

УДК 504.7

Е. А. АГАФОНКИНА, Е.В. ЛЯШОНКОВА, А.А. МИНЕЕВ,  
И.В. СУДОРГИНА, студенты гр. 21ТБ1 (ПГУАС)  
Научный руководитель О.Н. ФЕДОСЕЕВ, к.б.н., доцент (ПГУАС)  
г. Пенза

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОБЩЕДОСТУПНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Для постепенного сведения баланса CO<sub>2</sub> к нулю в России был принят Федеральный закон от 02.07.2021 № 296, регламентирующий создание реестра углеродных единиц, регистрацию климатических проектов, а также учет углеродных единиц и производимых с ними операций. [7] Одно из направлений таких проектов – лесовосстановительная и лесомелиоративная деятельность.

Озеленение, выполняющее в городах экозащитные, гигиенические и рекреационные задачи, имеет собственный ассимиляционный потенциал поглощения углекислого газа. Поэтому создание и поддерживание городских насаждений является частью глобальной задачи охраны окружающей среды. Кроме того, в городах сосредоточены основные источники эмиссии углекислоты, что с одной стороны негативно сказывается на качестве среды для человека, а с другой — является благоприятным фактором абсорбции CO<sub>2</sub> растениями. [6]

Одним из основных параметров, необходимых для расчета баланса углекислоты, является площадь, занимаемая растительностью на конкретной территории. Особенностью городского озеленения является высокая степень разделения «зеленых зон» вплоть до отдельно стоящих деревьев. Поэтому традиционное определение площади покрытия в условиях городов является весьма трудоемким, что негативно отразится при осуществлении в Пензе лесоклиматических проектов.

Цель данной работы состоит в разработке методики определения степени озеленения территории с помощью общедоступных программных средств. Литературных и сетевых материалов, включающих такую информацию, нами не выявлено, чем и обусловливается актуальность темы.

**Материал и методы.** Доля зарастания лесом определялась по тому покрытию насаждениями территории города, которое отражалось на спутниковой карте. Для этого производилась вырезка карты мест исследования размером 300x300 px. (SnagIt v5.8), что соответствует 49 га территории. Для выделения цветовой гаммы растений вырезка подвергалась RGB-преобразованию и определению числа пикселей зеленых оттенков в диапа-

зоне G(60-160). Диапазон получен в результате трассировки вырезки в среде CorelDraw12 и последующего сравнения с визуальными данными и внешним обликом зеленой зоны. В результате преобразований число пикселей вырезки RGB-формата увеличилось до 270 тыс. Для определения числа пикселей RGM и пикселей диапазона G(60-160) использовался модуль <Стыкуемые диалоги/Гистограмма+Green-фильтр> программы GIMP v2.10.32, имеющей свободное распространение. [8] Пример визуализации результата определения покрытия можно увидеть на рисунке 1. «Вес» пикселя составил 1,8 м<sup>2</sup>.

Принятое в настоящей статье наименование предлагаемого метода — «G-pel» (Зеленый пиксель).

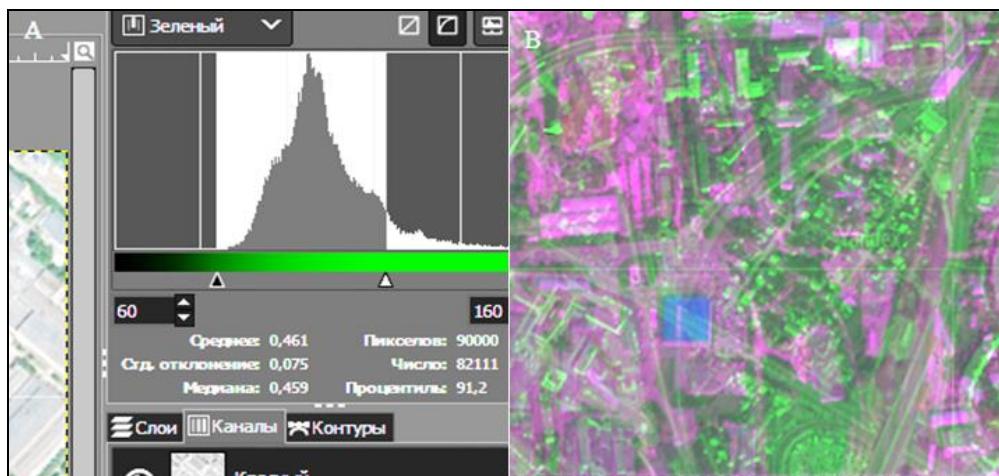


Рис. 1. Пример результата определения проективного покрытия (карта района ПГУАС). А – счетчик пикселей в выделенном диапазоне; В – вырезка, прошедшая через фильтр, с выделением зеленой составляющей.

Нами было исследовано 13 микрорайонов г. Пензы, в каждом из которых производилась съемка параметров зеленых насаждений (10 точек в каждом, данные в конце усреднялись): ПГУАС, районы: ГПЗ, Шуист, пр. Победы, Арбеково, пр. Строителей, Западная Поляна, Центр, Терновка, Спутник, г. Заречный.

**Результаты исследований.** Расчет покрытия зелеными насаждениями различных районов Пензы с помощью предложенной методики показал (см. табл. 1), что наибольшим озеленением обладает г. Заречный (3,15 тыс. м<sup>2</sup>/га). В пересчете на количество жителей (65502 чел. на площадь 27,6 км<sup>2</sup> [4]) это составляет 132,7 м<sup>2</sup>/чел. Наименьшими показателями озеленения отличаются новостройки города — районы ГПЗ и Спутник. В них наблюдается степень озеленения 25,8% и 29,4% соответственно, что составляет 86 и 98% от среднего уровня озеленения по городу. Наибольшими показателями обладают «старые» районы — Железнодорожный (точка ПГУАС), Западная поляна, Терновка. В них степень озеленения городской территории (той, где непосредственно живут люди, не включая облесенные приго-

родные участки, формально входящие в состав города) составляет около 31%.

Сопоставление результатов использования метода G-pel с данными, полученными в 2022 г. специалистами АО «Терра Тех» с использованием космосъёмки группировкой аппаратов Канопус-В [1] показало, что пензенская степень озеленения (0,301) сопоставима с аналогичными данными по приволжским городам-миллионникам. Так, в Самаре данный показатель составил 0,303, а в крупных городах и городах степной зоны (Казань, Волгоград) он значительно меньше — 0,117 и 0,159 соответственно.

Таблица 1. Среднее покрытие зелеными насаждениями в различных районах г. Пензы

№ п/п	Наименование	Покрытие		
		G(60-160), pel.	Доли от pel. RGM	тыс. м <sup>2</sup> /га
1	ПГУАС	83880,9±533,9	0,311±0,012	3,12±0,12
2	ГПЗ	69559,5±4954,7	0,258±0,028	2,58±0,28
3	Шуист	81159,6±1742,8	0,301±0,016	3,01±0,17
4	пр. Победы 1	82331,7±997,0	0,305±0,014	3,05±0,14
5	пр. Победы 2	82739,0±562,9	0,306±0,012	3,06±0,12
6	Арбеково	81607,5±1039,7	0,302±0,014	3,02±0,14
7	пр. Строителей	81816,9±734,3	0,303±0,013	3,03±0,13
8	Зап. Поляна	83941,3±650,5	0,311±0,012	3,11±0,12
9	Центр1	80632,0±597,2	0,299±0,015	2,99±0,12
10	Центр2	80510,2±612,4	0,297±0,012	2,98±0,12
11	Терновка	84097,7±327,2	0,312±0,011	3,12±0,11
12	Спутник	79354,1±696,8	0,294±0,013	2,94±0,13
13	Заречный	85134,2±612,7	0,315±0,012	3,15±0,12
Среднее для г. Пензы		81289,5±1081,2	0,301±0,014	3,01±0,14

Использование предложенного нами метода для центров данных городов дал следующие результаты (см. табл. 2). Величина отклонения результатов определения облесенности от средней для различных городов составила от 5,4 до 26,1%; в среднем результат составил 11%, что является приемлемым для такого рода исследований.

Сравнение результатов определения покрытия с помощью G-pel со способом определения на тех же спутниковых картах «вручную» (с помощью виртуальной палетки) показало большую точность метода G-pel, чем в предыдущем случае. Так, коэффициент разности составил для разных городов от 0,84 до 1,53; во всех случаях разность оказалась недостоверна.

Средняя погрешность метода составила 12,4±3,25 %. В большинстве случаев метод G-pel дает несколько завышенные результаты (в среднем,

$5,0 \pm 8,2\%$ ), что связано с менее точным G-распознаванием деревьев на карте по сравнению с визуально-палеточной оценкой.

При использовании метод G-pel нами было выявлено, что в целом по Пензе (см. табл. 1) (520300 чел. при  $S=288 \text{ км}^2$  [2]) с учетом примыкающих лесных массивов, входящих в черту города, озеленение составило  $166,6 \text{ м}^2/\text{чел}$ . Если в расчет включать только территорию застройки (по нашим данным она составляет около 45% от административной площади), то этот показатель снижается до  $75 \text{ м}^2/\text{чел}$ .

Таблица 2. Разность степени озеленения центров городов, определенной различными методами

Показатели	Город			
	Пенза, Центр	Самара	Волгоград	Казань
G, pel.	60-160	60-160	80-120	80-120
Покрытие от RGM	$0,299 \pm 0,015$	$0,321 \pm 0,011$	$0,143 \pm 0,012$	$0,092 \pm 0,011$
Погрешность G-pel для $\beta=0,95$ , %	0,026/ 8,7	0,019/ 5,9	0,021/ 14,4	0,019/ 20,6
Покрытие (данные АО «Терра Тех»)	—	0,303	0,159	0,117
Отклонение G-pel в % от средней	—	5,4	12,7	26,1
Покрытие по палетке, %	$0,264 \pm 0,017$	$0,300 \pm 0,021$	$0,121 \pm 0,014$	$0,113 \pm 0,020$
Разность по Стьюденту (достоверность $n-2=20$ )	$t=1,53$ $\beta<0,95$	$t=0,84$ $\beta<0,95$	$t=1,08$ $\beta<0,95$	$t=0,88$ $\beta<0,95$

Из районов города наибольшим озеленением отличается Железнодорожный, так как в его состав входит большой лесной массив восточной части Пензы (около 70% его площади) (см. табл. 3). Душевое озеленение района составило  $113 \text{ м}^2/\text{чел}$  (при нормативе для средних городов  $100 \text{ м}^2/\text{чел}$ ). Наименьший показатель наблюдается в центре (точки Центр-1,2 и Западная поляна Ленинского района – 92,7%); в данном районе норматив не выполняется.

Исходя из норматива [3] душевого показателя обеспеченности зелёными зонами жилой застройки не менее  $6-10 \text{ м}^2/\text{чел}$ , видно, что в г. Пензе этот показатель выполняется не во всех районах (см. табл. 3). Так, в Первомайском районе он составил всего  $2,26 \text{ м}^2/\text{чел}$ . Причина этого заключается в недостаточном озеленении центра и недавно построенного микрорайона Спутник, в котором лесов изначально было очень мало, а посаженные после строительства деревья еще не выросли. Терновка же исторически находится на месте лесостепной зоны, в ней много безлесных про-

мышленных зон; как следствие, озелененными оказались только участки старой застройки ближе к центру города.

Близок к нижнему порогу норматива озеленения Ленинский район. В нем слабую облесенность также показал центр города. В целом душевой порог оказался выполненным только из-за наличия большой площади озеленения микрорайона Западная Поляна, включающего лесопарковые зоны.

Наибольшим озеленением отличается Железнодорожный район, большую часть которого составляют старые кварталы с заросшей деревьями внутри дворовой территорией.

Таблица 3. Степень озеленения районов г. Пензы

Районы	Железно-дорожный	Ленинский	Октябрьский	Первомайский
Участки	ПГУАС, ГПЗ, Шуист, Заречный	Центр1, Зап. Поляна	Пр. Победы, Арбеково, пр. Строителей	Центр2, Терновка, Спутник
Покрытие, тыс. м <sup>2</sup> /га	2,965	3,050	3,040	3,013
Площадь, км <sup>2</sup>	145,5	27,5	81,7	50,0
Население, чел [5]	114408	90479	182336	133077
Озеленение, м <sup>2</sup> /чел	377,1	92,7	136,2	113,2
Площадь ЖЗ, км <sup>2</sup>	4365	1787,5	5719	1000
Озеленение ЖЗ, тыс. м <sup>2</sup>	1294223	545187,5	1738576	301300
Озеленение ЖЗ, м <sup>2</sup> /чел	11,30	6,03	9,54	2,26

### Выводы

1. Анализ результатов определения площади зеленых насаждений методом G-pel показал достаточную достоверность получаемых данных. Средняя погрешность метода —  $12,4 \pm 3,25\%$ . Разность площади, полученной традиционными методами и методом G-pel, оказалась недостоверной.

2. Отклонение результатов метода G-pel от результатов определения облесенности городов Поволжья при помощи космосъемки группировкой аппаратов Канопус-В составила в среднем 11%.

3. С помощью предложенного метода выявлено несоблюдение норматива озеленения жилой зоны в центре г. Пензы, в районах ГПЗ и Спутник.

### Список литературы:

- Геопространственная аналитика <https://geonovosti.terratech.ru/ecology/shestnadtsat-zelenykh-megalopolisov> 27.10.2022г.
- Пенза <https://gorodarus.ru/penza.html> 27.10.2022г.

3. СП 42.13330.2011 "СНиП 2.07.01-89 Градостроительство.
4. Численность населения г. Заречного Пензенская область:  
[https://bdex.ru/naselenie\\_penzenskaya-oblast/zarechnyy/](https://bdex.ru/naselenie_penzenskaya-oblast/zarechnyy/) 27.10.2022г.
5. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2020 года. Федеральная служба государственной статистики. – М., 2020. С.454.
6. Idso,C.D.,Idso,K.E. Forecasting world food supplies: the impact of rising atmospheric CO<sub>2</sub> concentration//Technology 7 (suppl). 2000. - Pp. 33-56.
7. <https://www.pnp.ru/law/2021/07/02/federalnyy-zakon-296-fz.html>  
24.09.2022г.
8. <https://www.gimp.org/> 24.09.2022г.