

УДК 502.330.5

## Применение ГИС-технологий при комплексной оценке экологического состояния городских территорий

Аверин Е.Г., Парфенюк А.С.

Донецкий национальный технический университет  
jeki\_mag@mail.ru

### Abstract

*Averin E., Parfenuk A. "GIS-technology application for complex estimation of ecological state of urban area" The paper gives the methodology that allows obtaining complex ecologic assessments of the state of environmental and industrial complexes. The methodology uses modern information technology and was used for studying the state of green zones of Donetsk city. The state assessment of the green spaces was carried out as well as suggestions on the development of city green zones are given.*

*Keywords: complex assessment, green zones, urban territories, GIS technology.*

### Введение

В последние годы в мегаполисах все чаще стали появляться симптомы экологического кризиса. Возникновение все более опасных конфликтных ситуаций между природными и антропогенными сферами связаны, в первую очередь, с урбанизацией территории, загрязнением окружающей среды и ростом промышленной деятельности на территории городов. С экологической точки зрения, именно в мегаполисах проявляется наиболее негативное изменение природной среды. По прогнозам ООН урбанизация и бурный рост городов приведут к тому, что к 2020 году более 80% населения мира будет проживать на городских территориях.

Проблема комплексной оценки экологического состояния крупных природно-промышленных комплексов (ППК) достаточно сложна, так как основывается на анализе большого количества картографической информации и использовании баз данных (БД) эколого-экономических показателей и индикаторов. Процедуры комплексной оценки связаны с высокой трудоемкостью установления параметров и характеристик природных и техногенных объектов.

Сегодня известно, что реализация общих принципов комплексной оценки состояния ППК невозможна без использования современных информационных технологий и, в частности, методов «послойного» пространственного анализа данных.

В настоящее время для решения экологических задач, требующих оперативного и всестороннего анализа пространственных данных, стали применять геоинформационные технологии. В землепользовании геоинформационные системы (ГИС) используют для оценки земельных ресурсов; в строительстве ГИС применяют для оперативного и эффективного управления объектами недвижимости; ГИС позволяют сократить время и средства при проведении кадастровых работ, инвентаризации и паспортизации автомобильных дорог; в охране окружающей природной среды

(ОПС) ГИС применяют для оценки запасов и состояния лесных и водных ресурсов, построения экологических карт территорий и т.д.

Современные ГИС-технологии – это средства и методы получения достоверной информации, на основе которой формируются качественно новые решения и знания, используя пространственный анализ данных. Основой ГИС являются электронные карты, получаемые в результате экспертного и автоматического дешифрирования спутниковых снимков и аэрофотоснимков. Подобные ГИС, включающие в себя информацию, полученную в ходе полевых работ, наблюдений и экспертных оценок, позволяют упорядочить данные, проводить сравнительный анализ, осуществлять оценку и прогноз экологической ситуации. В связи с тем, что ГИС используют при анализе ситуаций и процессов во многих сферах человеческой деятельности, они являются эффективным инструментом при комплексной оценке экологического состояния ППК.

Целью данной работы является представление возможностей применения информационных технологий при комплексной оценке состояния городских территорий.

### Объект и методика исследования

Донецко-Макеевский регион занимает территорию, равную 996,6 км<sup>2</sup> с численностью проживающего населения 1407,6 тыс. чел. Из этой территории 48% приходится на земли сельскохозяйственного назначения, 12% на леса и лесопокрытые площади, 34% на застроенные земли, 4% на открытые земли без растительного покрова, 2% на водные пространства и открытые заболоченные земли. В данном промышленном регионе расположено около 300 предприятий, среди которых более 70 являются крупными производственными объектами. Длина магистральных дорог равна 855 км. Жилищный фонд составляет более 28 млн. м<sup>2</sup>. На этой территории находится около 1000 природных

объектов, которые включают в себя реки, ставки, пруды, лесные массивы, парки, скверы, рекреационные территории и т.д.

Из имеющихся данных экологического мониторинга видно, что Донецко-Макеевский регион является урбанизированной и промышленной территорией с высокой антропогенной нагрузкой на ОПС. Поэтому, при комплексной экологической оценке ППК, необходимо обрабатывать огромное количество экологической, экономической и социальной информации распределенной как в пространстве, так и во времени. Анализ существующей статистической информации показывает, что многие количественные характеристики крайне слабо меняются во времени. Причинами этого могут быть следующие факторы: эти показатели действительно стабильны во времени; статистическая информация не является достаточно достоверной и не отражает реальной динамической ситуации, которая складывается на изучаемых территориях. Процессы развития динамически меняющихся объектов можно оценивать на основе анализа данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ), полученных в разные периоды времени. Проведенная оценка состояний природных и техногенных объектов представленных на спутниковых снимках Донецко-Макеевского региона показала, что на протяжении уже 3-5 лет фиксируются значительные изменения многих показателей городских территорий. Эти показатели чаще всего статистическими данными, полученными без использования современных информационных технологий, ни как не отражаются. Поэтому использование ГИС-технологии для получения комплексных оценок экологического состояния городских территорий является актуальной задачей.

В настоящее время, комплексная и стратегическая оценка при изучении экологического состояния территории охватывает следующие области, определяющие особенности и закономерности эколого-экономических условий на данной территории:

- общая географическая характеристика изучаемой территории (расположение, удаленность от центра, основные транспортные магистрали, административное деление);
- климат и метеорологические особенности (аномалии);
- современное состояние окружающей среды (атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, земель, почв и т.д.);
- доступность и достаточность природных ресурсов для развития промышленности;
- экзогенные и эндогенные процессы (эрозии, оползни, сейсмичность, многолетняя и сезонная мерзлота и др.) природного и техногенного характера;
- растительный и животный мир (в том числе редкие или находящиеся под угрозой исчезновения виды; виды, занесенные в Красную книгу и т.д.);
- биологические ресурсы (промысловые виды растений и животных, в том числе рыб и

других гидробионтов, места их концентрации и воспроизводства, пути миграций, биопродуктивность и т.д.; характеристика мест обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных и др.);

- земельные ресурсы (площади посевных земель, естественных лугов и пастбищ, продуктивность, их состояние, связанное с хозяйственной деятельностью);
- государственные природные заповедники, национальные парки, другие охраняемые природные территории и объекты; территории с особым статусом природопользования (рекреационные ресурсы и т.д.);
- объекты культурного наследия (памятники истории и культуры);
- зоны чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия;
- экологические ограничения, которые уже существуют на изучаемой территории;
- экологические проблемы, существующие на территории.

Экологическая оценка данных проблем основывается на использовании экологических индикаторов и картографической информации.

Растительные ресурсы являются только одним из компонентов экологической оценки территории. Однако именно на изучении растительных ресурсов можно показать все возможности использования ГИС при экологической оценке.

Зеленые насаждения играют важную роль в улучшении микроклиматических и санитарно-гигиенических условий жизни и отдыха населения. Различные виды зеленых насаждений и природная зональная растительность размещаются в городах в соответствии с генеральным планом и образуют зеленую зону города – совокупность всех видов городских насаждений, создаваемых в порядке комплексного озеленения и образующих между собой в функциональной и композиционно-пространственной взаимосвязи единое целое.

Система зеленых насаждений отвечает трем основным задачам:

- функциональной – организация городских территорий различного назначения, в том числе для отдыха населения;
- санитарно-гигиенической – оздоровление городской среды и улучшение микроклимата;
- архитектурно-художественной – формирование целостного в художественном отношении и эстетически выразительного архитектурного ландшафта.

Основными структурными признаками для различных видов городских зеленых насаждений является функциональный и территориальный.

По функциональному признаку городские зеленые насаждения подразделяются на насаждения общего пользования, насаждения ограниченного пользования и насаждения специального назначения.

Насаждения общего пользования – городские и районные парки; парки культуры и отдыха; сады

Аверін Є.Г., Парфенюк О.С.

Донецький національний технічний університет

жилых массивов и групп жилых домов; скверы, бульвары, набережные, лесопарки, лугопарки, гидропарки и т.д.

В свою очередь насаждения ограниченного пользования – зеленые зоны на территории общественных и жилых строений, школ, детских заведений, спортивных сооружений, учреждений охраны здоровья, промышленных предприятий, складских территорий и т.д.

К насаждениям специального назначения относятся посадки вдоль улиц, в санитарно-защитных и охранных зонах, на территориях ботанических и зоологических садов, выставок, насаждений вдоль линий электропередач высокого напряжения; лесомелиоративные насаждения; насаждения питомников и цветных хозяйств; придорожные насаждения в границах городов и населенных пунктов и т.д.

По территориальному признаку городские зеленые насаждения подразделены на насаждения застройки и насаждения за пределами застройки в границах городской черты.

Основным параметром при комплексной оценке состояния городских территорий является показатель озеленения. Этот показатель является матрицей и включает ряд количественных характеристик по категориям зеленых объектов, таких как: площадь лесов, парков, скверов, насаждений ограниченного и специального назначения; площади соответствующих категорий, отнесенные к единице территории или к одному жителю; доля особо охраняемых и рекреационных территорий; показатели лесистости и т.д.

Методика сбора геоинформационных данных по зеленым насаждениям основывается на ДДЗЗ. По спутниковому снимку территории города Донецка [1, 2] был выполнен анализ и проведена оцифровка зеленых зон.

Выявление зеленых зон, расположенных на территории города осуществлялось при помощи цветовой фильтрации спутникового снимка. Данная процедура показана на рисунке 1.

Сегодня обследования зеленых насаждений при выполнении экологической оценки проводятся по различным методикам [3 – 6] на площадках постоянного наблюдения. Однако для практического применения при анализе городских насаждений наиболее отработана методика Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы [7] или Санкт-Петербурга [8]. При обследовании обычно устанавливают, какие функции выполняют насаждения (декоративно-планировочную; средоформирующую, санитарно-защитную, рекреационную, оздоровительную, противоэрозионную и т.д.). Характеризуется уровень благоустройства зеленой территории, определяются показатели и характеристики объекта – площади, лесистость, уровень застройки территории, дендрологические показатели (видовой состав, возрастная структура растений и т.д.).

Оценка экологического состояния зеленых насаждений общего пользования проводится в Аверін Є.Г., Парфенюк О.С.  
Донецький національний технічний університет

целях получения объективной и достоверной информации о количестве и видовом составе растительности на территории объектов; устойчивости, жизнеспособности, поврежденности древесных растений; качестве газонов и цветников. Оценка обычно предусматривает:

- обновление информации о границах зеленых объектов, а также площади, занятой древесно-кустарниковой растительностью, площади газонов и цветников;
- учет фактического количества произрастающих на этой площади древесных растений отдельно по их жизненным формам (деревья, кустарники), видам и возрастным категориям;
- экологическую оценку состояния деревьев, кустарников, газонов и цветников;
- интегральную оценку состояния всей растительности на зеленых объектах, используя различные коэффициенты комплексной экологической оценки.

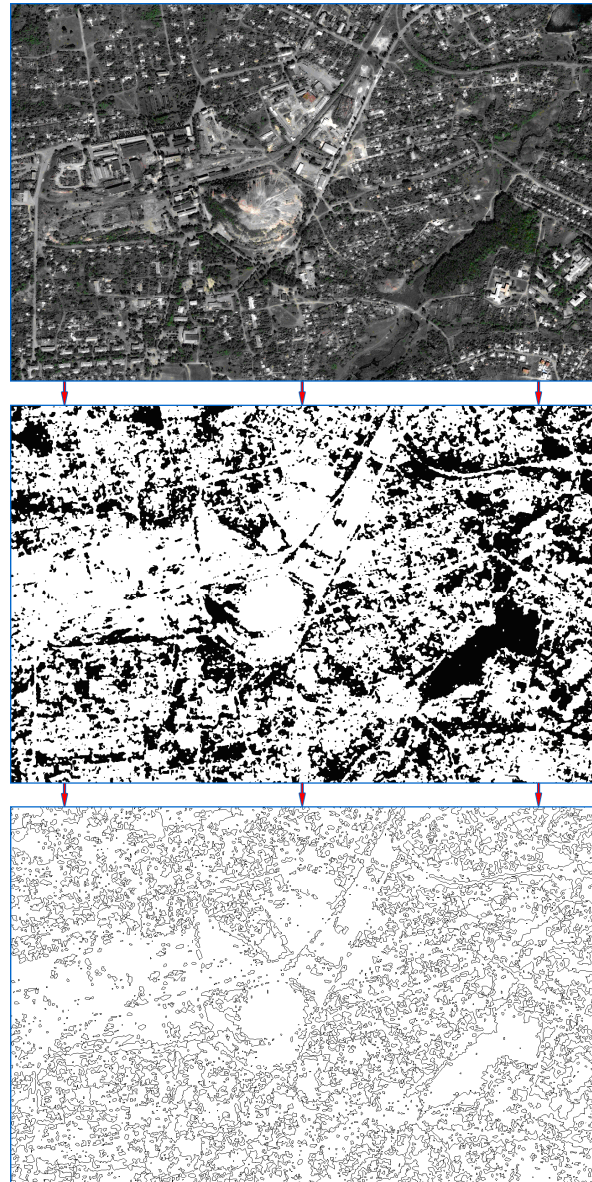


Рисунок 1. – Выявление зеленых зон методом цветовой фильтрации

Комплексная оценка зеленых насаждений города осуществлялась для каждого района города в отдельности. С этой целью при выполнении работ устанавливались границы и определялась площадь зеленых насаждений общего пользования и лесов по каждому району с использованием ГИС-моделей зеленых объектов. Далее определялась общая площадь всех зеленых насаждений района путем цветовой фильтрации ГИС-модели. Для этой цели из полученной ГИС-модели зеленых насаждений города выделялся соответствующий фрагмент района города, который использовался для определения площади зеленых насаждений района. Определение площади зеленых объектов проводилось в программном продукте *MapInfo* на основе привязанных в геодезической системе WGS84 данных дистанционного зондирования. Модели реализованы в цифровом формате с высокой степенью детализации (0,6 м<sup>2</sup>). Такая детализация позволяет выделить не только контур парка или сквера, но также и контур отдельно стоящего дерева.

Оценка площади зеленых объектов ограниченного пользования и специального назначения в целом определялась как разность между общей площадью зеленых насаждений района и площадью насаждений общего пользования и лесов.

Подобная методика обработки геоинформационных данных позволила обновить информацию о границах зеленых объектов, а также оценить площади, занятые древесно-кустарниковой растительностью, газонами и т.д.

### **Результаты экологической оценки**

Покажем на примере комплексного анализа состояния зеленых зон города Донецка, что динамика изменения основных показателей на протяжении нескольких лет существенна. В этой области статистические данные практически с 80-х годов XX века не корректировались.

Показатели комплексной оценки зеленой зоны девяти районов города Донецка по состоянию на 2008 г. приведены на рисунке 2. Обработка геоинформационных данных позволила оценить все элементы показателя озеленения каждого района города Донецка (табл. 1 – 2).

Анализ существующей статистической информации о территории города Донецка, полученной без использования информационных технологий, показал, что на 1995 год из 57 тыс. га общей территории города зелеными насаждениями всех типов было занято 18,41 тыс. га или 32,3%. При этом под насаждениями общего пользования было занято 2073 га. В 2001 г. зелеными насаждениями, всех типов, было занято 17,83 тыс. га или 31,3% озеленения всей территории города. При этом под насаждениями общего пользования было занято 1576 га.

В период с 1995 по 2001 гг. озеленение всей территории города снизилось на 3,2%, а показатель количества насаждений общего пользования на одного жителя, уменьшился на 17%, с 18,68 м<sup>2</sup> до 15,5 м<sup>2</sup>. Данная площадь зеленых насаждений определена коммунальными службами на основе данных об объектах города (табл. 3).

Проведенная оценка количественных характеристик зеленых насаждений города Донецка по спутниковому снимку 2004 года показала, что под зелеными насаждениями всех типов было занято 14190 тыс. га, а под насаждениями общего пользования было занято 1093 га.

Из приведенных данных следует, что статистические данные 2001 года отличаются от фактических данных по озеленению всей территории города на 20,8%, а статистический показатель количества насаждений общего пользования на одного жителя (15,5 м<sup>2</sup>) на 14,8% больше чем фактически найденный (10,9 м<sup>2</sup>). Это указывает на то, что статистические данные за период с 1995 по 2001 гг. являлись слабо достоверными.

Озелененность городов оценивается в соответствии с ДБН 360-92, раздел «Ландшафтно-рекреационная зона». Согласно данного нормативного документа Донецк по физико-географическому районированию относится к зоне ШВ, для которой удельный вес озелененных территорий различного назначения в пределах застройки города должен иметь не менее 45%. В городах с предприятиями 1-го класса опасности, к которым относится Донецк, уровень озелененности территории застройки следует увеличить не менее, чем на 15%. Таким образом данный показатель составляет 60%.

Площадь озелененных территорий общего пользования принимается согласно ДБН 360-92 для городов с численностью населения свыше 100 тыс. чел. зоны ШВ из расчета 17 м<sup>2</sup> на человека. Причем в городах, где размещаются промпредприятия I и II классов опасности, к которым относится Донецк, приведенные нормы насаждений общего пользования следует увеличить на 15÷20%. В городах, где размещаются железнодорожные узлы эти нормы следует увеличить еще на 5÷10%. Исходя из приведенных требований для Донецка уровень обеспеченности зелеными насаждениями общего пользования для городской застройки следует увеличить на 20÷30%. Таким образом, данный показатель составляет 20÷22 кв.м. на чел.

Перечень рекомендуемых экологических индикаторов, характеризующих комплексную зеленую зону города, а также их фактические значения приведены в таблицах 1 – 3. При выборе значений индикаторов учитывались требования Указа Президента [9], существующие отечественные нормы и рекомендации Евросоюза по сохранению биоразнообразия.



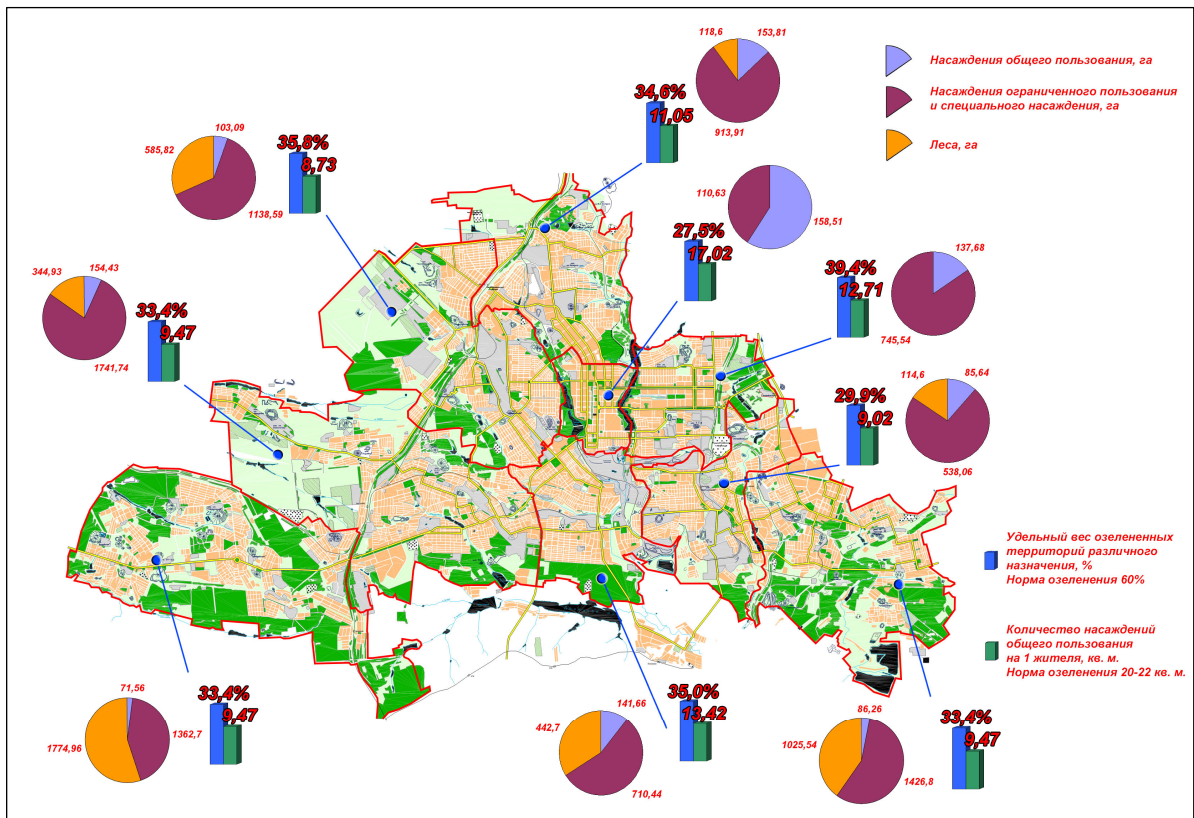


Рисунок 2. – Показатели комплексной оценки зеленых насаждений девяти районов города Донецка

Таблица 1. – Показатели и индикаторы комплексной зеленой зоны г. Донецка

№	Показатель или индикатор	Рекомендуемое значение	Фактическое значение по городу
1	Площадь всех видов зеленых насаждений, га в том числе:	--	14116,6**
1.1	Насаднения общего пользования	2100*	1092,7**
1.2	Насаднения ограниченного пользования и спецназначения	--	8688**
1.3	Леса и лесопокрытые земли	8500*	4407**
1.4	Земли природозаповедного фонда	3400*	332
2	Удельные показатели озеленения территории		
2.1	Площадь насаждений общего пользования в расчете на одного жителя, м <sup>2</sup> /чел	20	10,9
2.2	Озелененность территории, %	60	38,5
2.3	Лесистость территории, %, (площадь лесов, отнесенная к площади города)	15 – 20	12
2.4	Доля площади заповедных объектов, %	6	0,6
2.5	Озелененность территории промпредприятий, % - металлургические и коксохимические заводы, шахты - другие предприятия	12 20	5 – 7 9 – 15
2.6	Озелененность территории санитарно-защитных зон промышленных предприятий, %	60	20 – 45
3	Коэффициент восстановления лесов, %, (отношение площади посадок к площади всех видов рубок)	100	29
4	Процент зеленых насаждений общего пользования, охваченный уходом, %	100	по районам 30 – 70
5	Показатели динамики изменения индикаторов (п. 1 – 5) по отношению к прошлому году	увеличение	снижение по большинству индикаторов

\* – в пределах городской застройки; \*\* – в пределах территории горсовета.

Таблиця 2. – Обобщенные показатели парков и скверов города

Наименование объекта	Факт. площадь объектов, га	Доля древесных насаждений, %	Доля газонов, %
Скверы города	405,39	66	12
Парки города	328,48	78	6

Таблиця 3. – Динамика изменения площади зеленых насаждений города в границах городской застройки, га

Зеленые насаждения	Годы		
	1980	2000	2005
Насаждения общего пользования, га	2076	1576	1093
Насаждения ограниченного пользования и спецназначения, га	10690	н/д	8688
Леса, га	4941	н/д	4407

Приведенные в таблице 1 индикаторы являются основой для разработки рекомендаций по развитию комплексной зеленой зоны города Донецка.

На протяжении ряда лет основные характерные тенденции в области зеленого строительства на территории г. Донецка следующие:

- за двенадцать – пятнадцать лет (до 2009 г.) резко (на 31%) уменьшилась доля насаждений общего пользования;
- почти половина зеленых насаждений общего пользования, особенно не в центральных районах города, потеряла статус скверов и парков из-за низкого качества благоустройства территории;
- имеется стабильная тенденция снижения показателя озеленения для всех районов города (количество насаждений общего пользования на одного жителя);
- длительное время не обеспечивается сбалансированное финансирование зеленого хозяйства города, отсутствует единая система управления и контроля в области озеленения;
- наблюдается тенденция ухудшения качества зеленых насаждений по всей территории города, что связано со старением и неблагоприятной вековой структурой большинства древесостоев.

Площадь особо охраняемых природных территорий в городе очень низкая (0,6% территории при принятой в Европе норме 6%). В настоящее время на территории Донецка почти отсутствуют зеленые объекты, имеющие статус лесопарков – благоустроенных лесных массивов.

На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по развитию комплексной зеленой зоны города Донецка,

которые включают перечень и схемы парков и скверов, рекомендуемых к восстановлению, организационные мероприятия, рекомендации по развитию лесов и особоохраняемых территорий, а также мероприятия по развитию природных и озелененных территорий, мероприятия по благоустройству территорий и т.д.

Данные, полученные в этой работе, были использованы Управлением экологической безопасности г. Донецка при разработке Программы развития комплексной зеленой зоны города Донецка до 2020 года. После утверждения Программы в 2009 году ситуация с развитием комплексной зеленой зоны города резко улучшилась. К 2020 году Донецк по уровню озеленения выйдет на рекомендуемые показатели, которые приведены в таблице 1.

### Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что эффективно оценивать состояние городских территорий можно на основе использования ГИС-технологий. Данная методика комплексной оценки позволяет резко снизить трудоемкость работ, вести анализ состояния множества городских объектов и разрабатывать обоснованные предложения по улучшению ситуации.

### Литература

1. Аверин Е.Г., Парфенюк А.С. Анализ состояния зеленых зон на территории города Донецка // Экологические проблемы мегаполисов. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – С. 165 – 168.
2. Аверин Е.Г., Парфенюк А.С. Использование ГИС-технологий при оценке состояния природно-промышленных комплексов // Охрана навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. – Т. 2 – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. – С. 256 – 257.
3. Посібник до розроблення матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (до ДБН А.2.2.1-2003). Харків: УкрНДПНТБ, 2005. – 332 с.
4. Guidelines for Ecological Risk Assessment/U.S. Environmental Protection Agency. – Washington, DC, 1998. – 114 p. (<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recorddisplay.cfm?deid=12460>).
5. Букс И.И., Фомин С.А. Экологическая экспертиза и оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). М.: МНЭПУ, 1999. – 125 с.
6. Принципи оцінки екологічного впливу (ЕОВ). Посібник щодо ЕОВ. Агенство охорони середовища США, 1995 – 55 с.
7. Доклад «Состояние зеленых насаждений в Москве». М.: Прима-Пресс, 2002.
8. Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга. – <http://www.gov.spb.ru> (23.11.2012).
9. Указ Президента України. Про деякі заходи щодо збереження та відтворення лісів і зеленних насаджень №995/2008 від 04.11.2008 р.

Аверин Е.Г., Парфенюк О.С.

Донецький національний технічний університет