


Обзор

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/8>

УДК 630*307



Комплексное управление лесной растительностью: этапы и перспективы развития

Алексей А. Платонов¹ ✉, paa7@rambler.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-4114-4636>

¹ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону, 344038, Россия

При формировании предприятиями лесопромышленного комплекса защитных лесных насаждений вдоль линейных инфраструктурных объектов возникает проблема последующего самопроизвольного размножения древесно-кустарниковой растительности, что приводит к беспорядку на территориях вышеуказанных объектов и создаёт угрозу безопасности их функционирования. Во многих зарубежных странах работы по поддержанию в нормативном состоянии территорий линейных объектов инфраструктуры выполняются в строгом соответствии с определёнными методами концептуального управления произрастанием растительности. При этом подобные методы управления практически неизвестны как отечественной научной общественности, занимающейся вопросами защитного лесоразведения, так и лицам, принимающим решения о необходимости воздействия на нежелательную древесно-кустарниковую растительность. Целью исследования являлось изучение и анализ системных методов управления произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов нежелательной древесно-кустарниковой растительностью для повышения качества и эффективности её удаления, а также составления рекомендаций по надлежащему содержанию указанных территорий. Кластерный анализ направлений мировых исследований по управлению лесной растительностью выявил 3 крупных направления, связанных: с уменьшением или увеличением видового богатства и видового разнообразия растительности, а также недопустимостью последующего её возобновления; методами и способами воздействия на растительность, в том числе выгодами от управления растительностью; экологическими и эстетическими последствиями управления произрастанием растительности, а также общественным восприятием итогов такого управления. Выявленные принципы применения широко распространённой в мире системы интегрированного управления растительностью (Integrated Vegetation Management: IVM) в обязательном порядке учитываются организациями, ответственными за управление различными охранными зонами и полосами отчуждения. Наиболее удобным для охарактеризования выборочного подхода к управлению нежелательной растительностью, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов, является словосочетание «Комплексное управление лесной растительностью». В качестве базовой структуры системы IVM применяется модель, предложенная в 2005 г. Nowak С.А. и Ballard В.Д., и предусматривающая реализацию полного системного подхода при воздействии на растительность. Нецелесообразно совмещать в одном шаге (критической фазе указанной модели) мониторинг потенциального эффекта от воздействия на нежелательную растительность и оценку данного воздействия. При дальнейшем совершенствовании системы IVM необходимо создать комплекс чётко определённых и при этом подлежащих измерению показателей, в полной мере отражающих достигнутый (или – не достигнутый) эффект от воздействия на нежелательную растительность. Для внедрения в отечественную практику защитного лесоразведения системы IVM должны быть не отдельным инструментом управления растительностью, а комбинацией подходов к управлению, включая не только оценку участка линейного инфраструктурного объекта, но и последующий контроль и определение качества нормативного содержания данного участка.

Ключевые слова: инфраструктурный объект, растительность, удаление, интегрированное управление, системный подход, качество, мониторинг.

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: автор благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Платонов, А. А. Комплексное управление лесной растительностью: этапы и перспективы развития / А. А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 2 (50). – С. 142–157. – Библиогр.: с. 152–157 (42 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/8>.

Поступила 27.03.2023. *Пересмотрена* 02.07.2023. *Принята:* 14.08.2023. *Опубликована онлайн:* 18.09.2023

Review

Integrated forest vegetation management: stages and development prospects

Alexey A. Platonov¹✉, pa7@rambler.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-4114-4636>

¹*Rostov State Transport University, Rostov Rifle Regiment of the People's Militia, 2, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation*

Abstract

When enterprises of the timber industry complex form protective forest plantations along linear infrastructure facilities, the problem of subsequent spontaneous reproduction of tree and shrub vegetation arises, which leads to disorder in the territories of the above facilities and creates a threat to the safety of their operation. In many foreign countries, work to maintain the territories of linear infrastructure facilities in a standard state is carried out in strict accordance with certain methods of conceptual management of vegetation growth. At the same time, such management methods are practically unknown both to the domestic scientific community dealing with the issues of protective afforestation, and to those who make decisions on the need to influence unwanted trees and shrubs. The purpose of the study was to study and analyze systemic methods for managing unwanted tree and shrub vegetation growing on the territories of linear infrastructure facilities in order to improve the quality and efficiency of its removal, as well as to make recommendations for the proper maintenance of these territories. Cluster analysis of world research trends in forest vegetation management revealed 3 major areas associated with: a decrease or increase in species richness and diversity of vegetation, as well as the inadmissibility of its subsequent renewal; methods and means of influencing vegetation, including the benefits of vegetation management; ecological and aesthetic consequences of vegetation management, as well as public perception of the results of such management. The established principles for the application of the integrated vegetation management system (Integrated Vegetation Management: IVM), which is widespread in the world, are necessarily taken into account by organizations responsible for managing various protected zones and right-of-way. The most convenient for characterizing a selective approach to the management of unwanted vegetation growing in the territories of linear infrastructure facilities is the phrase «Integrated forest vegetation management». As the basic structure of the IVM system, the model proposed in 2005 by Nowak and Ballard is used, which provides for the implementation of a complete systems approach when influencing vegetation. It is inappropriate to combine in one step (the critical phase of this model) the monitoring of the potential effect of the impact on unwanted vegetation and the assessment of this impact. With further improvement of the IVM system, it is necessary to create a set of clearly defined and at the same time measurable indicators that fully reflect the achieved (or not achieved) effect from the impact on unwanted vegetation. It

is shown that in order to introduce protective afforestation into domestic practice, IVM systems should not be a separate vegetation management tool, but a combination of management approaches, including not only the assessment of a plot of a linear infrastructure facility, but also subsequent control and determination of the quality of the normative maintenance of this plot.

Keywords: *infrastructure facility, vegetation, removal, integrated management, systems approach, quality, monitoring.*

Funding: this research received no external funding.

Acknowledgments: The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of the article.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

For citation: Platonov A. A. (2023) Integrated Forest Vegetation Management: Stages and Development Prospects. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 2 (50), pp. 142-157 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/8>.

Received: 27.03.2023. **Revised:** 02.07.2023. **Accepted:** 14.08.2023. **Published online:** 18.09.2023.

Введение

При формировании предприятиями лесопромышленного комплекса защитных лесных насаждений вдоль линейных инфраструктурных объектов (ЛИО, комплекса капитальных инженерных сооружений, обслуживающего производство, обеспечивающего условия жизнедеятельности общества и характеризуемого полной или частичной неразрывной связью с поверхностью, а также протяжённостью в пространстве, при этом длина объекта намного превышает его ширину) возникает проблема последующего самопроизвольного размножения древесно-кустарниковой растительности, что приводит к беспорядку на территориях вышеуказанных объектов и создаёт угрозу безопасности их функционирования. В рамках нормативного содержания ЛИО (в частности – полос отвода автомобильных и железных дорог, охранных зон линий электропередачи, а также газо- и нефтепроводов) с определённой периодичностью, обусловленной различными нормативными документами, выполняются работы по очистке территорий инфраструктурных объектов от нежелательной растительности. Однако указанные работы фактически повсеместно ведутся бессистемно и не учитывают целый ряд факторов, способствующих повышению качества и эффективности выполнения указанных работ. Между тем, во многих зарубежных странах вот уже

несколько десятилетий работы по поддержанию в нормативном состоянии территорий линейных объектов инфраструктуры (в первую очередь – охранных зон линий электропередачи) выполняются в строгом соответствии с определёнными методами концептуального управления произрастанием растительности, предусматривающими (в самом общем случае) реализацию нескольких предварительных (перед удалением растительности) и последующих (после удаления) этапов. Выполненным нами исследованием было установлено, что подобные методы управления практически неизвестны как отечественной научной общественности, занимающейся вопросами защитного лесоразведения, так и лицам, принимающим решения о необходимости воздействия на нежелательную древесно-кустарниковую растительность (НДКР).

Целью исследования являлось изучение и анализ системных методов управления произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов нежелательной древесно-кустарниковой растительностью для повышения качества и эффективности её удаления, а также составления рекомендаций по надлежащему содержанию указанных территорий.

Для реализации сформулированной цели исследований необходимо было решить следующие задачи:

1. Выявить и проанализировать этапы создания и развития методов управления нежелательной растительностью.

2. Определить возможности и перспективы применения методов управления растительностью на территориях отечественных объектов линейной инфраструктуры.

Материалы и методы

Поиск необходимых сведений о существующих методах концептуального управления произрастающей нежелательной растительности осуществлялся по различным библиографическим источникам преимущественно зарубежных авторов с использованием баз данных Springer Nature, Scopus, MDPI, ResearchGate и Web of Science Core Collection. При подборе источников информации принималась во внимание как обзорная информация, так и публикации о результатах осуществлённых экспериментах в области управления растительностью на самых различных (в том числе – нелинейных) объектах инфраструктуры. Отдельное внимание уделялось перекрёстному цитированию (в том числе – их количеству) наиболее выдающихся публикаций в исследуемой области.

Для оценки достоверности проведённых исследований обработка полученного массива данных

проводилась с использованием программного пакета для статистического анализа Statistica StatSoft Russia.

Результаты и обсуждение

Для получения более объективных результатов изучения системных методов управления растительностью проводился их кластерный анализ, целью которого являлось выявление наиболее общих направлений мировых исследований в данной области. Формирование надёжной и объективной дифференциации указанной кластеризации осуществлялось с помощью метода иерархической классификации, не требующей предварительного определения количества кластеров, и метода k-means. В качестве правила объединения кластеров использовался метод Уорда, при этом в качестве целевой использовалась функция «Евклидово расстояние» как наиболее используемая мера для вычисления расстояния на плоскости между точками.

Осуществлённым нами информационным поиском было установлено, что тенденции мировых исследований по управлению лесной растительностью можно сгруппировать по трём основным темам, приведённым на рис. 1, а.

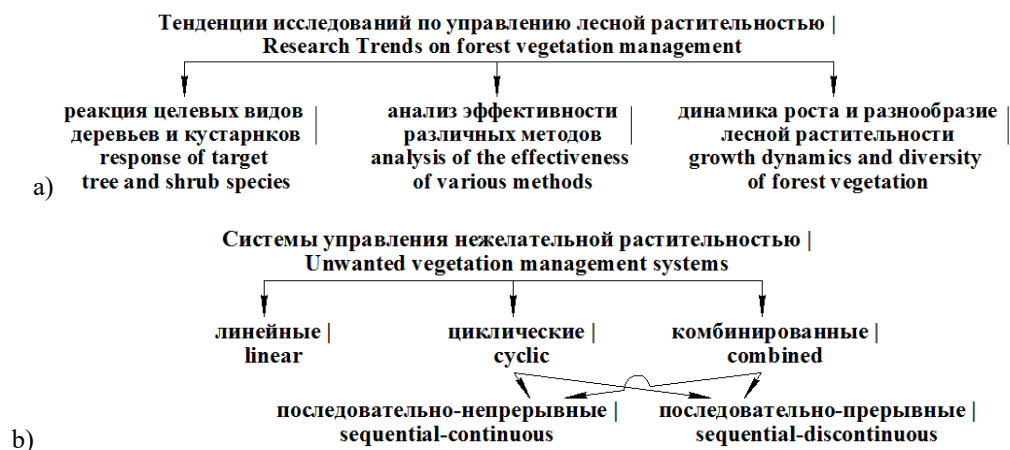


Рисунок 1. Тенденции исследований и классификация систем управления растительностью

Figure 1. Research trends and classification of vegetation management systems

(Источник: собственная разработка автора)

Source: own development of the author

При этом в части анализа эффективности различных методов управления нежелательной растительностью кластерный анализ показал концентрацию направлений исследований (рис. 2) на уменьшении или увеличении видового богатства и видового разнообразия растительности [1, 3, 5, 8, 10, 11, 18, 21, 24, 26, 29, 31], сохранности необходимых и недопустимости распространения инвазивных видов растений [4, 9, 13, 30], недопустимости последующего возобновления растительности [4, 5, 18, 21, 26, 33] (кластер C1), безопасности труда работников [4, 30, 31], методам и способам воздействия на растительность [2, 3, 15, 16, 20, 21, 26, 27, 42], экономическим последствиям (в т.ч. выгодам) от управления растительностью (например, [4, 10, 27, 31, 42]; в т.ч. Goodfellow J. «The Costeffi-

ciency of IVM. A Comparison of Vegetation Management Strategies for Utility Rights-of Way», 2020; кластер C2), отношениям участников и наблюдателей за процессом управления нежелательной растительностью (в т.ч. общественному восприятию итогов такого управления) [4, 6, 7, 13, 30, 31, 41, 42], экологическим последствиям (в т.ч. повышению природоохранной ценности территорий; например, [14, 16-18, 23, 28, 31, 32, 35-38, 41]; также Pietras-Couffignal K. ed al. «Future vegetation control of European Railways State-of-the-art report», 2021) и эстетической составляющей результатов управления растительностью (в том числе социальный контекст: доступ к природе; например, [12, 13, 19, 23, 31, 34, 40, 42]; в т.ч. Kocur-Bera K. ed al. «Roadside vegetation. The impact on safety», 2015; кластер C3).

Расстояние объединения | Linkage Distance

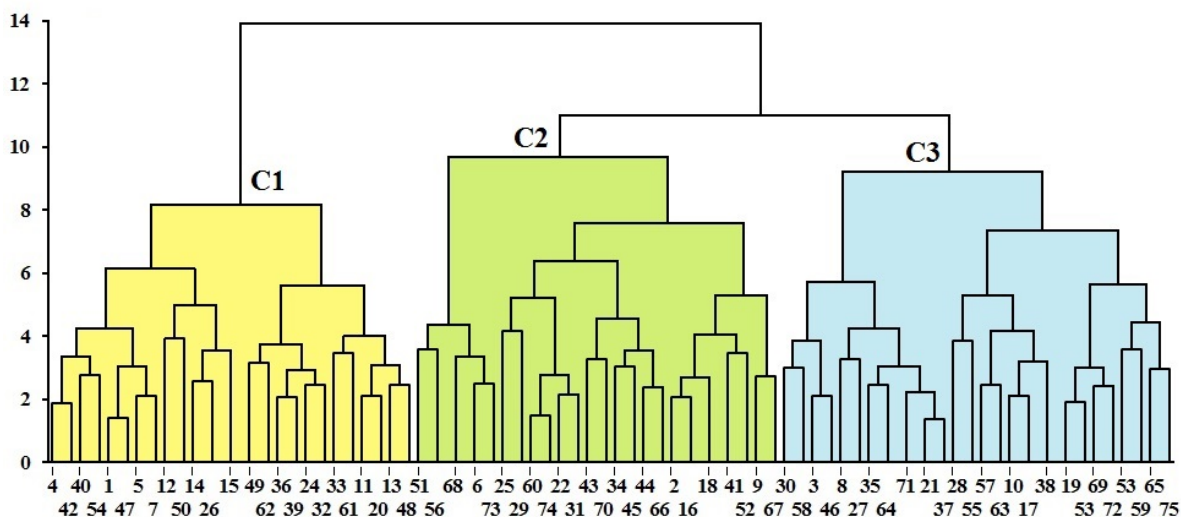


Рисунок 2. Дендрограмма распределения направлений мировых исследований в области управления растительностью

Figure 2. Dendrogram of the distribution of world research directions in the field of vegetation management

1. Arenas J.; 2. Bautista S.; 3. Below M.; 4. Bernes C.; 5. Bullock J.; 6. Byrd J.; 7. Camarretta N.; 8. Chiarucci A.; 9. Christodoulou G.; 10. Dudzinska M.; 11. Edwards J.; 12. Fassnacht F.E.; 13. Forster M.; 14. Gao L.; 15. Garcia P.; 16. Gaston K.; 17. Gonsamo A.; 18. Goodfellow J.; 19. Hale D.; 20. Harrison P.A.; 21. He W.; 22. Henderson D.; 23. Hu Y.; 24. Jackson D.R.; 25. Jakobsson S.; 26. Kattenborn T.; 27. Kocur-Bera K.; 28. Kolarik J.; 29. Koper N.; 30. Kornbluth S.; 31. Lampinen J.; 32. Layton C.W.; 33. Leston L.; 34. Leu J.M.; 35. Lopatin J.; 36. Losch M.; 37. Lynch A.J.; 38. Macova K.; 39. Maddox V.; 40. Mahan C.; 41. Marche B.; 42. Martin A.; 43. Mavrommatis A.; 44. McCarthy N.; 45. McLoughlin K.T.; 46. Mian S.; 47. Mola L.; 48. Molnar Z.; 49. Morzillo A.; 50. Nejatian A.; 51. Nemecek K.; 52. Nolte R.; 53. Osborne J.; 54. Parr T.W.; 55. Pellikka P.; 56. Phillips B.; 57. Pietras-Couffignal K.; 58. Russel K.; 59. Russell D.; 60. Schuler J.L.; 61. Somodi I.; 62. Stephenson A.L.; 63. Szoradova A.; 64. Tanner A.L.; 65. Thiffault N.; 66. Wang S.S.Y.; 67. Wang X.; 68. Wiens J.; 69. Wyatt S.; 70. Xu X.; 71. Yang Y.; 72. Yilmazer P.; 73. Zedler J.; 74. Zhao C.; 75. Zhu Q.

Источник: собственная разработка автора

Source: own development of the author

Интерес к вопросам концептуального моделирования растительного покрова, самопроизвольно образующегося (или – принудительно образуемого) на самых различных территориях, появился ещё в первой четверти XX века, при этом современные предлагаемые модели содержат типичные подходы или новые разработки, включая модели, основанные на различных принципах и учитывающие при этом не только характеристики произрастающей древесно-кустарниковой растительности, но и окружающей её среды.

Одной из первых работ, в которых была предпринята попытка создания концепции развития растительности, был труд А.Г. Тэнсли «The Classification of Vegetation and the Concept of Development» (1920 г.), где отмечалось, что классификация растительности должна основываться, прежде всего, на сумме её характеристик, а эмпирическое определение естественных единиц растительности, встречающихся в «полевых» условиях, является единственно надёжной основой классификации растительности.

Идея выборочного удаления нежелательной растительности для управления линейными инфраструктурными объектами (а именно – охранными зонами линий электропередачи) была впервые предложена 70 лет назад Ф.Е. Эглер «Vegetation management for roadside and rights-of-way» (1953 г.) и У.А. Ниринг «Principles of sound right-of-way vegetation management» (1958 г.) с многочисленными последующими повторными предложениями и уточнениями (Niering W.A., Goodwin R.H., 1974 г.; Dreyer G.D., Niering W.A., 1986 г.; Bramble W.C., Byrnes W.R., Hutnik R.J., 1990), при этом применение гербицидов представлялось как оптимальный способ борьбы с НДСР, сводящее к минимуму использование химикатов в долгосрочной перспективе.

В 1980-х годах выборочный подход к управлению нежелательной растительностью впервые сравнили с комплексной борьбой с вредителями (Integrated Pest Management: IPM), поскольку стало ясно, что выборочная борьба с древесно-кустарниковой порослью следует основным принципам IPM – «предотвращению» и «комплексному контролю» (Stern V.M. et al.) The integrated control

concept», 1959 г.). Поскольку не было ясно, применимы ли все предписания и принципы IPM к управлению растительностью в охранных зонах линий электропередачи, было разработано словосочетание «Интегрированное управление растительностью» (Integrated Vegetation Management: IVM; Jackson L.W. «A history of utility transmission right-of-way management», 1997 г.; McLoughlin K.T. «Integrated Vegetation Management. The exploration of a concept to application», 2002 г.). Практически сразу были предприняты успешные попытки применить IVM для других растительных систем: в частности, аналогичная фраза для описания систем управления нежелательной растительностью была введена для лесного хозяйства, а именно: «Комплексное управление лесной растительностью» (Integrated Forest Vegetation Management, IFVM; Wagner R.G. «Toward integrated forest vegetation management», 1994 г.). В ряде исследований (Ammer C. et al. «Forest vegetation management under debate: an introduction», 2011 г.; Wagner R.G. et al. «The role of vegetation management for enhancing productivity of the world's forests», 2006 г.) управление лесной растительностью (Forest vegetation management: FVM) определялось следующим образом: это обработка, направленная на снижение конкуренции за ресурсы участка (свет, питательные вещества, вода) между желаемыми деревьями и связанными с ними растениями или выращивание неурожайных видов для подавления нежелательных видов. Следует при этом отметить, что поскольку рассматриваемые ЛИО нередко находятся внутри лесных массивов, а также вдоль защитных лесных полос, то словосочетание «Комплексное управление лесной растительностью» нам представляется наиболее удобным для охарактеризования выборочного подхода к управлению нежелательной растительностью, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов.

В рамках IVM был разработан ряд ключевых её элементов, среди которых (McLoughlin K.T. «Application of integrated pest management to electric utility rights-of-way vegetation management», 1997 г.) разработка профилактических мер борьбы и акцент на биологические составляющие воздействия на нежелательную растительность, мониторинг ре-

зультатов воздействия, профессиональные (соответствующие современному уровню развития) способы, методы и технические средства воздействия, подтверждённая эффективность выполненных мероприятий.

В Меморандуме о взаимопонимании (Memorandum of Understanding: MOU) между Институтом электрики Эдисона, Ассоциацией коммунальных лесоводов и Лесной службой США (установившем рациональные методы IVM в качестве стандарта для управления полосами отвода ряда служб, 2016 г.) отмечалось, что подход IVM направлен на управление растительностью и окружающей средой путём нахождения оптимальных решений между расходами на осуществление воздействия; мониторингом полученных результатов; охраной окружающей среды; общественным здравоохранением; соответствием нормативным требованиям.

Отдельно в указанном Меморандуме акцентировалось внимание заинтересованных организаций на том, что стратегии IVM можно применять везде, где есть необходимость в управлении растительностью. Отмечалось, что программы IVM должны использоваться для управления растительностью вдоль полос отчуждения, чтобы сбаланси-

ровать безопасное, надёжное и рентабельное управление растительностью, сводя при этом к минимуму риск для здоровья человека и окружающей среды. При этом надлежащее управление растительностью необходимо для предотвращения проблем, связанных с плохо управляемой растительностью и чрезмерным её ростом, таких как нарушение обслуживания или функционирования; лесные пожары, эрозия и загрязняющие вещества; опасность для рабочих.

В 2005 г. Nowak С.А. и Ballard В.Д. («A Framework for Applying Integrated Vegetation Management on Rights-of-Way», 2005 г.) представили своё видение эволюции Интегрированного управления растительностью (IVM) как адаптацию модели интегрированной борьбы с вредителями (IPM) путём разработки полного системного подхода к реализации воздействия на растительность, которая, как оказалось впоследствии, стала базовой структурой системы IVM. В предложенной авторами системе IVM рассматривается как циклическая серия из шести шагов, формализующих отношения между критическими фазами управления растительностью (рис. 3):

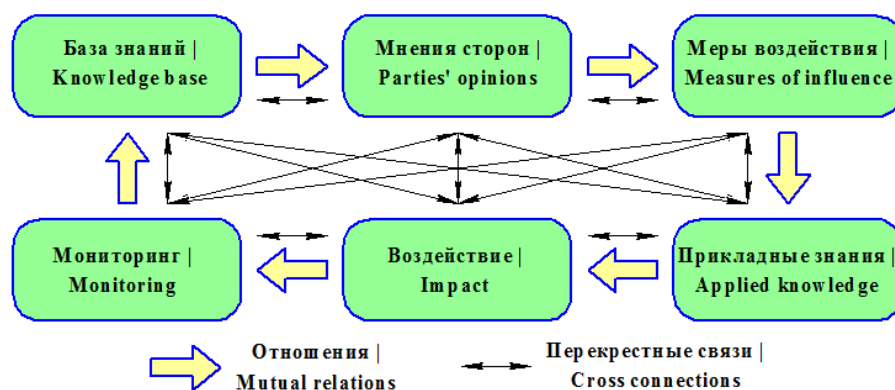


Рисунок 3. Отношения и перекрёстные информационные связи между критическими фазами управления растительностью (Nowak С.А., Ballard В.Д., 2005 г.)

Figure 3. Mutual relationships and cross information links between critical phases of vegetation management (Nowak С.А., Ballard В.Д., 2005)

(Источник: собственная разработка автора)

Source: own development of the author

Шаг 1: Получение базовых знаний о растительности – предусматривает как элементарное (начальное), так и углубленное (профессиональное)

экологическое понимание компонентов будущей управляемой системы (произрастающей нежелательной растительности) с целью выяснения осо-

бенностей взаимодействия указанной растительности с окружающей её экосистемой, а также возможных реакций растительности на внешние возмущения (а именно – управление);

Шаг 2: Выявление мнений заинтересованных сторон – предусматривает разработку и обоснование цели планируемого воздействия на растительность предприятиями, организациями и иными заинтересованными в качественном удалении нежелательной растительности сторонами, а также установку уровней толерантности к экологическим и инженерным параметрам указанного воздействия.

Шаг 3: Разработка мер воздействия – предусматривает обоснование полного спектра применяемых методов и средств удаления растительности. Отличительной особенностью системы IVM является невозможность планирования одного и того же управляющего воздействия на всех участках одного и того же ЛИО;

Шаг 4: Обобщение прикладных знаний – предусматривает учёт всех прямых и косвенных затрат на организацию работ по удалению НДКР, а также возможных последствий, оцениваемых обычно с помощью прикладных экологических показателей;

Шаг 5: Документирование мер воздействия и непосредственное воздействие на растительность – предусматривает представление определённого (в отношении конкретного участка ЛИО) документа со сформулированными мерами воздействия и согласованными ограничениями в отношении потребностей;

Шаг 6: Мониторинг – предусматривает организацию наблюдения за достигнутым (или – не достигнутым) эффектом от воздействия на нежелательную растительность, при этом результаты мониторинга являются основой для адаптивного управления и улучшения последующих воздействий.

Отличительной особенностью предложенной Nowak С.А. и Ballard В.Д. системы IVM является то, что элементы информации, полученные на каждом из шагов, можно использовать для как поддержки последующих шагов, так и для интегрирования в другие шаги путём организации перекрёстных информационных связей (рис. 3).

Подчеркнём, что предложенная Nowak С.А. и Ballard В.Д. система управления нежелательной растительностью включает в себя все этапы, предусмотренные большинством современных систем управления растительностью, а именно: этапы сбора информации, планирования, реализации, пересмотра и улучшения применяемых методов. При этом преимуществами рассматриваемой системы IVM являются:

- представление системы как серии циклических шагов, а не как линейной последовательности, что позволяет организовать управление растительностью на территории ЛИО принципиально на любом этапе очистки указанной территории от НДКР;
- акцентирование на непрерывном получении информации, интегрируемой в систему на каждом её этапе.

Указанные шаги этой (а также иных систем IVM) не привязаны к какому-либо конкретному календарному году. Вместо этого они представляют собой порядок, в котором их будут внедрять на конкретном участке инфраструктурного объекта для создания полностью работоспособной интегрированной системы управления нежелательной растительностью, позволяющей достичь наилучшего эффекта.

Выполненный нами анализ предложенной Nowak С.А. и Ballard В.Д. системы IVM выявил ряд её недостатков, а именно:

1. Отсутствует шаг (этап) оценки воздействия на нежелательную растительность по результатам проведённого мониторинга расчищенной от НДКР территории. Следует учесть, что мониторинг может быть организован лишь с целью дальнейшего наблюдения за возобновляющейся (в случае выполненного её удаления) или продолжающей расти (в случае некачественного её удаления) нежелательной растительностью без оценивания эффективности выполненных мероприятий. В тоже время трактование тех или иных результатов предусматривает осуществление предварительно выполненных действий по выявлению величин некоторого заранее обговорённого количества параметров, связанных в данном случае с произрастающей (или – удалённой) нежелательной растительностью. Такое выявление как раз и может быть осуществлено на

этапе мониторинга, при этом оценивание полученных результатов может представлять собой в свою очередь достаточно объёмную и сложную задачу, требующую не только глубоких знаний о произрастающей растительности и способах/методах её удаления, но и творческого подхода. С учётом этого, совмещение в одном шаге (критической фазе рассматриваемой системы) наблюдений (мониторинга) за эффектом от воздействия на нежелательную растительность и оценки данного воздействия нам представляется нецелесообразным и требующим выделения в отдельный шаг (этап) при дальнейшем совершенствовании системы IVM.

2. Предложенные к измерению в процессе осуществления мониторинга нежелательной растительности параметры не в полной мере отражают как суть процесса удаления НДКР, так и ожидаемые результаты удаления, пригодные для дальнейшего их оценивания. Авторами указанной системы IVM при мониторинге предлагается оценивать популяции деревьев, изменения в растительных сообществах с течением времени, загрязнения почвенного слоя и элементов инфраструктуры после их химической обработки, а также качество воды и сохранность популяций диких животных. При всей важности предложенных показателей, тем не менее, заметим, что с точки зрения необходимости очистки территории ЛИО от нежелательной растительности лишь 2 показателя из пяти отвечают на наш взгляд интересам вышеуказанной очистки (а именно: популяция деревьев и изменения в растительных сообществах), требуя при этом их однозначного растолкования. С учётом этого, нам представляется целесообразным при дальнейшем совершенствовании системы IVM создать комплекс чётко определённых и при этом подлежащих измерению показателей, в полной мере отражающих достигнутый (или – не достигнутый) эффект от воздействия на нежелательную растительность.

3. По ряду причин представляются не совсем реальными перекрёстные информационные связи между отдельными этапами интегрированного управления растительностью.

Совершенствование и развитие вышерассмотренной системы управления нежелательной растительностью, фактически принятой (с неболь-

шими улучшениями) в ряде зарубежных стран в качестве стандартной (ANSI A300 Integrated Vegetation Management Standard, Part 7, 2018), обусловлено стремлением организаций, ответственных за управление различными охраняемыми зонами и полосами отчуждения, повысить качество надлежащего содержания указанных территорий (Miller R.H. «Integrated Vegetation Management», 2021).

К настоящему времени системы интегрированного управления растительностью (Integrated Vegetation Management: IVM) получили уже достаточно широкое распространение, а принципы их применения в обязательном порядке учитываются организациями, ответственными за управление различными охраняемыми зонами и полосами отчуждения (фактически – независимо от типа ЛИО). Во многих случаях IVM – это глубокая и сложная система сбора информации, планирования, реализации, анализа и улучшения методов управления нежелательной растительностью. IVM используется для понимания ситуации об объекте исследования и его мониторинге, по результатам которого осуществляется обоснование и выбор тех или иных методов (способов) воздействия на растительность с общей целью выявления конкретных, экосистемно-чувствительных, экономически обоснованных и социально ответственных получаемых эффектов обработки территории, которые приводят к более точному достижению управления цели.

Обзор основных принципов создания и применения современных систем IVM позволил выявить, что в целом указанные системы подразделяются (рис. 1, б) на линейные (предполагающие фактически однократное исполнение всех необходимых при управлении растительностью этапов) [25], циклические (предполагающие многократное исполнение всех необходимых при управлении растительностью этапов) [22, 39] и комбинированные (предполагающие многократное исполнение некоторых необходимых при управлении растительностью этапов). При этом важным фактором успеха эффективной борьбы с нежелательной растительностью является установление процесса её управления, отражаемого в различных Планах и Руководствах по управлению, которые создаются

соответствующими организациями, ответственными за нормативное содержание участков ЛИО.

С учётом вышеизложенного, следует отметить, что правильно оценивая место и выбирая наиболее подходящую стратегию IVM, системы интегрированного управления растительностью могут принести многочисленные преимущества в рамках их применения на территориях отечественных объектов линейной инфраструктуры (полос отвода автомобильных и железных дорог, охранных зон линий электропередачи, газо- и нефтепроводов и иных), а именно:

- снизить общие затраты на управление растительностью;
- получить более безопасно управляемые объекты инфраструктуры;
- обеспечить более эффективный долгосрочный контроль и управление растительностью;
- снизить воздействие на окружающую среду (в т.ч. землю, воду, среду обитания насекомых и диких животных);
- уменьшить риски для здоровья человека.

По нашему представлению системы IVM должны быть не отдельным инструментом управления растительностью, а, скорее, комбинацией подходов к управлению, включая оценку участка ЛИО, последующий контроль и определение качества нормативного содержания указанного участка. При этом системы IVM являются как интегративными, так и специфичными для конкретного места. Одним из ключевых элементов системы IVM является разработка управленческих решений по методам воздействия на нежелательную растительность не для всего линейного инфраструктурного объекта на всём его протяжении, а для отдельных его участков. Следовательно, каждая программа (план, руководство) IVM должны быть разработаны с учётом индивидуальных целей, потребностей и ресурсов в контексте конкретной среды или условий, т.е. каждая программа IVM уникальна. Приспосабливая систему управления растительностью к потребностям организации, программы IVM объединяют соответствующие стратегии управления растительностью для обеспечения безопасного, рентабельного, надёжного обслуживания или функционирования инфраструктурного объекта при одновремен-

ном снижении рисков для окружающей среды и здоровья человека.

Выводы

1. Во многих зарубежных странах работы по поддержанию в нормативном состоянии территорий линейных объектов инфраструктуры выполняются в строгом соответствии с определёнными методами концептуального управления произрастанием растительности. При этом подобные методы управления практически неизвестны как отечественной научной общественности, занимающейся вопросами защитного лесоразведения, так и лицам, принимающим решения о необходимости воздействия на нежелательную древесно-кустарниковую растительность.

2. Кластерный анализ направлений мировых исследований по управлению лесной растительностью выявил 3 крупных направления, связанных: с уменьшением или увеличением видового богатства и видового разнообразия растительности, а также недопустимостью последующего её возобновления; методами и способами воздействия на растительность, в том числе выгодами от управления растительностью; экологическими и эстетическими последствиями управления произрастанием растительности, а также общественным восприятием итогов такого управления.

3. Установлено, что принципы применения широко распространённой в мире системы интегрированного управления растительностью (Integrated Vegetation Management: IVM) в обязательном порядке учитываются организациями, ответственными за управление различными охранными зонами и полосами отчуждения.

4. Показано, что наиболее удобным для охарактеризования выборочного подхода к управлению нежелательной растительностью, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов, является словосочетание «Комплексное управление лесной растительностью».

5. Раскрыто, что в качестве базовой структуры системы IVM применяется модель, предложенная в 2005 г. Nowak С.А. и Ballard В.Д., и предусматривающая реализацию полного системного подхода при воздействии на растительность.

6. Выявлена нецелесообразность совмещения в одном шаге (критической фазе указанной модели) мониторинга потенциального эффекта от воздействия на нежелательную растительность и оценки данного воздействия.

7. Обоснована необходимость при дальнейшем совершенствовании системы ИВМ создания комплекса чётко определённых и при этом подлежащих измерению показателей, в полной мере отражающих достигнутый (или – не достигнутый)

эффект от воздействия на нежелательную растительность.

8. Показано, что для внедрения в отечественную практику защитного лесоразведения территорий ЛИО различных типов системы ИВМ должны быть не отдельным инструментом управления растительностью, а комбинацией подходов к управлению, включая не только оценку участка ЛИО, но и последующий контроль и определение качества нормативного содержания данного участка.

Список литературы

1. Arenas J., Escudero A., Mola I., Casado M. Roadsides: An opportunity for biodiversity conservation. *Applied Vegetation Science*. 2017;20(4):527. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12328>
2. Barker A., Prostak R. Management of Vegetation by Alternative Practices in Fields and Roadsides. *International Journal of Agronomy*. 2014;1:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/207828>.
3. Bernes C., Bullock J.M., Jakobsson S. et al. How are biodiversity and dispersal of species affected by the management of roadsides? A systematic map. *Environmental Evidence*, 2017;6(1):24. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0103-1>
4. Byrd J., Maddox V., Russell D. Right of Way Integrated Vegetation Management: Essential to Keep the Us Economy Moving. *Outlooks on Pest Management*. 2020;31(5):201. DOI: https://doi.org/10.1564/v31_oct_02
5. Camarretta N., Harrison P.A., Bailey T. et al. Monitoring forest structure to guide adaptive management of forest restoration: a review of remote sensing approaches. *New Forests*. 2019;51(4):573. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09754-5>
6. DiFalco S., Morzillo A.T. Comparison of Attitudes towards Roadside Vegetation Management across an Exurban Landscape. *Land*. 2021;10(3):308. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10030308>
7. DiFalco S., Morzillo A.T., Ghosh D. Interpolating resident attitudes toward exurban roadside forest management. *Landscape Ecology*. 2022;1:16. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1310544/v1>
8. Fassnacht F.E., Latifi H., Stereńczak K. et al. Review of studies on tree species classification from remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 2016;186:64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.013>
9. Fore S.R., Hill M.J. Modeling the potential natural vegetation of Minnesota. *Ecological Informatics*. 2017;41:116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.07.006>
10. Gao L., Wang X., Johnson B.A. et al. Remote sensing algorithms for estimation of fractional vegetation cover using pure vegetation index values: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2020;159:364–377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.11.018>
11. García P., Sanna M., Fernández García M. et al. Monitoring invasive alien plants dynamics: application in restored areas. *Biologia*. 2023;78(3):112. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01375-w>
12. Gonsamo A., D'odorico P., Pellikka P. Measuring fractional forest canopy element cover and openness – definitions and methodologies revisited. *Oikos*. 2013;122(9):1283. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00369.x>
13. Hale D., Morzillo A. Landscape characteristics and social factors influencing attitudes toward roadside vegetation management. *Landscape Ecology*. 2020;35(9): 2029. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01078-6>
14. Hashad K., Yang B., Gallagher J. et al. Impact of roadside conifers vegetation growth on air pollution mitigation. *Landscape and Urban Planning*. 2023;229:104594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104594>.

15. Henderson D., Smith J., Fitch G. Impact of Vegetation Management on Vegetated Roadsides and Their Performance as a Low-Impact Development Practice for Linear Transportation Infrastructure. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2016;2588(1):172. DOI: <https://doi.org/10.3141/2588-19>
16. He W., Xu X., Zhang C. et al. Understory vegetation removal reduces the incidence of non-additive mass loss during leaf litter decomposition in a subtropical *Pinus massoniana* plantation. *Plant and Soil*. 2020;446(1-2):529. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04378-2>
17. Jumain M., Ibrahim Z., Ismail Z. et al. Influence of riparian vegetation on flow resistance in mobile bed straight compound channels. *Journal of Physics: Conf. Ser.* 2017;1049:012027. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1049/1/012027>
18. Kattenborn T., Lopatin J., Förster M. et al. UAV data as alternative to field sampling to map woody invasive species based on combined Sentinel-1 and Sentinel-2 data. *Remote Sensing of Environment*. 2019;227:61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.025>
19. Kloster D.P., Morzillo A.T., Butler B.J. et al. Amenities, disamenities, and decision-making in the residential forest: An application of the means-end chain theory to roadside trees. *Urban Forestry*. 2021;65:127348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127348>.
20. Lampinen J., Anttila N. Reconciling road verge management with grassland conservation is met with positive attitudes among stakeholders, but faces implementation barriers related to resources and valuation. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2020;64:1. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1785405>
21. Leston L., Koper N. An urban wildlife habitat experiment: conservation implications of altering management regimes on animals and plants along urban and rural rights-of-way. *Journal of Urban Ecology*. 2019;5(1):1. DOI: <https://doi.org/10.1093/jue/juz013>
22. Lynch A.J., Thompson L.M., Morton J.M. ed al. RAD Adaptive Management for Transforming Ecosystems. *BioScience*. 2022;72(1):45. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biab091>
23. Mácová K., Szórádová A., Kolařík J. Are Trees Planted along the Roads Sustainable? A Large-Scale Study in the Czech Republic. *Sustainability*. 2022;14(9):5026. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095026>
24. Mahan C., Ross B., Yahner R. The Effects of Integrated Vegetation Management on Richness of Native Compatible Flowering Plants and abundance of Noncompatible Tree Species on a Right-of-Way in Central Pennsylvania, USA. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2020;46(6): 395. DOI: <https://doi.org/10.48044/jauf.2020.029>
25. Marche B., Camargo M., Bautista S. ed al. Qualitative sustainability assessment of road verge management in France: An approach from causal diagrams to seize the importance of impact pathways. *Environmental Impact Assessment Review*. 2022;97(6). DOI: 106911. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106911>
26. Martin A., Schuler J.L., Edwards J. Vegetation response to strip cutting young hardwood stands in West Virginia. *Journal of Sustainable Forestry*. 2017;36(2):58. DOI: <https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1373254>
27. Mavrommatis A., Christodoulou G. Velocity Distribution in Channels with Submerged Vegetation. *Fluids*. 2022;7(9):290. DOI: <https://doi.org/10.3390/fluids7090290>
28. McFalls J., Storey B., Das S. Long-Term Vegetation Management Strategies for Roadsides and Roadside Appurtenances. Washington, National Academies Press, 2023, 121 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/26876>
29. Nejatian A., Makian M., Gheibi M., Fathollahi-Fard A.M. A novel viewpoint to the green city concept based on vegetation area changes and contributions to healthy days: a case study of Mashhad. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022;29(1):702-710. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15552-4>
30. Nemecek K., Stephenson A.L., Losch M. How Engineers and Roadside Vegetation Managers Maintain Roadside Vegetation in Iowa, USA. *Environmental Management*. 2022;70:593-604. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01683-y>
31. Phillips B., Bullock J., Osborne J., Gaston K. Ecosystem service provision by road verges. *Journal of Applied Ecology*. 2019;57(3):488. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13556>

32. Russell K., Russell G., Kaplan K. ed al. Increasing the conservation value of powerline corridors for wild bees through vegetation management: an experimental approach. *Biodiversity and Conservation*. 2018;27(12):2541. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1552-8>
33. Somodi I., Ewald J., Bede-Fazekas A., Molnár Z. The relevance of the concept of potential natural vegetation in the Anthropocene. *Plant Ecology and Diversity*. 2021;14(1):13. DOI: <https://doi.org/10.1080/17550874.2021.1984600>
34. Sterner S., Aslan C., Best R. Forest management effects on vegetation regeneration after a high severity wildfire: A case study in the southern Cascade range. *Forest Ecology and Management*. 2022;520(4):120394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120394>.
35. Suttle R., Kane B., Bloniarz D. Comparing the Structure, Function, Value, and Risk of Managed and Unmanaged Trees along Rights-of-Way and Streets in Massachusetts. *Forests*. 2022;13:1602. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13101602>.
36. Tanner A.L., Leroux S.J. Effect of Roadside Vegetation Cutting on Moose Browsing. *PLoS ONE*. 2015;10(8):0133155. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133155>
37. Taylor W.O., Watson P.L., Cerrai D. et al. Dynamic modeling of the effects of vegetation management on weather-related power outages, *Electric Power Systems Research*. 2022;207:107840. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107840>.
38. Totino M., Urdampilleta C.M., Ithuralde R.E. et al. A methodological approach for the analysis of ecosystem services from the local communities' perspective. *Ambio*. 2023;52:786-801. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01807-y>
39. Wiens J., Zedler J., Rush V.H. et al. Facilitating Adaptive Management in California's Sacramento-San Joaquin Delta. *San Francisco Estuary and Watershed Science*. 2017;15(2):1-15. DOI: <https://doi.org/10.15447/sfews.2017v15iss2art3>
40. Willmert H., Osso J., Twiss M. Winter road management effects on roadside soil and vegetation along a mountain pass in the Adirondack Park. *Journal of Environmental Management*. 2018;225:215-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.085>.
41. Yang Y., Zhu Q., Peng C. et al. A novel approach for modelling vegetation distributions and analysing vegetation sensitivity through trait-climate relationships in China. *Scientific Reports*. 2016;6:24110. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep24110>
42. Zhao C., Yang Y., Hu Y. Methodology, assessment and application of biotope mapping for urban parks in China: A case study on Riverside Park, Yichang. *Frontiers in Environmental Science*. 2022;10(8):362. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1008362>

References

1. Arenas J., Escudero A., Mola I., Casado M. Roadsides: An opportunity for biodiversity conservation. *Applied Vegetation Science*. 2017;20(4):527. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12328>
2. Barker A., Probst R. Management of Vegetation by Alternative Practices in Fields and Roadsides. *International Journal of Agronomy*. 2014;1:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/207828>.
3. Bernes C., Bullock J.M., Jakobsson S. et al. How are biodiversity and dispersal of species affected by the management of roadsides? A systematic map. *Environmental Evidence*, 2017;6(1):24. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0103-1>
4. Byrd J., Maddox V., Russell D. Right of Way Integrated Vegetation Management: Essential to Keep the Us Economy Moving. *Outlooks on Pest Management*. 2020;31(5):201. DOI: https://doi.org/10.1564/v31_oct_02
5. Camarretta N., Harrison P.A., Bailey T. et al. Monitoring forest structure to guide adaptive management of forest restoration: a review of remote sensing approaches. *New Forests*. 2019;51(4):573. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09754-5>

6. DiFalco S., Morzillo A.T. Comparison of Attitudes towards Roadside Vegetation Management across an Exurban Landscape. *Land*. 2021;10(3):308. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10030308>
7. DiFalco S., Morzillo A.T., Ghosh D. Interpolating resident attitudes toward exurban roadside forest management. *Landscape Ecology*. 2022;1:16. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1310544/v1>
8. Fassnacht F.E., Latifi H., Stereńczak K. et al. Review of studies on tree species classification from remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 2016;186:64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.013>
9. Fore S.R., Hill M.J. Modeling the potential natural vegetation of Minnesota. *Ecological Informatics*. 2017;41:116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.07.006>
10. Gao L., Wang X., Johnson B.A. et al. Remote sensing algorithms for estimation of fractional vegetation cover using pure vegetation index values: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2020;159:364–377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.11.018>
11. García P., Sanna M., Fernández García M. et al. Monitoring invasive alien plants dynamics: application in restored areas. *Biologia*. 2023;78(3):112. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01375-w>
12. Gonsamo A., D'odorico P., Pellikka P. Measuring fractional forest canopy element cover and openness – definitions and methodologies revisited. *Oikos*. 2013;122(9):1283. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00369.x>
13. Hale D., Morzillo A. Landscape characteristics and social factors influencing attitudes toward roadside vegetation management. *Landscape Ecology*. 2020;35(9): 2029. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01078-6>
14. Hashad K., Yang B., Gallagher J. et al. Impact of roadside conifers vegetation growth on air pollution mitigation. *Landscape and Urban Planning*. 2023;229:104594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104594>
15. Henderson D., Smith J., Fitch G. Impact of Vegetation Management on Vegetated Roadsides and Their Performance as a Low-Impact Development Practice for Linear Transportation Infrastructure. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2016;2588(1):172. DOI: <https://doi.org/10.3141/2588-19>
16. He W., Xu X., Zhang C. et al. Understory vegetation removal reduces the incidence of non-additive mass loss during leaf litter decomposition in a subtropical *Pinus massoniana* plantation. *Plant and Soil*. 2020;446(1-2):529. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04378-2>
17. Jumain M., Ibrahim Z., Ismail Z. et al. Influence of riparian vegetation on flow resistance in mobile bed straight compound channels. *Journal of Physics: Conf. Ser.* 2017;1049:012027. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1049/1/012027>
18. Kattenborn T., Lopatin J., Förster M. et al. UAV data as alternative to field sampling to map woody invasive species based on combined Sentinel-1 and Sentinel-2 data. *Remote Sensing of Environment*. 2019;227:61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.025>
19. Kloster D.P., Morzillo A.T., Butler B.J. et al. Amenities, disamenities, and decision-making in the residential forest: An application of the means-end chain theory to roadside trees. *Urban Forestry*. 2021;65:127348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127348>
20. Lampinen J., Anttila N. Reconciling road verge management with grassland conservation is met with positive attitudes among stakeholders, but faces implementation barriers related to resources and valuation. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2020;64:1. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1785405>
21. Leston L., Koper N. An urban wildlife habitat experiment: conservation implications of altering management regimes on animals and plants along urban and rural rights-of-way. *Journal of Urban Ecology*. 2019;5(1):1. DOI: <https://doi.org/10.1093/jue/juz013>
22. Lynch A.J., Thompson L.M., Morton J.M. et al. RAD Adaptive Management for Transforming Ecosystems. *BioScience*. 2022;72(1):45. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biab091>
23. Mácová K., Szórádová A., Kolařík J. Are Trees Planted along the Roads Sustainable? A Large-Scale Study in the Czech Republic. *Sustainability*. 2022;14(9):5026. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095026>

24. Mahan C., Ross B., Yahner R. The Effects of Integrated Vegetation Management on Richness of Native Compatible Flowering Plants and abundance of Noncompatible Tree Species on a Right-of-Way in Central Pennsylvania, USA. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2020;46(6): 395. DOI: <https://doi.org/10.48044/jauf.2020.029>
25. Marche B., Camargo M., Bautista S. et al. Qualitative sustainability assessment of road verge management in France: An approach from causal diagrams to seize the importance of impact pathways. *Environmental Impact Assessment Review*. 2022;97(6). DOI: 106911. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106911>
26. Martin A., Schuler J.L., Edwards J. Vegetation response to strip cutting young hardwood stands in West Virginia. *Journal of Sustainable Forestry*. 2017;36(2):58. DOI: <https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1373254>
27. Mavrommatis A., Christodoulou G. Velocity Distribution in Channels with Submerged Vegetation. *Fluids*. 2022;7(9):290. DOI: <https://doi.org/10.3390/fluids7090290>
28. McFalls J., Storey B., Das S. Long-Term Vegetation Management Strategies for Roadsides and Roadside Appurtenances. Washington, National Academies Press, 2023, 121 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/26876>
29. Nejatian A., Makian M., Gheibi M., Fathollahi-Fard A.M. A novel viewpoint to the green city concept based on vegetation area changes and contributions to healthy days: a case study of Mashhad. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022;29(1):702-710. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15552-4>
30. Nemecek K., Stephenson A.L., Losch M. How Engineers and Roadside Vegetation Managers Maintain Roadside Vegetation in Iowa, USA. *Environmental Management*. 2022;70:593-604. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01683-y>
31. Phillips B., Bullock J., Osborne J., Gaston K. Ecosystem service provision by road verges. *Journal of Applied Ecology*. 2019;57(3):488. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13556>
32. Russell K., Russell G., Kaplan K. et al. Increasing the conservation value of powerline corridors for wild bees through vegetation management: an experimental approach. *Biodiversity and Conservation*. 2018;27(12):2541. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1552-8>
33. Somodi I., Ewald J., Bede-Fazekas A., Molnár Z. The relevance of the concept of potential natural vegetation in the Anthropocene. *Plant Ecology and Diversity*. 2021;14(1):13. DOI: <https://doi.org/10.1080/17550874.2021.1984600>
34. Sterner S., Aslan C., Best R. Forest management effects on vegetation regeneration after a high severity wildfire: A case study in the southern Cascade range. *Forest Ecology and Management*. 2022;520(4):120394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120394>
35. Suttle R., Kane B., Bloniarz D. Comparing the Structure, Function, Value, and Risk of Managed and Unmanaged Trees along Rights-of-Way and Streets in Massachusetts. *Forests*. 2022;13:1602. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13101602>
36. Tanner A.L., Leroux S.J. Effect of Roadside Vegetation Cutting on Moose Browsing. *PLoS ONE*. 2015;10(8):0133155. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133155>
37. Taylor W.O., Watson P.L., Cerrai D. et al. Dynamic modeling of the effects of vegetation management on weather-related power outages. *Electric Power Systems Research*. 2022;207:107840. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107840>
38. Totino M., Urdampilleta C.M., Ithuralde R.E. et al. A methodological approach for the analysis of ecosystem services from the local communities' perspective. *Ambio*. 2023;52:786-801. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01807-y>
39. Wiens J., Zedler J., Rush V.H. et al. Facilitating Adaptive Management in California's Sacramento-San Joaquin Delta. *San Francisco Estuary and Watershed Science*. 2017;15(2):1-15. DOI: <https://doi.org/10.15447/sfews.2017v15iss2art3>
40. Willmert H., Osso J., Twiss M. Winter road management effects on roadside soil and vegetation along a mountain pass in the Adirondack Park. *Journal of Environmental Management*. 2018;225:215-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.085>

41. Yang Y., Zhu Q., Peng C. et al. A novel approach for modelling vegetation distributions and analysing vegetation sensitivity through trait-climate relationships in China. *Scientific Reports*. 2016;6:24110. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep24110>

42. Zhao C., Yang Y., Hu Y. Methodology, assessment and application of biotope mapping for urban parks in China: A case study on Riverside Park, Yichang. *Frontiers in Environmental Science*. 2022;10(8):362. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1008362>

Сведения об авторе

✉ *Платонов Алексей Александрович* – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344038, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4114-4636>, e-mail: paa7@rambler.ru.

Information about the author

✉ *Aleksey A. Platonov* – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, Rostov State Transport University, Rostov Rifle Regiment of the People's Militia, 2, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344038, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4114-4636>, e-mail: paa7@rambler.ru.

✉ – Для контактов/Corresponding author