DOI: 10.58168/BECGD2026_652-657
УДК 551.583+581.543+ 502.131.1

ФЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ: ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ ЦУР 13

PHENOLOGICAL INDICATION: A TOOL FOR MONITORING CLIMATE CHANGE IN THE CONTEXT GOAL 13: CLIMATE ACTION

Чередник Е.С., студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Зиновьева И.С. д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Cherednik E.S., student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Zinovyeva I.S., doctor of Economics, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: В данной статье представлен анализ возможности использования фенологической индикации как инструмента мониторинга климатических изменений. Обосновывается её перспективность как метода раннего выявления реакций биоты на климатические изменения, в том числе в лесных экосистемах. Цель исследования — оценить потенциал фенологической индикации в качестве инструмента мониторинга для реализации ЦУР 13 («Борьба с изменением климата»). Результаты показывают, что фенологический мониторинг может стать основой систем раннего предупреждения о стихийных бедствиях и способствовать адаптации к климатическим изменениям. Однако его внедрение на международном уровне сдерживается отсутствием единых методик фиксации фенофаз и единой базы данных.

Abstract: This article presents an analysis of the potential use of phenological indication as a tool for monitoring climate change. The study substantiates its promise as a method for early detection of biota responses to climatic changes, including those affecting forest ecosystems. The research aims to assess the potential of phenological indication as a monitoring tool for achieving GOAL 13 (“Climate Action”). The findings demonstrate that phenological monitoring can serve as the foundation for early warning systems for natural disasters and contribute to adaptation to climate change. However, its international implementation is hindered by the lack of unified methods for recording phenophases and a common database.

Ключевые слова: ЦУР 13, адаптация, устойчивое развитие, фенология, индикация, глобальное потепление.

Keywords: GOAL 13: Climate action, adaptation, sustainable development, phenology, indication, global warming.

© Чередник Е. С., Зиновьева И. С., 2026

Одной из основных проблем человечества, с которой столкнулись все страны является глобальное потепление. Ежегодно общество становится свидетелем увеличения количества неблагоприятных метеорологических явлений: увеличение количества и стихийности ураганов, наводнений и землетрясений. Подобные изменения несут значительный ущерб для экосистем, экономики стран и общества в целом. За последнее столетие ООН констатировала повышение температуры воздуха свыше 1,5℃. Подобные изменения не прошли бесследно [1, 2, 6, 8].

В 2010 году, на территории Российской Федерации было зафиксировано рекордное количество дней аномальной жары, которые повлекли за собой беспрецедентное количество лесных пожаров. Большинство островных государств (Фиджи, Тувалу) сталкивается с повышением уровня мирового океана, угрожая их существованию. По данным Всемирной метеорологической организации, ежегодно не менее 50 тыс. жителей тихоокеанских островов сталкиваются с риском вынужденного перемещения. Угроза биоразнообразию, социальные и экономические последствия – это лишь малая часть, которую затронула климатическая повестка [1, 2].

Повсеместные климатические изменения вносят значительные изменения в устойчивость экосистем. Лесные экосистемы в условиях изменяющегося климата не всегда успевают адаптироваться к новым условиям, из-за чего фиксируется ускорения сукцессионных процессов, напрямую влияя на количество и качество деловой древесины [3, 6]. В связи с этим возникает острая необходимость поиска биологических индикаторов, которые могут сигнализировать об изменении реакции биоты, упреждая будущие экологические и экономические последствия. Анализ фенологической индикации в ключе одного из основных инструментов мониторинга климатических воздействий может стать инструментом к изучению адаптационного потенциала различных экосистем [5, 7, 8, 9]. Актуальность изучения климатических изменений через призму фенологических наблюдений обусловлена нарастающими климатическими рисками и необходимостью их оперативного выявления.

Фенология – это наука, об изучении сезонных ритмов и их изменчивости у живых организмов. Мониторинг сезонных ритмов природы интересовал человечество с давних времен [3, 7]. В основу первых календарей входили фенологические наблюдения за растениями, благодаря чему общество смогло выявить сезонность года. Наблюдения производят не только за флорой, но и фауной. Миграция и гнездование птиц, спячка животных и т.д. являются основной базой фенологического мониторинга за фауной экосистем. На сегодняшний день, фенологический мониторинг является прикладной задачей, для понимания отклика биоты на внешние изменения. Ряд ученых отмечает, что весенние фенологические фазы и явления растений ярко реагируют на изменения температурных показателей, смещая сроки наступления запуска фенофаз на более ранние сроки [3, 4, 5, 7, 9]. У некоторых видов проявляется более широкий показатель фенологической пластичности, другие же, наоборот, более устойчивы. Классики фенологических учений, такие как Г. О. Шульц, В. А. Батманов, В. Н. Сукачев отмечали, что наступление сроков фенофаз у растений напрямую зависит от изменения

климатических воздействий [3, 5, 7]. Современные исследования отмечают, что фенологический мониторинг за основными лесообразующими породами является перспективной задачей для выявления адаптационного потенциала лесных экосистем.

В 2015 году в рамках заключения Парижского соглашений появляется ЦУР 13, в рамках комплексной стратегии координаций всех государств и наций в борьбе с глобальным потеплением и его последствиями. Данная цель включает 5 основных задач, которые связаны напрямую с мерами реагирования на изменения климата. Среди них: выполнение обязательств перед рамочной конвенцией ООН, распространение информации по смягчению последствий климата, интеграция мер реагирования в политику и планирование на национальном уровне [1, 2]. Амбициозная ЦУР 13 все больше сталкивается со сложностями реализации поставленных задач. Развитые и развивающие страны находятся на разных этапах развития ключевых показателей, по причине нехватки финансирования проектов. В рамках борьбы с изменением климата введены два показателя: адаптация и митигация, которые дополняют друг друга и направлены на комплексное решение проблемы климатических изменений (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Меры адаптации и митигации, принимаемые для достижения ЦУР 13

В ходе анализа ЦУР 13 и результатов фенологических исследований выявлено, что в контексте адаптации феномониторинг возможно использовать как инструмент раннего предупреждения о стихийных бедствиях (Задача адаптации №4: создание систем раннего предупреждения о стихийных бедствиях).

Для оценки экономической эффективности фенологической индикации как метода мониторинга климатических сдвигов в рамках достижения ЦУР 13 требуется определить прогнозируемый итог и проследить цепочку обеспечивающих его факторов. Сводные данные о возможных экономических последствиях внедрения данного подхода систематизированы в Таблице 1.

Обобщение сведений о потенциале фенологических наблюдений, а также результатов исследований зарубежных и российских ученых в области адаптации биоценозов к меняющемуся климату, дает основания выделить ряд специфических преимуществ для ряда отраслей. В частности, для аграрного и лесопромышленного

комплексов открываются перспективы снижения ущерба от гибели озимых и плодовых культур вследствие заморозков, а также возможность более точного сопряжения технологических операций с сезонной ритмикой природных процессов.

Таблица 1 – Результаты после внедрения фенологической индикации в контексте ЦУР 13

Отрасли	Конкретная цель	Механизм достижения	Количественная оценка	Связь с ЦУР 13
Сельское хозяйство	Снижение потерь урожая	Раннее выявление изменений вегетационного периода.	Сокращение потерь урожая на 10–25 %.	Задача 13.2: интеграция климатических мер в планирование
Страхование	Снижение страховых выплат по климатическим рискам	Прогнозирование сроков заморозков, засух и других аномалий на основе фенологических данных	Сокращение страховых выплат на 20–30 % в регионах с высокой точностью прогнозов	Задача 13.3: наращивание потенциала для адаптации
Туризм и рекреация	Увеличение доходов от сезонного туризма	Планирование туристических сезонов на основе фенологических индикаторов	Рост доходов на 12–18 % в экотуризме и агротуризме	Задача 13.2: учёт климатических факторов в стратегиях развития

Введение льгот на страхование для регионов с высокой вероятностью неблагоприятных природных явлений поможет улучшить экологическую ситуацию. Фенологический мониторинг может стать перспективным направлением в развитии туризма и отдыха. Все эти направления имеют прямую связь с ЦУР 13 (Задача 13.1, 13.2,13.3).

Перспективность фенологической индикации в контексте адаптации к климатическим вызовам выявлена как амбициозная цель введения ее как инструмента для ЦУР 13. Для введения фенологических индикаторов необходимо составить ряд рекомендаций (Рисунок 2).

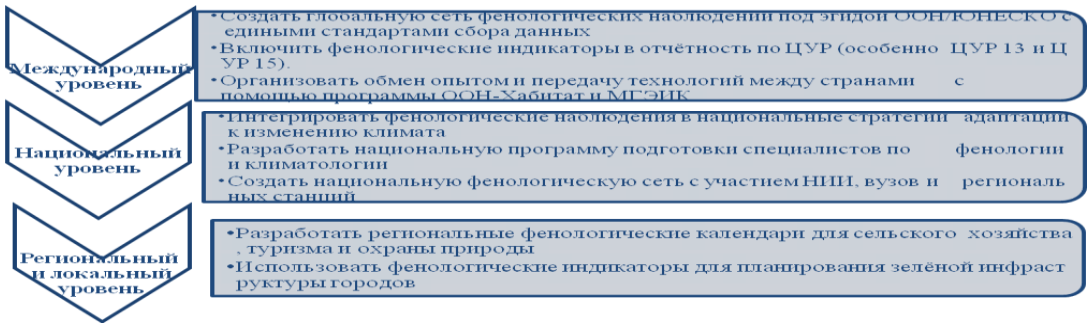


Рисунок 2 – Стартовые рекомендации для внедрения фенологической индикации как инструмента ЦУР 13

На сегодняшний день фенологический мониторинг сталкивается с рядом нерешенных задач, которые блокируют введение данного инструмента на международный уровень [4]. Одной из таких является расхождение методик фиксирования и определения фенологических фаз и явлений. По этой причине возникает сложность в создании единой базы данных, которая могла бы стать стартовым вектором в развитии фенологического инструмента.

Таким образом, фенологическая индикация перспективна как биологический инструмент влияния климатических изменений, которая сталкивается с рядом сложностей на разных уровнях. Разработка глобальной сети фенологических наблюдений и унификация всех фенологических методик, может стать первым шагом в развитии данного инструментария.

Список литературы

1. 35 лет Межправительственной группе экспертов по изменению климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2023. Т. 9. № 4. С. 373-385. URL: https://fa-climatology.ru/index.php/fpk/article/view/23/37 (дата обращения 02.06.2024).

2. Близнецкая, Е. А. Новая Климатическая доктрина России и особенности реализации международных актов в области климата в субъекте федерации (1) / Е. А. Близнецкая, С. В. Ивлев, А. Е. Кутейников // Электронное сетевое издание «Международный правовой курьер». – 2023. – № 7. – С. 30-34.

3. Карбасникова Е. Б., Бабич Н. А., Карбасников А. А. Особенности сезонного развития лиственницы (Larix Mill.) в условиях южной подзоны тайги. Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2020;24(3):53-59. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-53-59

4. Минин А. А., Буйволов Ю. А., Самохина О. Ф., Бардин М. Ю., Демидов В. Э, Лебедев П. А., Поликарпова Н. В., Прокошева И. В., Рыжков О. В., Сапельникова И. И., Фомин Б. Н., Шуйская Е. А., Яковлева М. В., Янцер О. В. Фенологические тренды в природе России: насколько они следуютза изменениями климата? Фундаментальная и прикладная климатология. 2024;10(3):378-398. DOI: 10.21513/2410-8758-2024-3-378-398

5. Серебряков, О. В. Влияние современных климатических тенденций на фенологию древесных пород: последствия для устойчивого лесовосстановления в Центральном Черноземье / О. В. Серебряков, Н. В. Яковенко // Научно-агрономический журнал. – 2025. – № 4(131). – С. 5-17. – DOI 10.34736/FNC.2025.131.4.001.05-17.

6. Серебряков, О. В. Влияние климатических факторов на развитие заболеваний дуба черешчатого (Quercus robur L.) на примере мучнистой росы / О. В. Серебряков, Е. В. Турчанинова, Н. Н. Харченко // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15, № 2(58). – С. 122-141. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2025.2/8.

7. Фомин Э. С., Фомина Т. И. Фенологический отклик растений различных биоморф на изменение климата в Западной Сибири. Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2024;(3):318-328.

8. Climate Change Adaptation Strategy 2024-2025. 2024. URL: https://vancouver.ca/green-vancouver/climate-change-adaptation-strategy.aspx (date accessed: 30.05.2024).

9. Jiao C. Editorial: The effects of climate change and anthropogenic activities on patterns, structures and functions of terrestrial ecosystems. Front. Ecol. Evol. 2023; 11:1296292. DOI: 10.3389/fevo.2023.1296292.

References

1. 35 years of the Intergovernmental Panel on Climate Change // Fundamental and Applied Climatology. 2023. Vol. 9. No. 4. pp. 373-385. URL: https://fa-climatology.ru/index.php/fpk/article/view/23/37 (accessed 02.06.2024).

2. Bliznetskaya, E. A. The New Climate Doctrine of Russia and the Features of the Implementation of International Climate Acts in the Subject of the Federation (1) / E. A. Bliznetskaya, S. V. Ivlev, A. E. Kuteynikov // Electronic online publication "International Legal Courier". - 2023. - No. 7. - pp. 30-34.

3. Karbasnikova E. B., Babich N. A., Karbasnikov A. A. Features of seasonal development of larch (Larix Mill.) in the southern taiga subzone. Forestry Bulletin. 2020;24(3):53-59. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-53-59

4. Minin A. A., Buyvolov Yu. A., Samokhina O. F., Bardin M. Yu., Demidov V. E, Lebedev P. A., Polikarpova N. V., Prokosheva I. V., Ryzhkov O. V., Sapelnikova I. I., Fomin B. N., Shuyskaya E. A., Yakovleva M. V., Yantser O. V. Phenological trends in the nature of Russia: to what extent do they follow climate change? Fundamental and Applied Climatology. 2024;10(3):378-398. DOI: 10.21513/2410-8758-2024-3-378-398

5. Serebryakov, O. V. The Impact of Modern Climate Trends on the Phenology of Tree Species: Consequences for Sustainable Reforestation in the Central Black Earth Region / O. V. Serebryakov, N. V. Yakovenko // Scientific and Agronomic Journal. - 2025. - No. 4 (131). - P. 5-17. - DOI 10.34736/FNC.2025.131.4.001.05-17.

6. Serebryakov, O. V. Influence of climatic factors on the development of diseases of common oak (Quercus robur L.): powdery mildew / O. V. Serebryakov, E. V. Turchaninova, N. N. Kharchenko // Forestry journal. - 2025. - Vol. 15, No. 2 (58). - Pp. 122-141. - DOI 10.34220/issn.2222-7962/2025.2/8.

7. Fomin E. S., Fomina T. I. Phenological response of plants of different biomorphs to climate change in Western Siberia. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Biological series. 2024; (3): 318-328.

8. Climate Change Adaptation Strategy 2024-2025. 2024. URL: https://vancouver.ca/green-vancouver/climate-change-adaptation-strategy.aspx (date accessed: 05/30/2024).

9. Jiao C. Editorial: The effects of climate change and anthropogenic activities on patterns, structures and functions of terrestrial ecosystems. Front. Ecol. Evol. 2023; 11:1296292. DOI: 10.3389/fevo.2023.1296292.