



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И ДИЗАЙНА



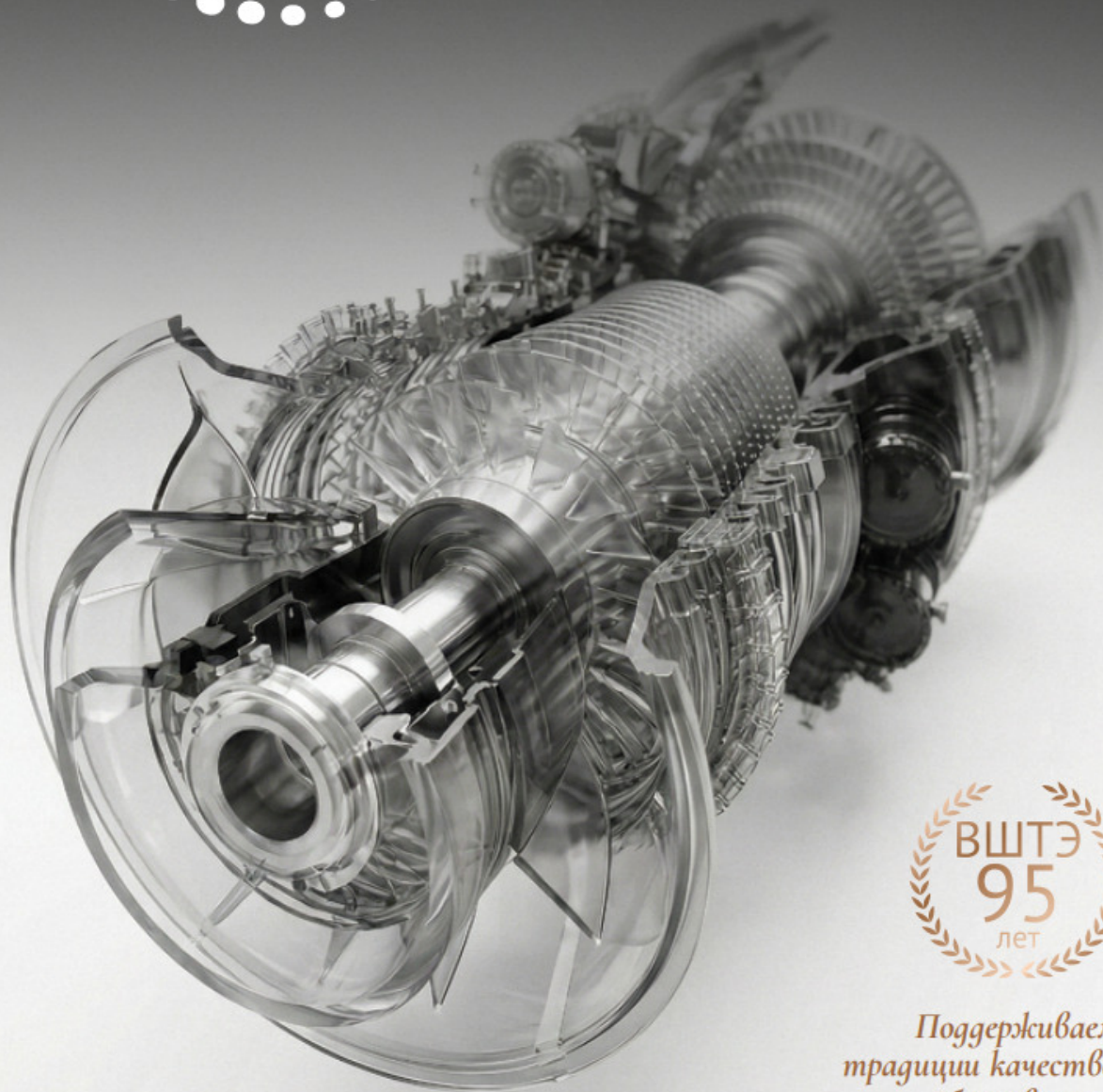
ВЫСШАЯ ШКОЛА
ТЕХНОЛОГИИ
И ЭНЕРГЕТИКИ
(ВШТЭ)

ISSN 3033-7852

ТЕХНОЛОГИЯ и ЭНЕРГЕТИКА

№01 (01) 2026

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



Поддерживаем
традиции качественного
образования

19 Разработка экспертной системы
для оптимизации режима сушки пиломатериалов
с целью минимизации брака в среде CLIPS

81 Автоматизация дозирования
и смешивания флокулянта

102 Расчет тепловых потерь через
скользящие опоры трубопроводов
тепловых сетей

Оригинальное теоретическое исследование
УДК 504.062.2
DOI 10.46418/3033-7852_2026_1_1_48-57

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА ТЕРРИТОРИИ

Екатерина Даниловна Тарасова, Яна Матвеева, Алла Борисовна Дягилева

Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия

© Тарасова Е. Д., Матвеева Я., Дягилева А. Б., 2026

Автор-корреспондент: Е. Д. Тарасова, e-mail: tarasova_ekaterina_10@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлена сравнительная интегральная оценка устойчивости ландшафтов Республики Хакасия (Россия) и Костанайской области (Республика Казахстан). Рассматриваются два близких объекта хозяйственной деятельности по истории формирования природно-технических систем в аналогичных климатических условиях, в том числе в период советского этапа развития. Эти территории характеризуются наличием промышленных горно-обрабатывающих предприятий, обширных пастбищ и плодородных земель в сочетании с суровым континентальным климатом, что сделало их благоприятной средой для развития постиндустриального общества. Для оценки и сравнения класса устойчивости территорий был произведен расчет интегрального показателя устойчивости ландшафта (ИПУЛ). 9 критериев расчета: радиационный баланс, радиационный индекс сухости, ветровой режим, интенсивность геоматических процессов, устойчивость составных частей ландшафта, контрастность урочищ в ландшафте, защищенность грунтовых вод и индекс биологической эффективности климата. Для оценки каждого показателя территориям присваивался класс устойчивости и соответствующий ему балл. Основные результаты сведены в таблицы. Графическое изображение соответствующих расчетных величин устойчивости рассмотренных ландшафтов приведено в виде круговой диаграммы по нормированным значениям критериев. Установлено, что для Республики Хакасии характерна устойчивость выше средней — 0,619 по критериям интегрального показателя устойчивости ландшафта, для Костанайской области Казахстана этот показатель находится в пределах средней устойчивости — 0,532. Более устойчивый ландшафт имеет дополнительное преимущество для реализации технологических проектов в процессе развития территории в рамках допустимых экологических нагрузок, которые необходимо учитывать при обосновании инвестиционных проектов в условиях развития современной техносферы.

Ключевые слова: технологический суверенитет, антропогенная нагрузка, устойчивость ландшафта, интегральные показатели качества, индекс биологической эффективности климата, радиационный индекс сухости, класс устойчивости

Для цитирования: Тарасова Е. Д., Матвеева Я., Дягилева А. Б. Интегральная оценка устойчивости ландшафта для определения технологического суверенитета территории. // Технология и энергетика. 2026. № 1 (1). С. 48–57. DOI: 10.46418/3033-7852_2026_1_1_48-57

INTEGRATED ASSESSMENT OF LANDSCAPE RESILIENCE FOR DETERMINING THE TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY OF A TERRITORY

Ekaterina Danilovna Tarasova, Yana Matveeva, Alla Borisovna Dyagileva

Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: E. D. Tarasova, e-mail: tarasova_ekaterina_10@mail.ru



ABSTRACT

This study provides a comparative integrated evaluation of landscape stability in the Republic of Khakassia (Russia) and Kostanay Region (Kazakhstan). The article examines two closely related facilities used for economic activities are considered in terms of the history of the formation of natural-technical systems in similar climatic conditions, including during the Soviet stage of development. These regions are characterized by the presence of industrial mining and processing enterprises, extensive pastures, and fertile lands combined with a harsh continental climate, which has created a favorable environment for the development of post-industrial society. To assess and compare the resilience classes of the territories, the Integrated Landscape Resilience Indicator (ILRI) was calculated. Nine calculation criteria were used: radiation balance, radiation index of dryness, wind regime, intensity of geomantic processes, stability of landscape components, contrast of localities within the landscape, groundwater protection, and the climate biological efficiency index. For the assessment of each indicator, territories were assigned a resilience class and a corresponding score. The main results are summarized in tables. The calculated resilience metrics for the analyzed landscapes are visualized in a pie chart using normalized values of the criteria. The study established that the Republic of Khakassia exhibits above-average stability (0.619) based on the integrated landscape stability indicator, whereas this indicator for Kazakhstan's Kostanay Region indicates average stability (0.532). Landscapes with greater stability offer a distinct advantage for deploying technological projects, as their development can proceed within acceptable ecological constraints. This factor is critical for the feasibility assessment of investments in the evolving modern technosphere.

Keywords: technological sovereignty, anthropogenic load, landscape stability, integrated quality indicators, climate biological efficiency index, radiation index of dryness, stability class

For citation: Tarasova E. D., Matveeva Ya., Dyagileva A. B. (2026) Integral assessment of landscape stability for determining the technological sovereignty of a territory, *Technology and Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 48–57. DOI: 10.46418/3033-7852_2026_1_1_48-57

ВВЕДЕНИЕ

Экологические ограничения, сложившиеся на территории Российской Федерации в связи с экстенсивной эксплуатацией природных ресурсов, наблюдаются в разных районах. Это заставляет рассматривать новые механизмы для определения потенциала технологического развития их территорий. Под экологическими ограничениями понимают как естественные ограничения по ряду природных факторов, так и приобретенные ограничения, сложившиеся в период исторического развития конкретных территорий. Качество окружающей среды принято оценивать по ряду химических и физических показателей, которые отражены в санитарных правилах и нормах (СанПин 1.2.3685–21). В системе производственного экологического контроля наиболее часто используются интегральные показатели.

Для водных систем используют такие, как химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК), взвешенные вещества, водородный показатель (рН) водных систем и другие. При оценке качества воздуха определяют концентрацию пыли, а также индивидуальные и суммарные концентрации различных газов [1]. Все эти показатели отражают состояние качества окружающей среды по типу воздействия на человека и совокупность живых организмов в целом. Кроме того, к интегральным показателям качества окружающей среды относится и интегральный показатель устойчивости ландшафта (ИПУЛ), который целесообразно выполнять и контролировать для всех хозяйствующих субъектов, расположенных на определенных территориях, особенно при разработке перспективных планов их развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Республика Хакасия (РХ) является субъектом Российской Федерации, а Костанайская область (КО) входит в состав Республики Казахстан. Они в полной мере могут быть рассмотрены с позиции особенностей формирования качества окружающей среды, и к ним может быть применен метод оценки интегральной устойчивости ландшафта.

Данные территории выбраны неслучайно: они имеют историческую общность развития, в том числе в составе СССР, и специфический технологический

уклад. Основным условием их рассмотрения в контексте оценки интегральной устойчивости является принадлежность к одной климатической зоне. Оба региона осваивались и развивались в центре Евразийского материка. Эта территория на протяжении тысячелетий служила связующим звеном между Востоком и Западом. Несмотря на то, что сегодня эти регионы принадлежат разным государствам, их природные и исторические судьбы во многом схожи. Следует отметить, что авторы статьи имеют прямое отношение к этим территориям, с которыми у них были связаны длительные промежутки проживания с естественной оценкой качества



окружающей среды в течении более 10 лет. Поэтому они и выбрали в качестве объектов исследования сбора информации для оценки устойчивости к антропогенным нагрузкам эти регионы для последующей рекомендации по их возможному технологическому развитию на современном этапе.

Оба рассматриваемых региона находятся в пределах степной и лесостепной зоны, где издавна складывались особые формы природопользования и хозяйственно-бытовой деятельности [2]. Для них характерно наличие обширных пастбищ и плодородных земель в сочетании с суровым континентальным климатом. Именно эти условия сделали степные просторы благоприятной средой для развития кочевого скотоводства, которое сегодня при реализации собственности на землю практически невозможно.

Симбиоз развития сельскохозяйственного производства, горнодобывающей, металлургической промышленности сегодня определяет антропогенную нагрузку и накопленный экологический ущерб данным территориям. Особый интерес вызывают природные ресурсы, которые позволили развивать на ранних этапах металлургические центры и формировать техносферу вокруг них. Поэтому вопрос рационального использования невозпроизводимых природных ресурсов для этих территорий становится особенно актуальным.

Устойчивое состояние и развитие экономической системы страны опирается на технологический суверенитет отдельных регионов как составных частей технологического суверенитета Российской Федерации и невозможен без технологического суверенитета стран СНГ и БРИКС. В контексте существующих общественно-политических угроз для большинства этих регионов должна быть использована возможность беспрепятственного внедрения необходимых современных технологий [3] в критически важных сферах жизнеобеспечения. Особое место в их перечне занимают ресурсосберегающие и энергоэффективные технологические процессы с максимальным использованием собственных и вторичных ресурсов на конкретных территориях с организацией циклических процессов.

В оценке современной инфраструктурной стратегии развития территории обязательным условием является определение особенностей ее ландшафта [4, 5], где могут быть размещены промышленные объекты. С одной стороны, интегральная оценка устойчивости ландшафта отражает уже состоявшееся изменение под воздействием антропогенных факторов с констатацией факта этого изменения, с другой стороны, она позволяет оценить возможные перспективы дальнейшего технологического развития, а также является показателем

потенциальной суверенности через устойчивость развития. Технологический суверенитет — это способность страны разрабатывать и применять критически важные технологии, чтобы оставаться независимой и конкурентоспособной [6]. В современных условиях достижение технологического суверенитета Российской Федерации невозможно без понимания принципов устойчивого развития территории как для страны в целом, так и каждого региона в частности. Для достижения технологического суверенитета необходимо создать систему функционирования территории, на которой не будет превышена способность самовосстановления и саморегулирования природно-технических систем. Вопросы технологического суверенитета обсуждаются достаточно давно, однако источникам сырьевых потоков, являющихся определяющими инструментами в оценке динамики потенциального развития регионов, уделяется недостаточное внимание. Оценка устойчивости природных систем и воспроизводимости природных и вторичных ресурсов позволяет сделать выводы о том, как дальнейшее антропогенное воздействие при освоении этих ресурсов повлияет на продуктивность этой системы на новом этапе развития.

В связи с этим была сформулирована цель работы, которая заключалась в сравнении территорий методом интегральной оценки ландшафта двух исторически сложившихся регионов с использованием достоверных общедоступных данных и определении потенциальной нагрузки на ландшафт в условиях перспективного развития промышленности по ряду экологических показателей.

В качестве объектов исследования были выбраны две территории со схожими климатическими и технологическими условиями развития; обе в современной системе техногенеза находятся на стадии постиндустриального развития [7]. Основные климатические характеристики выбранных для анализа регионов представлены в таблице 1.

Следует отметить, что не все численные значения показателей, требуемые для расчета, представлены на сайтах официальных источников. Поэтому часть значений были приняты с учетом климатических особенностей и теоретических представлений по аналогичным объектам. Следует ожидать, что принятые так называемые условные величины выбирались с учетом общей картины развития устойчивости подобных систем. Проблема неполной информации по состоянию экологического мониторинга территории, к сожалению, имеет межрегиональный характер и требует повышенного контроля со стороны органов власти к информационной достоверности качества окружающей среды. Доступность экологической информации регламентирована для объектов



Таблица 1. Климатические характеристики Республики Хакасия (РХ) и Костанайской области (КО)**Table 1.** Climatic characteristics of the Republic of Khakassia (RK) and Kostanay Region (KR)

Показатель	РХ	КО
Климат	Резко континентальный [8]	Континентальный [9]
Средняя температура	Июля: +17,9 °С, Января: – 18,9 °С [8]	Июля: +19 °С, Января: – 15–17 °С [9]
Количество осадков в год	300–700 мм [10]	330–220 мм [9]
Количество ясных дней в году	311 дней [10]	130–155 дней [11]
Направление ветра	Юго-западные и западные [10]	Юго-западные [9]
Средняя скорость ветра в течении года	2–3 м/с [10]	3,2–5,7 м/с [9]
Влияние гор и равнин на осадки	Горы занимают 80% территории. Зима в котловинах сухая, в горах снега выпадает больше. Летом средняя температура в горах ниже, чем в котловинах на 6–7 °С. В горах среднегодовое количество осадков значительно больше (на 350–450 мм в год) [12]	Большая часть лесов находится на севере области. В северной части – слабовлажная, умеренно теплая агроклиматическая зона. В южной части – засушливая, теплая. Среднегодовое количество осадков к югу уменьшается (примерно на 100 мм), температура увеличивается (примерно на 3 °С) [13]
Растительность	Лиственнично-березовые, березово-сосновые леса, в среднгорьях – кедрово-пихтовая тайга. Всего порядка 1526 видов растений [12]	Березово-осиновые, сосновые, березовые леса. Всего более 1223 видов растений [13, 14]
Рельеф	Степи, горы, тайга [8]	Лесостепи, степи [13]
Количество озер, рек, речушек	500 [8]	310 [13]
Площадь лесного фонда	59,3% от общей площади [8]	1,1% от общей площади [13]
Особо охраняемые природные территории	15,1% от общей площади [8]	1,8% от общей площади [13]

хозяйственной деятельности любого субъектов РФ, ее отсутствие может свидетельствовать о низком уровне организации экологического менеджмента по иерархии функционирования природно-территориальных комплексов для выбранных объектов исследования.

Динамика экологического реформирования стран СНГ и БРИКС подчеркивает важность разработки и внедрения комплексных подходов оценки, что отражено в экологической резолюции «Форума по охране окружающей среды и экологическому развитию Российской Федерации» [15]. Работа, которая проведена и представлена в данной статье, является апробацией предлагаемых подходов и методологии для проведения комплексной оценки территорий в целях предварительной оценки устойчивости ландшафтов к техногенной нагрузке.

Известно, что режим ветров и пространственное распределение аэродинамических нагрузок оказывают существенное влияние на устойчивость экосистем обеих территорий. Для Костанайской области (КО), расположенной в пределах Северо-Казахстанской равнины, характерны открытые степные пространства с незначительным количеством естественных барьеров, что способствует частому возникновению ветров умеренной

и высокой скорости и, как следствие, дефляционным процессам в почвенном покрове. Продолжительные штильные периоды наблюдаются здесь редко, что снижает способность экосистем к саморегуляции в засушливые периоды [14]. В противоположность этому, Республика Хакасия (РХ) отличается сложным горно-долинным рельефом, который формирует локальные ветровые режимы: в долинах и межгорных котловинах наблюдаются периоды относительного безветрия, тогда как на открытых предгорьях и хребтах часто фиксируются ветры повышенной силы. Такое пространственное чередование усиливает контрастность природных процессов и создаёт неоднородность воздействия ветров на ландшафтные компоненты [17].

Интенсивность геоморфологических процессов также существенно различается в этих регионах. КО характеризуется слабо расчленённым равнинным рельефом и незначительной активностью эрозионных форм. Отсутствие крутых склонов и активных тектонических движений обеспечивает устойчивость рельефа и слабое развитие овражно-балочной сети. Эрозионные и дефляционные процессы проявляются в основном локально — на участках с распаханными почвами и при ветровых нагрузках в засушливые годы. Таким образом, интенсивность геоморфологических процессов здесь



незначительна, что способствует относительной стабильности ландшафтной структуры [16].

С точки зрения геоматических процессов территория КО также отличается относительной устойчивостью. Материалы космического зондирования и геодезического наблюдения фиксируют слабую динамику земной поверхности. Основные изменения выявляются на сельскохозяйственных землях — сезонные колебания влажности почв, проявления дефляции и изменение показателей растительного покрова. Анализ данных радарной интерферометрии показывает отсутствие значимых вертикальных смещений, за исключением отдельных техногенных участков, связанных с добычей полезных ископаемых и эксплуатацией транспортных объектов [17, 18].

Для РХ ситуация иная: горные и предгорные участки подвержены активным процессам эрозии, делювия и склонового смыва, особенно в районах с развитым сельскохозяйственным использованием склонов. В котловинных частях отмечается проявление дефляции и локальных просадок, связанных с многолетней техногенной трансформацией земель. Разнообразие морфологических форм делает территорию геодинамически более активной [19].

Геоматические исследования в Хакасии подтверждают повышенную подвижность элементов рельефа. Космические наблюдения выявляют зоны сезонных и долговременных смещений склонов, развитие оползневых и осыпных процессов, а также деформации поверхности, возникающие в районах подработанных территорий. В предгорных областях наблюдается ускорение процессов смыва и разжижения грунтов после интенсивных осадков. В котловинных ландшафтах фиксируются очаги дефляции, признаки опустынивания и снижение биопродуктивности растительности, что подтверждается динамикой спектральных показателей. Применение геоинформационных методов позволяет выделять опасные зоны и отслеживать изменения рельефа во времени [20, 21].

Устойчивость составных частей ландшафта определяется сочетанием свойств почв, растительности и гидрологического режима. В КО преобладают чернозёмные и каштановые почвы с развитым травяным покровом, что формирует устойчивые степные экосистемы. Однако значительная доля распаханых земель и воздействие сельского хозяйства снижают естественный потенциал восстановления растительного покрова, особенно при усилении засушливости климата. Тем не менее за счёт высокого биопродуктивного потенциала и способности к саморегуляции эти комплексы сохраняют стабильность в условиях умеренных нагрузок и чувствительны

к изменению температуры [22]. В РХ устойчивость компонентов ландшафта варьируется значительно: горнолесные участки и долинные экосистемы обладают высоким потенциалом самовосстановления, тогда как степные и полупустынные территории котловин демонстрируют признаки деградации почвенного покрова: уплотнение и засоление в результате выпаса и ирригации [23].

Контрастность урочищ и ландшафтов выражена по-разному в сравниваемых регионах. Для КО характерна слабая мозаичность природных комплексов: рельеф плавно волнистый, преобладают однородные степные урочища, границы между природными элементами размыты. Это дает равномерное распределение тепловой и влагообеспеченности и повышает устойчивость территорий к антропогенному воздействию [24].

Таким образом, выбранные объекты исследования имеют общие и характерные черты ландшафтов, поэтому в данной работе была применена методика интегральной устойчивости ландшафта. Исходные данные и основные показатели приняты по аналогии с соответствующими климатическим зонам.

Расчетный показатель ИПУЛ характеризует территорию на основе ряда признаков и соответствующей им оценочной шкалы. Всего существует 9 признаков, принятых для оценки устойчивости ландшафта: радиационный баланс, радиационный индекс сухости, ветровой режим (а — количество дней со штилями в году, б — количество дней с сильными ветрами), интенсивность геоматических процессов, устойчивость составных частей ландшафта, контрастность урочищ в ландшафте, защищенность грунтовых вод и индекс биологической эффективности климата [25, 26].

После оценки каждого показателя ландшафтам присваиваются классы устойчивости и соответствующие им баллы. При наличии всех оцененных показателей производится расчет устойчивости ландшафта:

$$\text{ИПУЛ} = \sum (q_i \cdot dr_i),$$

где q_i — нормированное значение i -го критерия (в диапазоне 0–1);

dr_i — весовой коэффициент критерия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа свойств ландшафтов РХ и КО проведем расчет радиационного индекса сухости (К) и индекса биологической эффективности климата (индекс ТК). Данные для расчета и сам расчет индекса ТК представлены в таблицах 2 и 3.



Таблица 2. Исходные данные для расчета индекса ТК [24, 25, 26]

Table 2. Initial data for calculating the Climate Biological Efficiency Index (TK index) [24, 25, 26]

Мес. Тер.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
РХ	Среднемесячные значения температур по месяцам 2024 г. (°C)											
	-19,1	-17,2	-1,4	5,8	13,3	19,2	22,3	19,2	8,9	3,3	-5,0	-13,9
	Среднемесячные осадки 2024 г. (мм)											
КО	3	2	5	9	42	69	107	72	50	13	4	8
	Среднемесячные значения температур по месяцам 2024 г. (°C)											
	-16	-15,5	-7	9,5	10	21	20	17	12	4	-4,5	-8,5
	Среднемесячные осадки 2024 г. (мм)											
	12,7	11,1	17,4	19,6	26,4	25,9	25,2	15,4	11,4	21,3	17,4	17,8

Таблица 3. Расчет индекса ТК

Table 3. Calculation of the TK index

Показатель	Территория	Республика Хакасия	Костанайская область
Суммарная активная температура, (°C)		2255,6	2132
Годовая сумма осадков, (мм/год)		384	221,6
Годовая испаряемость, (мм/год)		600	750
Индекс ТК		14,44	6,4
Класс устойчивости		IV	II

Таблица 4. Расчет радиационного индекса сухости

Table 4. Calculation of the radiation index of dryness

Показатель	Территория	Республика Хакасия	Костанайская область
Радиационный баланс, (ккал/см ² -год)		35,5	30
Годовая сумма осадков, (мм)		384	221,6
Скрытая теплота парообразования воды, (ккал/кг)		585	
Радиационный индекс сухости		1,5	2,3
Класс устойчивости		IV	III

Расчёт индекса ТК:

$$TK = \frac{T}{100} \cdot Ky,$$

где T — суммарная активная температура за период с среднесуточными температурами $> 10^{\circ}\text{C}$;

$$Ky = r/Er,$$

где r — годовая сумма осадков;

Er — годовая испаряемость.

При таких значениях индекса ТК интегральной показатель Республики Хакасия попадает в промежуток, характерный для территорий с устойчивостью выше средней (IV), в то время как для Костанайской области характерна устойчивость ниже средней (II).

Проведем расчет радиационного индекса сухости (K) для данных территорий (исходные данные для расчета представлены в таблице 4):

$$K = \frac{R}{L \cdot r},$$

где R — радиационный баланс, ккал/м²-год;

r — годовая сумма осадков, мм;

L — скрытая теплота парообразования воды, ккал/кг [30].

В соответствии с классификацией, Республика Хакасия относится к территории с устойчивостью выше средней (IV), Костанайская область — средней (III). При определении остальных признаков ИПУЛ используется процедура сопоставления значений



Таблица 5. Расчет интегрального показателя устойчивости ландшафта Республики Хакасия и Костанайской области
Table 5. Calculation of the integrated landscape resilience indicator for the Khakassia Republic and Kostanay Region

№	Признак	Значение признака		Нормированное значение критерия		Класс устойчивости*	
		РХ	КО	РХ	КО	РХ	КО
1	Радиационный баланс	35,5	30	0,47	0,41	IV	III
2	Радиационный индекс сухости	1,5	2,3	0,78	0,61	IV	III
3	Ветровой режим: а) количество дней со штилями в году	4	4	0,80	0,80	IV	IV
4	Ветровой режим: б) количество дней с сильными ветрами	2	3	0,60	0,40	IV	IV
5	Интенсивность геоматических процессов	10	17	0,50	0,85	III	IV
6	Устойчивость составных частей ландшафта	4	4	0,70	0,70	IV	IV
7	Контрастность урочищ в ландшафте	3	4	0,50	0,70	III	IV
8	Защищенность грунтовых вод	3	4	0,50	0,70	III	IV
9	Индекс биологической эффективности климата	14,4	6,4	0,72	0,32	IV	II
Интегральный показатель устойчивости ландшафта (ИПУЛ)				0,619	0,532	IV	III

*II – устойчивость ниже средней; III – средняя устойчивость; IV – устойчивость выше средней



Рисунок 1. Сравнение нормированных значений критериев устойчивости РХ и КО

Figure 1. Comparison of normalized sustainability criteria values in RK and KR

показателей с их пороговыми и промежуточными уровнями, соответствующими конкретным классам устойчивости территории. На основе этих значений была сформирована таблица 5, где рассмотрены отдельные показатели, входящие в расчетную величину ИПУЛ для двух регионов. Весовой коэффициент критериев (dr_i) и их вклад в общее значение устойчивости территории для всех рассмотренных параметров составляет $1/9$.

Значение ИПУЛ, находящееся в интервале $0-0,198$, соответствует минимальной устойчивости ландшафта (I); $0,198-0,392$ — устойчивость ниже средней (II); $0,392-0,588$ — средняя устойчивость (III); $0,588-0,793$ — устойчивость выше средней (IV); значения $0,793-1,00$ соответствуют максимальной устойчивости (V) [26].

Для наглядности соответствующих расчетных величин устойчивости рассмотренных ландшафтов построена

круговая диаграмма (см. рисунок 1) по нормированным значениям критериев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показано в таблице 5, Республика Хакасия характеризуется более стабильным состоянием природных систем: суммарный интегральный показатель устойчивости составляет 0,619, что соответствует уровню выше среднего. Костанайская область Казахстана демонстрирует несколько более низкие значения: ее ИПУЛ равен 0,532, что указывает на среднюю степень устойчивости. Сравнение нормированных значений критериев устойчивости ландшафта, рассчитанных нами для РХ и КО, представлены на рисунке 1.

Графическое отображение нормированных показателей позволяет нагляднее оценить их соотношение для обеих территорий. Видно, что, несмотря на более высокие значения по отдельным критериям в КО, РХ в целом отличается большей сбалансированностью и равномерностью их распределения, что подтверждает большую устойчивость состояния этой природно-антропогенной зоны. Наиболее уязвимы контрастность урочищ в ландшафте и защищённость грунтовых вод, которые являются важным источником водообеспечения и качества жизни для населения, проживающего на территории этой климатической зоны. Особую настороженность вызывает радиационный баланс, он должен быть учтен в энергообеспеченности данной территории. В связи с этим необходимо учитывать пространственную организацию инфраструктурных объектов нового поколения на стадии разработки инвестиционных проектов, которые отражают общую тенденцию развития суверенных государств в особых климатических зонах.

Список литературы

1. СанПин 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: https://mrgu31.fmba.gov.ru/upload/iblock/e45/evif3igb1niegp1g2oaqxajltqqlk1wm/Post-12_-3685.pdf (дата обращения: 09.10.2025).
2. Национальный атлас России. National atlas. URL: <https://nationalatlas.ru/> (дата обращения: 10.10.2025).
3. Афанасьев А. А. Технологический суверенитет: основные направления политики по его достижению в России // А. А. Афанасьев. Технологический суверенитет: к вопросу о сущности // Креативная экономика. — 2022. — № 10. — DOI: 10.18334/ce.16.10.116406.
4. Гусев А. П. Оценка состояния и динамики геологической среды техногенно нагруженных территорий (на примере Гомельской области) // Российский журнал прикладной экологии. 2025. № 3. С. 4–10. DOI: 10.24852/2411-7374.2025.3.04.10.
5. Гусев А. П. Газогеохимические индикаторы геодинамически активных зон // Литасфера. 2025. № 1 (62). С. 147–156.
6. Технологический суверенитет: платформа суверенного технологического развития. URL: <https://ts.nti2035.ru> (дата обращения: 13.10.2025).
7. Дягилева А. Б., Смирнова А. И., Ленивец П. И. Лесопромышленный комплекс и процесс техногенеза // Известия вузов. Лесной журнал. 2025. № 1. С. 177–196.
8. География: официальный портал исполнительных органов Республики Хакасия. URL: <https://r-19.ru/about-khakasia/geography> (дата обращения: 09.10.2025).
9. Kazhydromet. Костанайская область. URL: <https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/72/file/5ec145504ea54-oblast.pdf> (дата обращения: 11.10.2025).
10. Климат республики Хакасия // Travel Association. URL: https://trasa.ru/region/hakasiya_clim.html (дата обращения: 15.10.2025).
11. Казгидромет: ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана / Научно-исследовательский центр Казгидромет; Республиканское государственное предприятие «Казгидромет». 2023. URL: https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/1891/file/675274ea2635aezhegodnyy-byulleten-ik-za-2023_rus_ot_27-11-24.pdf (дата обращения: 10.10.2025).
12. Самойлова Г. С., Горячко М. Д., Кызласов И. Л. Хакасия // Большая российская энциклопедия. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5454659> (дата обращения: 17.10.2025).
13. Агроклиматические ресурсы Костанайской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С. С. Байшолонова. Астана, 2018. 139 с. ISBN 978–601–7150–86–0.
14. Пережогин Ю. В. Таксономический анализ флоры Костанайской области (Северный Казахстан) // Вестник ОГУ. 2008. № 5 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/taksonomicheskij-analiz-flory-kostanayskoy-oblasti-severnuy-kazakhstan> (дата обращения: 24.10.2025).
15. Ежегодная общественная резолюция по охране окружающей среды и экологическому развитию Российской Федерации. Москва, 2025. URL: <https://forumeco.ru/conf2025/resolution/resolution-2025> (дата обращения: 21.10.2025).
16. Единая платформа интернет-ресурсов государственных органов. URL: <https://www.gov.kz> (дата обращения: 21.10.2025).
17. Tazhiyeva A., Henebry G. M., Tyurin A. Spatio-temporal analysis of the soil threats in the Kostanay Region, northern Kazakhstan using remote sensing techniques // Soil Science Annual, 2022, Vol. 73 (1), pp. 1–12. DOI: 10.37501/soilsa/208822.
18. Abylkasymova A. O., Selezneva A. I., Zholdasov B. T. Assessment of soil pollution and erosion processes in the Republic of Kazakhstan according to literary data // Почвоведение. 2023. № 6. С. 743–759. DOI: 10.24852/0032-180X-2023-6-743-759.



19. Главное управление МЧС России по Республике Хакасия. URL: <https://19.mchs.gov.ru> (дата обращения: 20.10.2025).
20. Лысанова Г. И., Семенов Ю. М., Сороковой А. А. Ландшафтное картографирование Республики Хакасия // Геодезия и картография. — 2016. — № 12. — С. 16–23. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-918-12-16-23.
21. Белошейкина А. В., Таловская А. В., Языков Е. Г. Эколого-геохимическая оценка состояния почвенного покрова территории Сорского ГОКа (Республика Хакасия). URL: <https://earchive.tpu.ru/jspui/handle/11683/57876> (дата обращения: 02.12.2025).
22. Lee E. H., Beedlow P. A., Waschmann R. S., Tingey D. T., Wickham C., Cline S., Bollman M., Carlile C. Douglas-fir displays a range of growth responses to temperature, water, and Swiss needle cast in western Oregon, USA // Agriculture and forest meteorology. 2016. Vol. 221. Pp. 176–188.
23. Федеральное агентство водных ресурсов — официальный сайт. URL: voda.gov.ru (дата обращения: 22.10.2025).
24. Информация о субъектах РФ. Федеральное агентство водных ресурсов. URL: <https://voda.gov.ru/maps/respublika-khakasiya/> (дата обращения: 23.10.2025).
25. Шаркова В. А., Димова Е. В., Бильдина А. Ф. Характеристика спектра приобретенной (вторичной) лекарственной устойчивости штаммов *m. tuberculosis* у детей и подростков приморского края // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 3. С. 127–127.
26. Дмитриев В. В., Огурцов А. Н. Устойчивость сложных систем в природе и обществе: методология, оценка, результаты. Санкт-Петербургский государственный университет // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2017. № 48. С. 72–84.
27. Изменение климата Хакасия. Meteoblue: официальный сайт. URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Хакасия_Россия_1503834/ (дата обращения: 25.10.2025).
28. Погода в Абакане по месяцам в 2024 году. // World weather: официальный сайт. URL: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/abakan/2024> (дата обращения: 21.10.2025).
29. Архив погоды в Костанае. // Gismeteo, официальный сайт. URL: <https://www.gismeteo.ru/weather-kostanay-4628/archive> (дата обращения: 25.10.2025).
30. Экологическое управление территориально-производственными комплексами: учеб. пособие. Часть 1 / А. Б. Дягилева. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2024. 136 с. ISBN 978-5-91646-398-9.
3. Afanasyev A. A. Technological Sovereignty: Main Directions of Policy for Its Achievement in Russia, 2022; Afanasyev A. A. Technological Sovereignty: On the Issue of Its Essence // Creative Economy. 2022; (10). DOI: 10.18334/ce.16.10.116406.
4. Gusev A. P. (2025). Assessment of the state and dynamics of the geological environment of technogenically loaded territories (using the example of The Gomel Region). Russian Journal of Applied Ecology. 2025; (3):4–10. DOI: 10.24852/2411-7374.2025.3.04.10.
5. Gusev A. P. Gas-geochemical indicators of geodynamically active zones. The lithosphere. 2025; (1 (62)): 147–156. URL: <https://litasfera.geologiya.by/jour/article/view/80> (accessed: 10.11.2025).
6. Platform for Sovereign Technological Development. Technological Sovereignty. URL: <https://ts.nti2035.ru> (accessed: 13.10.2025).
7. Dyagileva A. B., Smirnova A. I., Lenivtsev P. I. Forest Industry Complex and the Process of Technogenesis // Forestry Journal. 2025; (1):177–196.
8. Geography. Official Portal of Executive Authorities of the Republic of Khakassia. URL: <https://r-19.ru/about-khakassia/geography> (accessed: 09.10.2025).
9. Kazhydromet. Kostanay Region. URL: <https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/72/file/5ec145504ea54-oblast.pdf> (accessed: 11.10.2025).
10. Climate of the Republic of Khakassia. TravelAssociation. URL: https://trasa.ru/region/hakasiya_clim.html (accessed: 15.10.2025).
11. Kazhydromet. Annual Bulletin on the Monitoring of the State and Changes of the Climate of Kazakhstan: 2023 / Research Center of Kazhydromet, Republican State Enterprise “Kazhydromet”. — URL: https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/1891/file/675274ea2635aetzhegodnyy-byulleten-ik-za-2023_rus_ot_27-11-24.pdf (accessed: 10.10.2025).
12. Samoylova G. S., Goryachko M. D., Kyzlasov I. L. Khakassia // Great Russian Encyclopedia. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5454659> (accessed: 17.10.2025).
13. Agroclimatic Resources of the Kostanay Region: Scientific and Applied Reference Book / Ed. by Baisholanov S. S. — Astana. — 139 p. ISBN 978–601–7150-86-0. URL: <https://ingeo.kz/wp-content/uploads/2017/11/Агроклиматические-ресурсы-Костанайской-области2.pdf> (accessed: 18.10.2025).
14. Perezhogin Yu. V. Taxonomic Analysis of the Flora of the Kostanay Region (Northern Kazakhstan) // Orenburg State University Bulletin. 2008; (5 (86)). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/taksonomicheskiy-analiz-flory-kostanayskoy-oblasti-severnoy-kazahstan> (accessed: 24.10.2025).
15. Annual Public Resolution on Environmental Protection and Ecological Development of the Russian Federation. Moscow, 2025. URL: <https://forumeco.ru/conf2025/resolution/resolution-2025> (accessed: 21.10.2025).
16. Unified Platform of Internet Resources of Government Bodies. URL: <https://www.gov.kz> (accessed: 21.10.2025).

References

1. Hygienic Standard 1.2.3685–21. Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and/or Harmlessness to Humans of Environmental Factors. URL: https://mru31.fmba.gov.ru/upload/iblock/e45/evif3igb1niegp1g2oaqxjltqqklwm/Post-12-_-3685.pdf (accessed: 09.10.2025).
2. National Atlas of Russia. Nationalatlas. URL: <https://nationalatlas.ru> (accessed: 10.10.2025).



17. Tazhiyeva A., Henebry G. M., Tyurin A. *Spatio-temporal analysis of the soil threats in the Kostanay Region, northern Kazakhstan using remote sensing techniques*. Soil Science Annual, 2022, Vol. 73 (1), pp. 1–12. DOI: 10.37501/soilsa/208822.
18. Abylkasymova A. O., Selezneva A. I., Zholdasov B. T. Assessment of Soil Contamination and Erosion Processes in the Republic of Kazakhstan Based on Literature Data. Soil Science, 2023, No. 6, pp. 743–759. DOI: 10.24852/0032-180X-2023-6-743-759.
19. Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Republic of Khakassia. URL: <https://19.mchs.gov.ru> (accessed: 20.10.2025).
20. Lysanova G. I., Semenov Yu. M., Sorokovoy A. A., Landscape Mapping of the Republic of Khakassia // Geodesy and Cartography. 2016; (12):16–23. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-918-12-16-23.
21. Belosheikina A. V., Talovskaya A. V., Yazikov E. G. Ecological and Geochemical Assessment of the Soil Cover of the Sorsky Mining and Processing Plant Territory (Khakassia Republic). URL: <https://earchive.tpu.ru/jspui/handle/11683/57876> (accessed: 02.12.2025).
22. Federal Water Resources Agency — Official Website. URL: voda.gov.ru/ (accessed: 22.10.2025).
23. Information on Subjects of the Russian Federation. Federal Water Resources Agency. URL: <https://voda.gov.ru/maps/respublika-khakasiya> (accessed: 23.10.2025).
24. Lee E. H., Beedlow P. A., Waschmann R. S., Tingey D. T., Wickham C., Cline S., Bollman M., Carlile C. Douglas-fir displays a range of growth responses to temperature, water, and Swiss needle cast in western Oregon, USA // Agriculture and forest meteorology. 2016; (221):176–188. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35156005> (accessed: 10.12.2025).
25. Sharkova V. A., Dimova E. V., Bildina A. F. Characteristics of the Spectrum of Acquired (Secondary) Drug Resistance of M.tuberculosis Strains in Children and Adolescents of Primorsky Krai // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2011; (3):127–127. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=1183> (accessed: 24.10.2025).
26. Dmitriev V. V., Ogurtsov A. N. Stability of Complex Systems in Nature and Society: Methodology, Assessment, Results. Saint Petersburg State University; Saint Petersburg State University. *Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2017; (48):72–84.
27. Climate Change in Khakassia. Meteoblue: Official Website. URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Хакасия_Россия_1503834 (accessed: 25.10.2025).
28. Weather in Abakan by Month in 2024. World Weather: Official Website. URL: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/abakan/2024> (accessed: 21.10.2025).
29. Weather Archive in Kostanay. Gismeteo: Official Website. URL: <https://www.gismeteo.ru/weather-kostanay-4628/archive> (accessed: 25.10.2025).
30. Environmental Management of Territorial-Production Complexes. Textbook. Part 1 / A. B. Dyagileva. St. Petersburg: HSHTE SPbGUPTD, 2024. 136 p. ISBN 978-5-91646-398.

■ Информация об авторах

Тарасова Екатерина Данииловна, студент, Высшая школа технологии и энергетики ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Российская Федерация, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, д. 4; e-mail tarasova_ekaterina_10@mail.ru.

Матвеева Яна, студент, Высшая школа технологии и энергетики ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Российская Федерация, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, д. 4; e-mail yana-matveeva-03@mail.ru.

■ Information about the authors

Tarasova Ekaterina, student, Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 4 Ivan Chernykh Street, St. Petersburg, 198095; e-mail: tarasova_ekaterina_10@mail.ru.

Matveeva Yana, student, Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 4 Ivan Chernykh Street, St. Petersburg, 198095; e-mail: yana-matveeva-03@mail.ru.

Дягилева Алла Борисовна, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики, Российская Федерация, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, д. 4; SPIN-код: 3808–0190, Author ID: 181347, ORCID: 0000-0001-5983-4550; e-mail: abdiag@mail.ru.

Dyagileva Alla Borisovna, Doc. Sci. in Chemistry, Professor, Professor at the Department of Environmental Protection and Sustainable Natural Resource Management of the Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 4 Ivan Chernykh Street, St. Petersburg, 198095; SPIN-code: 3808–0190, Author ID: 181347, ORCID: 0000-0001-5983-4550; e-mail: abdiag@mail.ru.

