



ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ/PHILOSOPHY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.169.40> EDN: NVTAGG

ФИЛОСОФИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В КОНЦЕПЦИИ «СИСТЕМА-СФЕРА» АДАПТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛОВ

Научная статья

Маликова Е.А.^{1,*}, Привезенцева С.В.², Слепнев П.А.³¹ORCID : 0009-0001-9021-1498;²ORCID : 0000-0002-4407-1789;^{1,2,3} Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (malickowa.elena2013[at]yandex.ru)

Предложена: 23.04.2026; Принята: 24.06.2026; Опубликовано: 17.07.2026

Аннотация

В статье с позиций философии науки анализируются границы классического системного подхода к планировке техногенных отвалов. Показано, что линейные методы (зонирование, изолированная рекультивация) базируются на редукционизме и неадекватны нелинейной динамике объектов. На основе идей Бераланфи, Пригожина, Хакена и Арнольда разработана концепция «система-сфера», трактующая отвал как замкнутую сетевую саморегулируемую систему; метафора сферы задаёт неиерархическую, равноправную организацию связей. Сформулированы четыре принципа: диалектика детерминизма и стохастичности, преодоление бинарности, критичность реперных точек, устойчивость через распределённую сеть. Предложена трехуровневая эпистемологическая рамка (системный, стохастико-динамический, антропогенно-телеологический уровни). Концепция учитывает социальный выбор как внутренний источник неопределённости.

Ключевые слова: системный подход, философия науки, техногенные отвалы, синергетика, бифуркации, концепция «система-сфера», адаптивное планирование, сложные системы, реперные точки, социальный выбор.

THE PHILOSOPHY OF THE SYSTEMATIC APPROACH IN THE 'SYSTEM-SPHERE' CONCEPT FOR THE ADAPTIVE ORGANISATION OF TERRITORIES WITH ANTHROPOGENIC SPOIL HEAPS

Research article

Malikova E.A.^{1,*}, Privezentseva S.V.², Slepnev P.A.³¹ORCID : 0009-0001-9021-1498;²ORCID : 0000-0002-4407-1789;^{1,2,3} National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (malickowa.elena2013[at]yandex.ru)

Suggested: 23.04.2026; Accepted: 24.06.2026; Published: 17.07.2026

Abstract

The article analyses the limits of the classical systematic approach to the planning of anthropogenic spoil heaps from the perspective of the philosophy of science. It is shown that linear methods (zoning, isolated reclamation) are based on reductionism and are inadequate for the non-linear dynamics of the objects in question. Based on the ideas of Bertalanffy, Prigogine, Haken and Arnold, the 'system-sphere' concept has been developed, which interprets a spoil heap as a closed, self-regulating network system; the metaphor of the sphere defines a non-hierarchical, egalitarian organisation of connections. Four principles have been formulated: the dialectic of determinism and stochasticity; overcoming binary opposition; the critical nature of reference points; and stability through a distributed network. A three-level epistemological framework has been suggested (systemic, stochastic-dynamic and anthropogenic-teleological levels). The concept takes social choice into account as an internal source of uncertainty.

Keywords: systemic approach, philosophy of science, anthropogenic spoil heaps, synergetics, bifurcations, 'system-sphere' concept, adaptive planning, complex systems, reference points, social choice.

Введение

Техногенные отвалы (терриконы, шлакоотвалы, хвостохранилища) занимают значительные площади в горнодобывающих регионах, отличаясь сложной морфологией, токсичностью грунтов и длительной регенерацией [13]. Как показано Л. фон Бераланфи, сложные системы не сводимы к сумме свойств частей [3]. И. Пригожин и Г. Хакен обосновали нелинейную динамику и роль бифуркаций, где малые воздействия ведут к качественным изменениям [14], [6]. С позиций философии науки ключевой вызов — преодоление разрыва между статичными картографическими моделями и динамической реальностью отвала как саморегулируемой системы [8], [11]. Современные исследования подчёркивают необходимость интеграции сетевого и антропогенного измерений, где социальный выбор выступает внутренним источником неопределённости [7], [9]. Цель статьи — философски обосновать концепцию «система-сфера» как холистическую рамку адаптивной организации техногенных отвалов [1]. Научная новизна — трактовка

отвала как замкнутой сетевой системы с отсутствием жёсткой иерархии и периодическими корректировками в реперных точках [5], [10].

Методы и принципы исследования

Исследование опирается на методологию философии науки и системного анализа: анализ, синтез, абстрагирование, моделирование [8], [11]. Теоретическую базу составили труды по общей теории систем [3], синергетике [14], [6], теории катастроф [12], а также работы по сложным адаптивным системам (Дж. Форрестер [5], М. Бэтти [1], [2]). Концепция «система-сфера» базируется на четырёх принципах: диалектика детерминизма и стохастики, преодоление бинарности, критичность реперных точек, устойчивость через распределённую сеть [1], [7], [9]. Метафора сферы интегрирует эти принципы в единый образ: отсутствие иерархии (нет «верха» и «низа»), эффективность связей (минимум поверхности при максимуме объёма) и сетевое равноправие элементов. Трёхуровневая методологическая рамка (системный, стохастико-динамический, антропогенно-телеологический уровни) операционализирует этот образ, разводя онтологические, эпистемологические и телеологические компоненты анализа [10], [12].

Основные результаты

3.1. Границы классического системного подхода применительно к техногенным отвалам

Классическая версия системного подхода, восходящая к Л. фон Берталанфи, трактует систему как целостность, несводимую к сумме частей, однако на практике в территориальном планировании доминирует редукционистская интерпретация [3]. Техногенный отвал при таком подходе расчленяется на независимые участки: отдельно моделируется геоморфология, отдельно — миграция загрязнителей, отдельно — социально-экономические эффекты [13], [14]. Между тем, как показано в работах И. Пригожина, сложные неравновесные системы демонстрируют чувствительность к малым флуктуациям, что делает линейное прогнозирование принципиально ограниченным [14]. Техногенный отвал в этом смысле ведёт себя не как механическая сумма, а как поле взаимосвязанных процессов, где изменение кислотности грунта на одном склоне запускает цепь гидрологических и биотических изменений по всей территории [12].

С позиций философии науки редукционизм оправдан для линейных замкнутых систем, но теряет адекватность при работе с открытыми саморегулируемыми объектами, где присутствует человеческий фактор [8], [11]. В градостроительном планировании ещё Дж. Форрестер предупреждал о нелинейных эффектах запаздывания, однако его модели были нацелены на город в целом, а не на специфику техногенных ландшафтов [5]. М. Бэтти развил представление о городах как сложных адаптивных системах, но применительно к терриконам и хвостохранилищам эта оптика практически не использовалась [2]. Современные исследования показывают, что игнорирование сетевых связей между подсистемами отвала приводит к неэффективности рекультивационных мероприятий: локальное улучшение может сопровождаться ухудшением в других частях системы [9], [13].

В противовес иерархическим и пирамидальным моделям традиционного планирования концепция «система-сфера» вводит геометрическую и концептуальную метафору сферы. Сфера символизирует отсутствие верха и низа (любая точка может быть центром), минимальную поверхность при максимальном объёме (эффективность связей) и замкнутость сети, в которой все элементы равноправны. Применительно к техногенному отвалу это означает, что управляющие воздействия не спускаются директивно «сверху», а распределяются по сетевой модели, где стейкхолдеры являются равноправными узлами, а обратные связи работают во всех направлениях. Таким образом, классический системный подход нуждается в дополнении, учитывающем нелинейную динамику, сетевую организацию и наличие внутреннего источника неопределённости — социального выбора, что и предлагает концепция «система-сфера» [7].

3.2. Принципы и методологическая рамка концепции «система-сфера»

Концепция «система-сфера» предлагает четыре философско-методологических принципа, каждый из которых преодолевает ограничения редукционизма. Первый принцип — диалектика детерминизма и стохастики — признаёт, что техногенный отвал функционирует под воздействием как объективных предсказуемых процессов (деградация пород, миграция загрязнителей), так и субъективного вероятностного выбора жителей, экологов, инвесторов [8], [11]. В отличие от инженерных моделей, где человеческий фактор трактуется как внешний шум, здесь он становится внутренним параметром системы [10]. Второй принцип — преодоление бинарности — исходит из того, что начальное описание через оппозиции («успех–неудача», «устойчивость–коллапс») обеспечивает структурную устойчивость, однако в точках бифуркации возникает спектр промежуточных состояний [14], [6]. Человеческий выбор, не сводимый к «да» или «нет», переводит систему из жёсткой детерминированности в аналоговый режим, что открывает возможности для нелинейного развития [7].

Третий принцип — критичность реперных точек — утверждает, что эволюция отвала дискретна: периоды квазистабильности сменяются моментами качественных скачков, когда малое воздействие может кардинально изменить траекторию [1], [5]. Пропуск плановой корректировки в такой реперной точке ведёт не к постепенному замедлению, а к необратимому росту энтропии и коллапсу системы, поэтому в концепции предлагается интервал управляющих воздействий 3–5 лет [9], [11]. Четвёртый принцип — устойчивость через распределённую сеть — противопоставляет иерархическим моделям сетевую организацию, где все стейкхолдеры (проектировщики, экологи, местные сообщества, инвесторы) выступают равноправными узлами [1], [7]. Устойчивость достигается не жёстким централизованным контролем, а множественными обратными связями и распределением ответственности, что созвучно идеям холярхии А. Кёстлера [9].

На основе этих принципов выстраивается трёхуровневая методологическая рамка. Системный уровень задаёт онтологический каркас территории как целостной иерархически организованной системы с ограниченной ёмкостью и нелинейной динамикой [3], [5]. Стохастико-динамический уровень вводит эпистемологию неопределённости:

траектория отвала принципиально вероятностна из-за внешних случайных факторов и внутреннего социального выбора [14], [8]. Антропогенно-телеологический уровень утверждает, что система не эволюционирует сама по себе, а целенаправленно конструируется человеком; проект будущего (телос, «карта») предшествует территории и активно формирует поле её возможных состояний [10], [11]. В совокупности эти три уровня позволяют развести детерминированные, стохастические и телеологические компоненты, что даёт возможность проектировать управляющие воздействия в точках бифуркации [7], [13].

3.3. Гипотезы и перспективы адаптивной организации

Из предложенной методологической рамки логически выводятся три проверяемые гипотезы о поведении техногенного отвала как адаптивной системы. Гипотеза 1 (о двойственной природе обновления): система должна одновременно обновляться в ключевых реперных точках (дискретно, с интервалом 3–5 лет) и учитывать вероятностный человеческий выбор, который вносит принципиальную неопределённость [5], [9]. Это отличает предлагаемую концепцию от классических моделей управления, где человеческий фактор редуцируется к внешнему возмущению [10]. Гипотеза 2 (об уязвимости и потенциале бинарности): исходная бинарность («успех–неудача») обеспечивает структурную устойчивость, но внесение третьего элемента — индивидуального выбора — делает систему уязвимой, одновременно открывая потенциал для качественного улучшения через нелинейные эффекты [14], [7]. В отличие от традиционного планирования, стремящегося минимизировать любую неопределённость, здесь неопределённость рассматривается как ресурс развития [8], [11].

Гипотеза 3 (о критичности реперных точек): если система не обновляется в ключевые моменты времени, она достигает коллапса под воздействием собственной накопленной энтропии; пропуск корректировки ведёт не к постепенному замедлению, а к необратимому разрушению структуры [1], [5]. Эта гипотеза опирается на теорию катастроф В.И. Арнольда и результаты моделирования сложных систем, где показано существование «окон возможностей» для эффективного управления [12]. Практическая реализация концепции «система-сфера» возможна через создание цифровых двойников техногенных отвалов, интегрирующих геопространственные, экологические и социальные данные [2], [4]. 4D-моделирование (3D + время) позволяет визуализировать дискретную эволюцию и идентифицировать приближение к реперным точкам, а переход к 5D-моделированию (с добавлением стоимости и ресурсов) открывает перспективы оптимизации рекультивационных мероприятий [7], [10]. Именно через цифровые двойники концепция переходит от теоретической рамки к инструменту адаптивной планировочной организации нарушенных территорий.

Обсуждение

Предложенная концепция «система-сфера» преодолевает разрыв между статичными моделями и динамикой отвалов, что согласуется с современными дискуссиями в философии сложности о роли наблюдателя как внутреннего источника неопределённости [8], [11]. Интеграция социального выбора в структуру системы перекликается с идеями холярхии А. Кёстлера и совместного планирования [9], [1]. Введённый интервал корректировок 3–5 лет является оценочным и требует эмпирической верификации на разных типах отвалов (терриконы, шлакоотвалы, хвостохранилища), поскольку их динамика может различаться [12], [13]. К ограничениям исследования следует отнести отсутствие количественных критериев для идентификации реперных точек и эмпирической проверки выдвинутых гипотез на реальных объектах [7], [10]. Дальнейшие исследования должны быть направлены на операционализацию трёхуровневой рамки, создание цифровых двойников и разработку индикаторов для каждого уровня анализа [2], [9].

Заключение

Разработанная концепция «система-сфера» создаёт философско-методологическую основу для перехода от редуccionистской версии системного подхода к холистической адаптивной организации техногенных отвалов, что соответствует поставленной цели исследования [3], [8]. В отличие от традиционных линейных методов, отвал трактуется как замкнутая сетевая саморегулируемая система с отсутствием жёсткой иерархии и необходимостью периодических корректировок в реперных точках [1], [7]. Сформулированные четыре принципа и трёхуровневая эпистемологическая рамка позволяют развести детерминированные, стохастические и телеологические компоненты планировочной деятельности [14], [11]. Выдвинутые гипотезы открывают возможности для эмпирической верификации на реальных объектах, а технология цифровых двойников предоставляет инструмент для практической реализации концепции [2], [9], [10]. Перспективы дальнейших исследований включают операционализацию методологической рамки, адаптацию к другим типам нарушенных территорий (карьеры, полигоны ТБО) и разработку адаптивных градостроительных регламентов [5], [12], [13].

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.



Список литературы / References

1. Batty M. The new science of cities / M. Batty. — Cambridge: MIT Press, 2013. — 496 p. — URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262019521/the-new-science-of-cities/> (accessed: 18.04.2026). — ISBN 978-0-262-01952-1.
2. Batty M. Digital twins in city planning / M. Batty // Nat Comput Sci. — 2024. — 4(3). — P. 192-199. — DOI: 10.1038/s43588-024-00606-7
3. Bertalanffy L. von. General system theory: foundations, development, applications / L. von Bertalanffy. — New York: George Braziller, 1968. — 289 p. — URL: <https://archive.org/details/generalsystemthe0000bert> (accessed: 18.04.2026).
4. Caldarelli G. The role of complexity for digital twins of cities / G. Caldarelli, E. Arcaute, M. Barthelemy [et al.] // Nature Computational Science. — 2023. — Vol. 3. — P. 374–381. — URL: <https://www.nature.com/articles/s43588-023-00431-4> (accessed: 18.04.2026). — DOI: 10.1038/s43588-023-00431-4
5. Forrester J.W. Urban dynamics / J.W. Forrester. — Cambridge (Mass.): MIT Press, 1969. — 285 p. — URL: <https://archive.org/details/urbandynamics0000forr> (accessed: 18.04.2026).
6. Haken H. Synergetics: introduction and advanced topics / H. Haken. — Berlin: Springer, 2004. — 760 p. — URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-10184-1> (accessed: 18.04.2026).
7. Haken H. Synergetic cities: information, steady state and phase transition: implications to urban scaling, smart cities and planning / H. Haken, J. Portugali. — Cham: Springer, 2021. — 290 p. — DOI: 10.1007/978-3-030-63457-5
8. Климавичус Я.Э. Экологическое загрязнение земель как сложный технический объект системного анализа / Я.Э. Климавичус // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. — 2025. — Т. 27. — №5. — С. 54–67. — DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-5-54-67
9. Koestler A. The ghost in the machine / A. Koestler. — London: Hutchinson, 1967. — 384 p. — URL: <https://archive.org/details/ghostinmachine00koes> (accessed: 18.04.2026).
10. Portugali J. Self-organized integration vs. self-organized disintegration: an unfinished study / J. Portugali // Front. Netw. Physiol. — 2025. — №5. — Art. 1662127. — DOI: 10.3389/fnetp.2025.1662127
11. Сорокин С.Н. Проблемы создания новых ландшафтов и воссоздания биогеоценозов при рекультивации нарушенных земель: организационные пробелы, их последствия и пути решения / С.Н. Сорокин, А.В. Клименок // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. — 2025. — №3. — С. 68–99. — DOI: 10.21685/2307-9150-2025-3-4
12. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. — Москва: Наука, 1990. — 128 с. — URL: <http://www.vixri.ru/d2/Arnold%20V.I.%20TeorijaKatastrof.pdf> (дата обращения: 18.04.2026).
13. Зеньков И.В. Технологии рекультивации земель и формирования архитектуры техногенных ландшафтов для предприятий горнодобывающей промышленности с открытыми горными работами: монография / И.В. Зеньков. — Красноярск: СФУ, 2022. — 800 с. — URL: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/155913> (дата обращения: 18.04.2026).
14. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс; пер. с англ. Ю. А. Данилова; общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. — Москва: Прогресс, 1986. — 432 с. — URL: <https://djvu.online/file/nolso6mudknbf> (дата обращения: 18.04.2026).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Batty M. The new science of cities / M. Batty. — Cambridge: MIT Press, 2013. — 496 p. — URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262019521/the-new-science-of-cities/> (accessed: 18.04.2026). — ISBN 978-0-262-01952-1.
2. Batty M. Digital twins in city planning / M. Batty // Nat Comput Sci. — 2024. — 4(3). — P. 192-199. — DOI: 10.1038/s43588-024-00606-7
3. Bertalanffy L. von. General system theory: foundations, development, applications / L. von Bertalanffy. — New York: George Braziller, 1968. — 289 p. — URL: <https://archive.org/details/generalsystemthe0000bert> (accessed: 18.04.2026).
4. Caldarelli G. The role of complexity for digital twins of cities / G. Caldarelli, E. Arcaute, M. Barthelemy [et al.] // Nature Computational Science. — 2023. — Vol. 3. — P. 374–381. — URL: <https://www.nature.com/articles/s43588-023-00431-4> (accessed: 18.04.2026). — DOI: 10.1038/s43588-023-00431-4
5. Forrester J.W. Urban dynamics / J.W. Forrester. — Cambridge (Mass.): MIT Press, 1969. — 285 p. — URL: <https://archive.org/details/urbandynamics0000forr> (accessed: 18.04.2026).
6. Haken H. Synergetics: introduction and advanced topics / H. Haken. — Berlin: Springer, 2004. — 760 p. — URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-10184-1> (accessed: 18.04.2026).
7. Haken H. Synergetic cities: information, steady state and phase transition: implications to urban scaling, smart cities and planning / H. Haken, J. Portugali. — Cham: Springer, 2021. — 290 p. — DOI: 10.1007/978-3-030-63457-5
8. Klimavicius J.E. Ekologicheskoe zagryaznenie zemel' kak slozhnyj tekhnicheskij ob'ekt sistemnogo analiza [Environmental pollution of land as a complex technical object of systems analysis] / Ya.E. Klimavichus // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. — 2025. — Vol. 27. — № 5. — P. 54–67. — DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-5-54-67 [in Russian]
9. Koestler A. The ghost in the machine / A. Koestler. — London: Hutchinson, 1967. — 384 p. — URL: <https://archive.org/details/ghostinmachine00koes> (accessed: 18.04.2026).
10. Portugali J. Self-organized integration vs. self-organized disintegration: an unfinished study / J. Portugali // Front. Netw. Physiol. — 2025. — №5. — Art. 1662127. — DOI: 10.3389/fnetp.2025.1662127
11. Sorokin S.N. Problemy sozdaniya novykh landshaftov i vossozdaniya biogeocенозов pri rekul'tivacii narushennykh zemel': organizacionnye probely, ih posledstviya i puti resheniya [Issues of creating new landscapes and reconstructing biogeocenoses during the reclamation of disturbed lands: organizational gaps, their consequences, and possible solutions] / S.N. Sorokin, A.V. Klimenok // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki [University



Proceedings. Volga Region. Natural Sciences]. — 2025. — № 3. — P. 68–99. — DOI: 10.21685/2307-9150-2025-3-4 [in Russian]

12. Arnold V.I. Teoriya katastrof [Catastrophe Theory] / V.I. Arnold. — Moscow: Nauka, 1990. — 128 p. — URL: http://www.vixri.ru/d2/Arnold%20V.I.%20_TeoriyaKatastrof.pdf (accessed: 18.04.2026). [in Russian]

13. Zenkov I.V. Tekhnologii rekul'tivatsii zemel' i formirovaniya arhitektury tekhnogennyh landshaftov dlya predpriyatij gornodobyvayushchej promyshlennosti s otkrytymi gornymi rabotami: monografiya pTechnologies of land reclamation and formation of technogenic landscape architecture for open-pit mining enterprises: monograph[/ I.V. Zenkov. — Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2022. — 800 p. — URL: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/155913> (accessed: 18.04.2026). [in Russian]

14. Prigogine I. Poryadok iz haosa: Novyj dialog cheloveka s prirodoj [Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature] / I. Prigogine, I. Stengers; translated by Y. A. Danilov; edited by V. I. Arshinov, Y. L. Klimontovich, Y. V. Sachkov. — Moscow: Progress Publishers, 1986. — 432 p. — URL: <https://djvu.online/file/nolso6mudknbf> (accessed: 18.04.2026). [in Russian]