представление о морфологической дифференциации исследуемой территории, качественных и некоторых количественных отличиях выделенных единиц. Прикладные ландшафтные карты – в том числе констатационные, оценочные, прогнозные – предназначены для решения вопросов практического значения определённой отрасли, направления и содержат дополнительную информацию о ландшафтах. Чаще всего, прикладные ландшафтные карты создаются на основе общенаучной [2]. Исходя из этого, создание ландшафтно-экологических карт можно определить как одно из направлений прикладного ландшафтного картографирования. При этом, ландшафтно-экологические карты отображают экологическую и (или) природоохранную информацию, оценка которой осуществлена с позиций природной системы (а именно – ландшафта или отдельных его морфологических частей), реагирующей на совокупность разнообразных влияний,

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-05-90900-моб\_снг\_ст) на базе ФРЦАиНМОиПР БелГУ.



взаимосвязей, динамичных изменений, которые происходят в ней вследствие действия как природных, так и антропогенных факторов окружающей среды. Исходя из этого, основной территориальной единицей картографирования являются ландшафтные комплексы и (или) их морфологические части [9]. В процессе картографирования изучается экологическое состояние ландшафтов, которое определяется через систему частных показателей и основанных на них – интегральных оценок. Как результат определения общей антропогенной нагрузки на ландшафты с учётом устойчивости природной среды, создаются отдельные карты и серии карт, позволяющие выявить существующие экологические проблемы и прогнозировать их развитие в целом и по отдельным направлениям.

Целью исследований, представленных в статье, является обоснование теоретико-методических подходов к использованию геоинформационных технологий в обзорном ландшафтно-экологическом картографировании и их практическая апробация на примере конкретной территории. Исходя из поставленной цели, нами были решены следующие задачи: 1) разработка алгоритма определения общего экологического состояния ландшафтов с учётом необходимости его пространственного отображения на карте; 2) определение последовательности осуществления обзорного ландшафтно-экологического картографирования и содержания каждого из этапов работы; 3) анализ существующих алгоритмов и средств геоинформационной обработки данных, выбор методики работы в ГИС для целей обзорного ландшафтно-экологического картографирования.

### **Объекты и методы исследования**

Объектом обзорного ландшафтно-экологического картографирования является пространственно-временная совокупность экологических проблем, которые возникли или могут проявиться в пределах определённой группы ландшафтов и (или) морфологических частей ландшафтов, и (или) мероприятий по оптимизации экологического состояния ландшафтов и природопользования в их пределах. Предметом исследований являются теоретико-методические подходы, связанные с применением геоинформационных технологий и данных ДЗЗ для картографического отображения представлений о современном и перспективном экологическом состоянии ландшафтов.

Практическая реализация представленных в статье подходов выполнена на примере территории Белгородской области Российской Федерации и Харьковской области Украины. Уровень административных областей, казалось бы не всегда приемлемый для ландшафтных исследований, является целесообразным в рамках ландшафтно-экологических работ. Это, прежде всего, связано с тем, что именно в пределах единиц регионального уровня планируется и осуществляется эколого-природоохранная деятельность. Кроме того, изучение особенностей экологического развития приграничных территорий, схожих по природным условиям, но отличающимся по государственной принадлежности и соответственно – по ряду социально-экономических характеристик, методов оценки экологического состояния природных сред и нормирования антропогенных нагрузок на природные комплексы, позволит выявить существующие проблемы трансграничного загрязнения и взаимодействия природных систем, обосновать требования к проведению международной экологической политики двух стран.

Одним из основных результатов обзорного ландшафтно-экологического картографирования является комплексная ландшафтно-экологическая карта, которая отображает общую оценку и объединяет все предыдущие результаты оценок по отдельным направлениям, а также позволяет проводить дальнейшие исследования по прогнозу развития ситуаций и разработке рекомендаций. Экологическое состояние ландшафтов (ЭСл) определяется по некоторому набору составляющих, а именно – оценке отдельных видов антропогенной нагрузки: промышленной (ПН), транспортной (ТН), сельскохозяйственной (СхН), селитебной (СН), которые в конечном итоге сопоставляются с показателем устойчивости ландшафтов (Ул) (рис. 1).



Рис. 1. Схематический вид определения экологического состояния ландшафтов

На этих принципах основан практически весь процесс исследования – до момента, когда получена общая ландшафтно-экологическая карта, а далее анализируются возможности её использования.

Обзорное ландшафтно-экологическое картографирование осуществляется в несколько этапов с отдельными блоками действий в их составе («подэтапами») (рис. 2).

Для осуществления обзорного ландшафтно-экологического картографирования Белгородской и Харьковской областей, на подготовительном этапе определена методика исследования, апробирован ряд программных средств. Картографирование, в первую очередь, возможно осуществить в масштабе 1:1 000 000, что связано с наличием исходных материалов, прежде всего – базовой ландшафтной основы. Таковыми основами выбраны ландшафтные карты Харьковской области Украины [10] и Центрального Черноземья России [11].

На инвентаризационном этапе, все необходимые исходные данные по двум областям были приведены к одинаковому формату и представлены в единой базе данных. В частности, подготовлен векторный аналог базовой ландшафтной основы, созданы или заимствованы из существующих электронных источников следующие тематические слои (с заполнением атрибутивных таблиц): точечные – полезные ископаемые (тип и вид месторождения), предприятия (количественная и качественная характеристика выбросов), населённые пункты (название, количество жителей), экзогенные геологические процессы (вид, оценка степени риска), природоохранительные территории и объекты (название, тип, площадь); линейные – административные границы, реки, автомобильные дороги (значение), железные дороги (количество путей), газопроводы (транспортируемые вещества); полигональные – крупные водоёмы, распаханность, степень эродированности почв, загрязнение почв тяжёлыми металлами (количественный и качественный состав), способность ландшафтов к самоочищению.



Первичная обработка данных в геоинформационной среде связана с приведением всех данных в форму, необходимую для дальнейшего применения алгоритмов алгебры карт. В частности, созданы слои расстояния от дорог, плотности населения, зон влияния разработки месторождений и экзогенных геологических процессов и т.д. Детальный анализ каждой составляющей позволил представить данные в обоснованных для ландшафтно-экологического исследования интервалах значений, что в последующем упрощает их унифицированную оценку.



Рис. 2. Основные этапы обзорного ландшафтно-экологического картографирования и их содержание

Обработка данных дистанционного зондирования Земли на инвентаризационном этапе позволяет определить современное землепокровие территории, что позволяет на этапе оценки – сопоставить эту информацию со структурой коренных природных ландшафтов и определить степень их изменённости, что важно учитывать при анализе устойчивости среды к антропогенной нагрузке.

На этапе оценки выполняется несколько задач: определяется унифицирован-

ная шкала для всех показателей, рассчитывается нагрузка по отдельным направлениям, осуществляется оценка общего экологического состояния ландшафтов, при этом определяются весовые коэффициенты для учёта всех видов нагрузки и устойчивости.

В представленном исследовании применена унификация шкал с выделением 5 классов. В каждом конкретном случае информация анализировалась с точки зрения уровня экологической опасности (угрозы), под которым понимают определенное значение нагрузки на среду (ландшафт), максимальное действие которого может привести к ухудшению или невозможности функционирования ландшафта [12]. За основу взята система оценок, предложенная Б.И. Кочуровым [13], согласно которой изменения в пределах от 1 до 5 баллов характеризуют прямопропорциональное увеличение нагрузки на среду и соответственно – ухудшение ее качества и отсутствие положительных тенденций развития, то есть отображает изменение состояния среды от нормального до кризисного и даже катастрофического. Для нужд ландшафтно-экологического картографирования шкала оценки несколько модифицирована, учтён опыт балльной оценки отдельных анализируемых явлений или их групп. Присвоение весовых коэффициентов на этапах определения отдельных видов нагрузки и общей оценки экологического состояния ландшафтов осуществлялось экспертным путём.

Этапы прогноза и разработки рекомендаций основаны на анализе полученных оценок. Целесообразным является построение картографических моделей, особенно на основе применения математических алгоритмов расчёта максимальных и минимальных значений показателей в пределах типов ландшафтов, как по отдельным видам нагрузки, так и в целом по общему экологическому состоянию территории.

Оформление и представление результатов исследований на завершающем этапе связаны с необходимостью их систематизации в виде серии карт (с единой компоновкой, в сопоставимых масштабах и т.д.), а также – в соответствии с требованиями и знаниями конечного пользователя (возможно оформление плакатов, презентаций, составление пояснительных записок к картам для их эффективного использования в определённых отраслях и т.д.). Анализ и коррекция результатов исследования на завершающем этапе может проводиться в случае, если конечные результаты не удовлетворяют первичным задачам исследования или являются явно ошибочными. Кроме того, карты (особенно прогнозные и рекомендательные) могут уточняться через определённый промежуток времени – в связи с новыми реалиями социально-экономического и экологического развития территории, что по сути воплощается в новом цикле ландшафтно-экологических исследований.

Современные геоинформационные технологии позволяют значительно усовершенствовать процесс ландшафтно-экологического картографирования, в частности повышая точность расчётов, скорость выполнения операций, представляя возможности визуально-привлекательного оформления результатов. Практически на всех этапах исследования, применяются различные алгоритмы геоинформационной обработки данных, направленные как на решение относительно простых задач (таких как создание первичных слоёв информации), так и на выполнение сложных аналитико-синтетических действий, где задействован математический инструментарий ГИС. Геоинформационная обработка данных в процессе обзорного ландшафтно-экологического картографирования Белгородской и Харьковской областей проводилась с использованием программного обеспечения ArcGIS. На примере этой территории апробирован определённый алгоритм последовательного применения ГИС-инструментария для решения поставленных задач исследования, который доказал свою эффективность и может быть использован при изучении других регионов (табл. 1).

## Результаты

В ходе проведенных исследований, для Белгородской и Харьковской областей созданы карты устойчивости ландшафтов, промышленной, транспортной, сельскохозяйственной и селитебной нагрузки на ландшафты, и достигнут основной результат на данном этапе работы – создана комплексная ландшафтно-экологическая карта, отображающая оценку общего экологического состояния ландшафтов (рис. 3).



Таблица 1

**Последовательность и содержание геоинформационной обработки данных  
в процессе обзорного ландшафтно-экологического картографирования**

Этап обработки	Действия по обработке данных	Инструменты и функции ArcGIS	Результаты
1. Сбор и первичная обработка данных	Создание базы данных, тематических слоёв информации с заполнением атрибутивных таблиц	ArcCatalog и инструменты векторизации и редактирования ArcMap.	Базы данных и первичные тематические слои в их составе
2. Получение новых данных (анализ)	Перевод всех данных в единый формат, доступный для обработки в ГИС; построение тематических растров на основе первичных данных с использованием алгоритмов алгебры карт в ГИС, применение шкал с обоснованными интервалами величин	«Конвертация» в ArcGIS Spatial Analyst; «Плотность», «Расстояние» в ArcGIS Spatial Analyst	Первичные тематические растры, новые аналитические показатели
3. Переклассификация данных (анализ и оценка)	Замена шкал тематических растров с абсолютными показателями – единой унифицированной шкалой с относительной оценкой	«Переклассификация» ArcGIS Spatial Analyst	Вторичные тематические растры с унифицированной шкалой
4. Объединение наборов данных (синтез)	Присвоение веса и объединение (сложение) тематических растров	«Калькулятор растров» ArcGIS Spatial Analyst	Новые тематические растры на основе синтеза
5. Пересчёт данных относительно ландшафтов	Расчёт значений (среднего, максимального и т.п.) по синтетическим тематическим растрам – для отдельных «зон» (полигонов векторной ландшафтной карты)	«Зональная статистика» ArcGIS Spatial Analyst	Векторные карты

База данных для территории двух областей, созданная в процессе ландшафтно-экологического картографирования, может быть использована для задач различных направлений географических исследований, особенно связанных с изучением приграничных регионов.

Созданные картографические произведения наглядно отображают приуроченность определённых видов нагрузок к тем или иным типам ландшафтов, кроме того, совместный анализ отдельных отраслей – даёт возможность установить ведущие факторы формирования общего экологического состояния территории, выявить центры наибольшей экологической напряжённости. В рамках исследуемой территории чётко проявляется влияние крупных населённых пунктов (в первую очередь, Белгорода и Харькова) на прилегающие ландшафты, заметно влияние промышленности (и часто добавочных к ней транспортной и селитебной нагрузок) – например, в районе Старого Оскола и Губкина Белгородской области, и Балаклеи, Изюма, Купянска Харьковской области.

Ряд других особенностей проявляется при сопоставлении карт отдельных видов нагрузок с картой устойчивости ландшафтов. Логично, например, что сельскохозяйственная нагрузка приурочена к плакорам, что связано, прежде всего, с высоким уровнем распаханности земель, но при этом отдельные пойменные и овражно-балочные участки характеризуются более высоким уровнем сельскохозяйственной нагрузки, что может быть обусловлено их интенсивным использованием в сельском хозяйстве, но также – миграцией и накоплением химических загрязнителей в этих участках и невысокой их устойчивостью в целом.

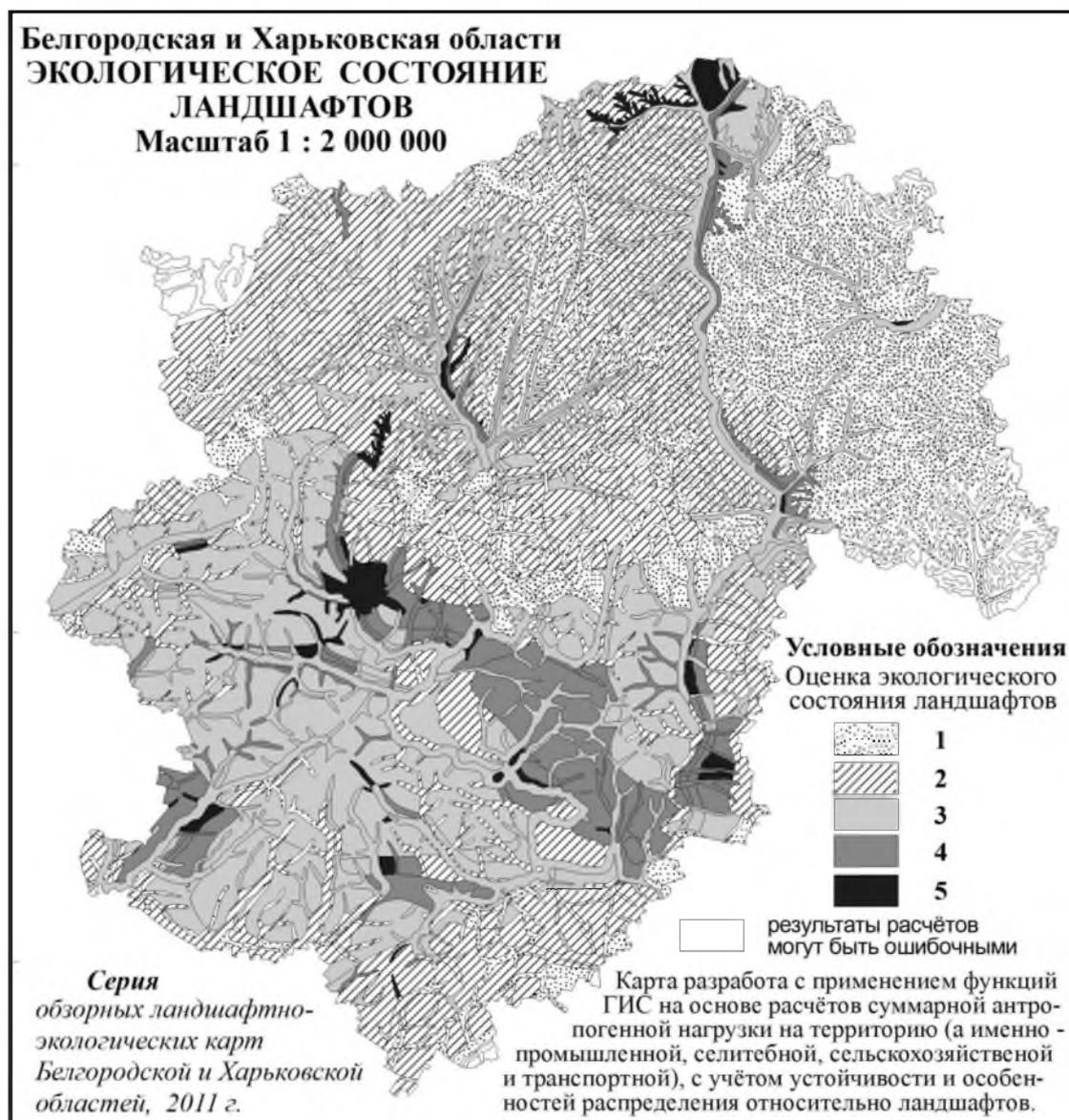


Рис. 3. Ландшафтно-экологическая карта Белгородской и Харьковской областей (базовая карта ГИС – ландшафтная карта масштаба 1 : 1 000 000)

### Выводы и перспективы

Таким образом, на данном этапе исследования достигнуты поставленные задачи и получены соответствующие результаты:

1. На основе существующего опыта экологических оценок, общее экологическое состояние ландшафтов предлагается определять через систему частных оценок ведущих видов антропогенной нагрузки (промышленной, транспортной, сельскохозяйственной, селитебной) и их сопоставления с устойчивостью ландшафтов. Каждая из частных оценок основана на системе показателей и первичных картографических слоёв информации, представленных в геоинформационной базе данных. При этом, важно, что картографическое представление данных и более эффективный пространственно-временной анализ экологического развития среды требуют использования детальных показателей производства и потребления ресурсов, влияния на природные компоненты и ландшафты в целом каждого из видов антропогенной нагрузки. Оптимальный набор таких показателей был предложен в рамках проведённого исследования.

2. Общепринятой в ряде географических исследований является последовательность этапов работы: «инвентаризация-оценка-прогноз-рекомендации», в преде-



лах каждого из которых решается определённый перечень задач. В представленной работе охарактеризована специфика этих этапов для процесса обзорного ландшафтно-экологического картографирования, в частности необходимость на каждом из этапов анализировать как общие тенденции экологического состояния ландшафтов, так и отдельные природные и антропогенные факторы влияния. Кроме того, на каждом из этапов предлагается представление результатов в картографической форме. Это условие не всегда соблюдается в исследованиях, подобных представленному, особенно на этапах прогноза и рекомендаций. Однако, стоит отметить, что наглядное картографическое представление результатов работы на этих этапах повышает их практическую значимость и потенциальную эффективность предлагаемых эколого-природоохранных мероприятий.

3. Геоинформационная обработка данных в процессе обзорного ландшафтно-экологического картографирования, в представленной работе выполненная с использованием программных средств ArcGIS, требует использования различных механизмов математического анализа пространственно-временных отношений, формирующих экологическое состояние ландшафтов. Наиболее важными в составе этих механизмов являются сложные аналитико-синтетические операции, скорость и точность выполнения которых возможна благодаря применению ГИС. В процессе исследования, предложен алгоритм геоинформационной обработки данных для нужд обзорного ландшафтно-экологического картографирования, позволяющий учитывать важные теоретико-методические аспекты исследования и региональные особенности исследуемых территорий. Универсальность предложенного алгоритма для разных территорий может быть достигнута через предусмотренные в нём возможности учёта локальных характеристик различных явлений при их оценке, систему классификаций, присвоение весовых коэффициентов.

В перспективе, важной задачей исследования является определение антропогенной изменённости ландшафтов Белгородской и Харьковской областей путём анализа космических снимков с использованием современных программных средств обработки данных ДЗЗ. Эта задача была включена в предлагаемые этапы картографирования. Планируется апробировать алгоритм общей геоинформационной обработки данных в процессе ландшафтно-экологического картографирования, с привлечением полученных результатов по антропогенной изменённости ландшафтов, как одного из наиболее важных показателей, характеризующего их устойчивость, а значит – влияющего на общее экологическое состояние ландшафтов.

Также на последующих этапах необходимо осуществить ландшафтно-экологическое картографирование в более крупном масштабе (предполагаемый масштаб – 1 : 200 000) для ключевых участков исследуемых областей, которые по результатам обзорной оценки поддаются наибольшей антропогенной нагрузке или наоборот – могут считаться эталонными, в связи с малой изменённостью природных ландшафтов и минимальным негативным влиянием различных видов антропогенной нагрузки. В целом, полученные результаты исследования позволят составить прогноз развития экологического состояния ландшафтов Белгородской и Харьковской областей и разработать рекомендации по осуществлению природопользования и эколого-природоохранных мероприятий, что целесообразно представить в виде картографических произведений и текстовых пояснений к ним.

### Список литературы

1. Давидчук В., Сорокіна Л., Родіна В. Методи ландшафтного картографування з використанням ГІС та інших комп'ютерних технологій // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – Львів, 2004. – Вип. 31. – С. 263-270.
2. Заруцкая И.П., Красильникова Н.В. Карты природы. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 296 с.
3. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии / Составитель и отв. ред. Руденко А.В. – М.: Т-во науч. изданий КМК, 2006. – 239 с.
4. Барановський В. А. Екологічна географія і екологічна картографія. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 252 с.

5. Бондаренко Е.Л. Геоінформаційне еколого-географічне картографування. – К.: Фітосоціоцентр, 2007. – 272 с.
6. Пересадько В.А. Картографічне забезпечення екологічних досліджень і охорони природи: Монографія. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – 242 с.
7. Эколого-географическое картографирование (опыт работ, обоснование структуры и содержания атласа) / Л.Г. Руденко, А.И. Бочковская, И.А. Горленко и др. – К.: Предпринт, 1992. – 32 с.
8. Стурман В. И. Экологическое картографирование. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.
9. Петлін В.М. Ландшафтно-екологічна експертиза: Навч.посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2005. – 236 с.
10. Ландшафты. Масштаб 1 : 1 000 000. // Атлас Харьковской области / Отв. редактор И.С. Руденко. – К.: Укргеодезкартография, 1993. – 46 с.
11. Схематическая ландшафтно-типологическая карта Черноземного центра (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, Тамбовская обл.). Масштаб 1: 1 000 000 / Под рук. и ред. Ф.Н. Милькова. – М., 1961.
12. Мельник А.В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження. – Львів, 1999. – 286 с.
13. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: Учебное пособие // Ин-т географии РАН и др. – М.: Маджмента, 2003. – 384 с.

## **GEOINFORMATION DATA PROCESSING IN THE PROCESS OF REVIEW LANDSCAPE-ECOLOGICAL MAPPING**

**O.I. Sinna**

*V.N. Karazin Kharkiv National  
University*

*Svobody Sq., 4, Kharkiv, 61022,  
Ukraine*

*E-mail: elena-sennaja@rambler.ru*

In the article the theoretical and methodological approaches to the use of geoinformational technologies in review landscape-ecological mapping were systematized. The algorithm of geoinformation data processing to determine the ecological condition of landscapes and its mapping was proposed. The algorithm was tested in the review of landscape-ecological mapping of Kharkov and Belgorod regions.

Key words: landscape-ecological mapping, anthropogenic pressure, environmental stability, geoinformation technology.