



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2602297
(22) 08.06.2026
(46) Бюл. 234, 2026
(71) Бобокалонзода Джамолиддин Муродали (TJ)
(72) Бобокалонзода Джамолиддин Муродали (TJ),
Сатторов Рахматулло Бобоевич (TJ), Абдугафури
Сафар (TJ)
(73) Бобокалонзода Джамолиддин Муродали (TJ)
(54) **СПОСОБ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОРОДСКОЙ
ТЕРРИТОРИИ**
(57) Изобретение относится к области экологии,
геоинформационного анализа, биоиндикации и
природоохранного мониторинга. Способ
предусматривает выделение на городской
территории модельных участков с координатной
привязкой, получение биоиндикационных

2

показателей растительности, оценку антропогенной
трансформации и локальной нагрузки, расчет
картографического коэффициента экологического
состояния КЕС и отображение полученных классов
на карте. Коэффициент КЕС рассчитывают по
формуле $КЕС = 0.45 \times B1!_п + 0.25 \times 1AT_п + 0.15 \times R_п + 0.15 \times I_п$. Где показатели нормированы в
диапазоне от 0 до 1. По значению КЕС выделяют
классы благоприятного, удовлетворительного,
напряженного и кризисного состояния растительного
покрова. Технический результат заключается в
получении наглядной и воспроизводимой карты
экологического состояния растительного покрова,
пространственном выявлении зон риска и
повышении обоснованности природоохранного
планирования.

Область техники

Изобретение относится к области экологии, геоинформационного анализа, биоиндикации, дендроиндикации, урбоэкологии и природоохранного мониторинга. Способ предназначен для пространственной оценки и картографического отображения экологического состояния растительного покрова городской территории на основе полевых биоиндикационных данных, морфометрических признаков листьев, интегральной оценки антропогенной трансформации и привязки результатов к координатам модельных участков.

Способ может быть использован органами охраны окружающей среды, службами озеленения, муниципальными структурами, научными организациями и санитарно-экологическими лабораториями для выявления зон благоприятного, удовлетворительного, напряженного и кризисного состояния растительности, а также для выбора участков первоочередного восстановления.

Проблема, решаемая изобретением

В условиях городской среды результаты полевых геоботанических и биоиндикационных обследований часто остаются в виде таблиц, описаний и отдельных точечных наблюдений. Такие материалы позволяют оценить состояние отдельных деревьев или участков, но не дают наглядной пространственной картины распределения экологического риска. В результате затрудняется выбор территорий для озеленения, рекультивации, ограничения антропогенной нагрузки и повторного мониторинга.

Особенно актуальна проблема для городов южных и аридных регионов, где растительность одновременно испытывает воздействие высокой температуры, дефицита влаги, транспортных выбросов, пылевой нагрузки. Плотность почвы и рекреационное воздействие. В таких условиях дистанционное зондирование не всегда фиксирует ранние локальные признаки угнетения растений, а обычная полевая оценка без картографического модуля не позволяет быстро определить пространственные приоритеты управленческих действий.

Аналоги и прототип

Известен способ RU2424540C2, в котором состояние почвенно-растительного покрова оценивают по данным многоспектрального аэрокосмического зондирования с тематической обработкой изображения, выделением класса растительности и определением параметров состояния растительного покрова.

Известен способ RU2632946C2, относящийся к биомониторингу и биоиндикации качества окружающей среды с использованием индекса экотопической приуроченности растений. Данный

подход позволяет оценивать экологическое состояние среды по растительным индикаторам, но не формирует специальный картографический слой, основанный на биоиндикационных и морфометрических показателях конкретных модельных участков.

Известен способ RU2390001C2, предназначенный для биоиндикации пастбищной деградации по растительным сообществам. Решение ориентировано на пастбищные экосистемы и не предназначено для картографирования экологического состояния растительного покрова городской территории с учетом точечных координат, источников техногенной нагрузки и городских зеленых массивов.

Наиболее близким к заявляемому решению является RU2424540C2, поскольку он предусматривает пространственное отображение состояния почвенно-растительного покрова. Однако прототип основан преимущественно на данных многоспектрального зондирования и не предусматривает прямого перевода результатов морфометрической биоиндикации листьев и полевой оценки растительности в картографический коэффициент экологического состояния городской территории.

Недостатки прототипа

прототип ориентирован на дистанционную оценку параметров растительного покрова и не учитывает тонкие морфометрические признаки листьев, которые могут отражать раннее техногенное угнетение растений:

не предусмотрено объединение биоиндикационного индекса, интегральной оценки антропогенной трансформации и локальных факторов нагрузки в единый нормированный картографический коэффициент:

отсутствует специальная шкала картографических классов для городских территорий с выделением зон благоприятного, удовлетворительного, напряженного и кризисного состояния;

не описан алгоритм перевода точечных полевых наблюдений в GIS-слой, пригодный для управленческих решений по озеленению и рекультивации;

не предусмотрена верификация карты контрольными точками и последующее формирование паспорта участка с указанием приоритета восстановления.

Отличительные признаки заявляемого способа

Заявляемый способ отличается тем, что для каждого модельного участка городской территории одновременно получают координаты, биоиндикационные показатели растительности, интегральную оценку антропогенной

трансформации и локальный коэффициент нагрузки, после чего рассчитывают нормированный картографический коэффициент экологического состояния КЭС и авторитетно присваивают участку картографический класс.

К существенным отличительным признакам относятся: 1) использование модельных участков координатной привязкой; 2) расчет КЛП по совокупности и полевых биоиндикационных и геоэкологических показателей; 3) нормирование частных показателей в диапазоне от 0 до 1; 4) построение карты с выделением классов экологического состояния; 5) формирование управленческой матрицы приоритета восстановления; 6) возможность повторного мониторинга одних и тех же участков во времени.

Цель изобретения

Целью заявленного способа является повышение точности, наглядности и практической применимости экологического мониторинга городской растительности путем преобразования биоиндикационных и полевых данных в карту экологического состояния растительного покрова с выделением зон риска и участков первоочередного восстановления.

Технический результат

Технический результат заключается в получении воспроизводимой, координатно привязанной и визуально интерпретируемой карты экологического состояния растительного покрова городской территории, повышении информативности биоиндикационных данных, раннем выявлении локальных зон уязвимости растений, снижении субъективности полевой оценки и обеспечении выбора природоохранных мероприятий на основе числового картографического коэффициента.

Сущность изобретения

Поставленная цель достигается способом картографирования экологического состояния растительного покрова городской территории, при котором на исследуемой территории формируют сеть модельных участков, каждому участку присваивают координаты, проводят полевое обследование растительности, измеряют биоиндикационные признаки, оценивают антропогенную трансформацию и локальную нагрузку, рассчитывают картографический коэффициент экологического состояния КЭС, классифицируют участок по шкале экологического состояния и отображают результаты на карте в виде зон с различным уровнем экологического риска.

В качестве базового расчетного критерия используют коэффициент КЭС, нормированный в диапазоне от 0 до 1. Три значения КЭС, близкие к 0, свидетельствуют о хорошем состоянии растительного покрова, оценивают как благоприятное, при увеличении КЭС к 1 - как ухудшающееся вплоть до кризисного состояния.

Картографический коэффициент экологического состояния КЭС показывает общее экологическое состояние исследуемого участка на карте. Его рассчитывают по формуле:

$$КЭС = 0,45 \times ВП_n + 0,25 \times 1АТ_n + 0,15 \times R_n + 0,15 \times L_n$$
, где КЭС - общий показатель экологического состояния участка; ВП_n - нормированный биоиндикационный индекс. Он показывает, насколько изменены листья или другие признаки растений под влиянием городской среды; 1АТ_n - нормированный индекс антропогенной трансформации. Он отражает, насколько сильно растительный покров изменен из-за деятельности человека; R_n - нормированный показатель состояния растительности. Он учитывает такие признаки, как разреженность кроны, сухостерность, повреждение листьев и уменьшение растительного покрытия; L_n - нормированный показатель локальной антропогенной нагрузки. Он показывает, насколько близко участок расположен к дорогам, промышленным объектам, стройкам, плотной застройке или зонам активного отдыха. Г.е.. КЭС объединяет несколько показателей в одну общую оценку. Сначала оценивают состояние листьев, степень антропогенного изменения территории, внешний вид растительности и близость к источникам загрязнения. Затем каждый показатель умножают на свой вес и складывают. Самый большой вес имеет ВП_n - 0,45, потому что состояние растений напрямую отражает влияние окружающей среды. Чем выше значение КЭС, тем хуже экологическое состояние участка и тем больше выражена антропогенная нагрузка. При отсутствии одного из дополнительных показателей допускается расчет упрощенного варианта КЭС по двум основным индексам:

$$КЭС = (ВП_n + 1АТ_n)/2$$

Упрощенный вариант применяют при экспресс-мониторинге или при отсутствии данных дистанционного анализа. Расширенный вариант применяют при комплексном мониторинге, когда необходимо повысить устойчивость картографической оценки и связать биоиндикационные данные с пространственными источниками антропогенного воздействия.

Осуществление способа

На первом этапе в пределах городской территории выделяют модельные участки размером, например, от 20 x 20 м до 100 x 100 м в зависимости от плотности и застройки, характера зеленых насаждений и масштаба карты. Для каждого участка фиксируют координаты центра, границы участка, тип растительности, наличие транспортных, промышленных и рекреационных источников нагрузки.

На втором этапе проводят биоиндикационную оценку. Для древесных пород отбирают типичные листья с сопоставимой высоты и экспозиции

кроны, исключая механически поврежденные или недоразвитые листья. Рассчитывают $BI_{п}$ по морфометрическим признакам листьев, например по длине и ширине листовой пластинки, длине черешка, расстояниям между основаниями боковых жилок, флуктуирующей асимметрии или другому утвержденному набору биоиндикаторных признаков.

На третьем этапе оценивают интегральный индекс антропогенной трансформации $IAT_{п}$. Для этого учитывают долю нарушенного травяного покрова, степень уплотнения почвы, наличие пыли на листьях, суховершинность, повреждение кроны, механические повреждения растений, захламленность, близость к дорожному полотну и интенсивность рекреационного воздействия.

На четвертом этапе рассчитывают дополнительные показатели $K_{п}$ и $I_{п}$. Показатель $R_{п}$ отражает состояние растительного покрова по полевым или диагностическим признакам, а $L_{п}$ отражает локальную антропогенную нагрузку. Все показатели приводят к диапазону от 0 до 1, где 0 соответствует минимальной нагрузке, а 1 - максимальному уровню нарушения.

На пятом этапе рассчитывают КЕС и каждому модельному участку присваивают класс экологического состояния. Далее значения КЕС наносят в GIS-среде на карту, проводят интерполяцию между модельными участками, формируют границы зон и получают карту экологического состояния растительного покрова.

На шестом этапе карту верифицируют контрольными точками. Если класс, полученный по карте, не совпадает с результатами повторного полевого обследования, участок направляют на повторную оценку. Итогом является карта, на которой отражены модельные участки, источники антропогенной нагрузки, границы классов состояния и приоритеты восстановления.

Примеры применения способа

Пример 1. Благоприятное состояние

В городском парке сформирован модельный участок МУ-1. По результатам морфометрической биоиндикации $BI_{п} = 0.18$, интегральный индекс антропогенной трансформации $IAT_{п} = 0.22$, показатель состояния растительности $R_{п} = 0.14$, локальный коэффициент нагрузки $L_{п} = 0.10$.

$$КЕС = 0,45 \times 0,18 + 0,25 \times 0,22 + 0,15 \times 0,14 + 0,15 \times 0,10 = 0,172$$

Полученное значение $КЕС = 0.17$ соответствует I классу - благоприятное состояние. Участок отображают на карте как фоновую зону и включают в программу планового сезонного мониторинга.

Пример 2. Напряженное состояние

На участке вдоль транспортной магистрали получены следующие значения: $BI_{п} = 0.56$, $IAT_{п} = 0.62$, $R_{п} = 0.58$, $L_{п} = 0.72$. При обследовании отмечены деформация листовых пластинок, снижение плотности кроны, пылевое загрязнение листьев и уплотнение почвы.

$$КЕС = 0,45 \times 0,56 + 0,25 \times 0,62 + 0,15 \times 0,58 + 0,15 \times 0,72 = 0.602$$

Значение $КЕС = 0.60$ соответствует III классу - напряженное состояние. Участок выделяют на карте как зону экологического риска, где необходимы профилактическое озеленение, снижение пылевой нагрузки и повторное обследование после проведения мероприятий.

Пример 3. Кризисное состояние

Вблизи промышленного объекта и участка плотной застройки получены значения: $BI_{п} = 0.84$, $IAT_{п} = 0.88$, $R_{п} = 0.79$, $L_{п} = 0.92$. В полевом описании отмечены суховершинность, повреждение листьев, фрагментация зеленых насаждений, угнетение подроста и отсутствие устойчивого травяного покрова.

$$КЕС = 0,45 \times 0,84 + 0,25 \times 0,88 + 0,15 \times 0,79 + 0,15 \times 0,92 = 0.855$$

Значение $КЕС = 0.86$ соответствует IV классу - кризисное состояние. Участок отображают на карте как территорию первоочередного восстановления, где необходимо ограничить нагрузку, провести рекультивацию почвы, заменить погибшие растения устойчивыми видами и организовать повторный контроль.

Преимущества заявляемого способа

Способ переводит разрозненные биоиндикационные показатели в единую картографическую систему:

позволяет выявлять не только общий уровень нарушения, но и пространственное расположение зон экологического риска:

обеспечивает возможность повторного мониторинга одних и тех же модельных участков: повышает обоснованность решений по озеленению, рекультивации и ограничению нагрузки; может применяться как в полном варианте с GIS-интерполяцией, так и в экспресс-варианте по двум основным индексам.

Формула изобретения

1. Способ картографирования экологического состояния растительного покрова городской территории, включающий выделение модельных участков, получение биоиндикационных показателей растительности, расчленение территории по показателю состояния для каждого участка, классификацию участков по уровню экологического состояния и нанесение полученных классов на карту, отличающийся тем, что для каждого модельного участка предварительно фиксируют координаты, определяют нормированный биоиндикационный индекс ВП, нормированный индекс антропогенной трансформации ИАТ, нормированный показатель состояния растительности R_n и нормированный локальный коэффициент антропогенной нагрузки L_n , и после чего рассчитывают картографический коэффициент экологического состояния КЕС по формуле $КЕС = 0,45 \times ВП_n + 0,25 \times ИАТ_n + 0,15 \times R_n + 0,15 \times L_n$, где КЕС нормирован в диапазоне от 0 до 1, и по полученному значению формируют картографический класс экологического состояния растительного покрова.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что $ВП_n$ рассчитывают по морфометрическим или биоиндикационным признакам растений, включая по меньшей мере один из следующих признаков: длину и ширину листовой пластинки, длину черешка, расстояние между основаниями боковых жилок, флуктуирующую асимметрию листа, степень повреждения листовой пластинки или показатель морфологической изменчивости и.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ИАТ рассчитывают по совокупности признаков антропогенной трансформации, включающих степень уплотнения почвы, фрагментацию

растительного покрова, наличие механических повреждений растений, пылевое загрязнение листьев, захламленность участка, рекреационную нагрузку и близость к источникам техногенного воздействия.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что R_n определяют по полевым или дистанционным признакам состояния растительности, включая проективное покрытие, плотность кроны, суховершинность, долю поврежденных листьев, снижение жизнеспособности растений или изменение вегетационного индекса.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что L_n рассчитывают с учетом расстояния от модельного участка до транспортной магистрали, промышленного объекта, строительной площадки, зоны плотной застройки или зоны интенсивной рекреационной нагрузки.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при отсутствии данных по R_n и L_n используют экспресс-вариант расчета КЕС по формуле $КЕС = (ВП_n + ИАТ_n) / 2$.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по значению КЕС участок относят к одному из четырех классов: I - благоприятное состояние при КЕС от 0.00 до 0.25; II - удовлетворительное состояние при КЕС от 0.26 до 0.50; III - напряженное состояние при КЕС от 0.51 до 0.75; IV - кризисное состояние при КЕС от 0.76 до 1.00.

Способ по п. 1, отличающийся тем, что после присвоения классов выполняют GIS-интерполяцию значений КЕС между модельными участками, формируют границы зон экологического состояния и отображают на карте модельные участки, источники антропогенной нагрузки и участки первоочередного восстановления.

Критерии классификации

Таблица 1 - карты графические классы экологического состояния растительного покрова

КЕС	Класс на карте	Экологическое состояние	Практическое значение	Рекомендуемое действие
0.00-0.25	I	Благоприятное	Фоновые или минимальные признаки нагрузки	Плановый мониторинг 1 раз в сезон
0.26-0.50	II	Удовлетворительное	Умеренные изменения растительного покрова	1 раз в год периодическое наблюдение и профилактика
0.51-0.75	III	Напряженное	Выраженное угнетение растений и рост экологического риска	Озеленение, снижение нагрузки, повторный контроль
0.76-1.00	IV	Кризисное	Значительное нарушение состояния растительного покрова	Первоочередная рекультивация и ограничение нагрузки

Компьютерный набор: Газиев М.

Заказ	Тираж	Подписное
Национальный патентно-информационный центр РТ 734042, г. Душанбе, ул. Айни, 14а		