

Оригинальная статья / Original article

УДК 502.64

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-11



Устойчивое развитие региона на основе оценки антропогенной нагрузки (на примере экосистем Кизилюртовского района и города Кизилюрт)

Лейла Ш. Ахмедова¹, Зарима И. Солтанмурадова¹, Гаджимурад И. Идзиев², Раисат Т. Раджабова¹¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия²Институт социально-экономических исследований, Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Лейла Ш. Ахмедова, кандидат биологических наук, доцент, кафедра рекреационной географии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21.

Тел. +79154706260

Email geoleyla@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0003-1347-1429>

Формат цитирования

Ахмедова Л.Ш., Солтанмурадова З.И., Идзиев Г.И., Раджабова Р.Т. Устойчивое развитие региона на основе оценки антропогенной нагрузки (на примере экосистем Кизилюртовского района и города Кизилюрт) // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 1. С. 117-131. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-11

Получена 2 декабря 2024 г.

Прошла рецензирование 14 января 2025 г.

Принята 15 января 2025 г.

Резюме

Основным трендом современного мира становится требование устойчивого развития, которое предусматривает учет не только социально-экономических, но и экологических факторов, одним из которых является антропогенная нагрузка на экосистему.

Одним из основных факторов влияния выступает антропогенная нагрузка. Она варьируется в рамках отдельной территории в диапазоне 0–100 %. Учитывая этот факт, требуется правильно разрабатывать стратегию экологического развития региона. Основой процесса должна стать идентификация потенциалов потребления в распределенных показателях. Результат формирования стратегии должен принимать во внимание, что общая нагрузка не должна быть больше емкости всего изучаемого региона.

Все используемые в процессе исследования показатели значимости в различных сочетаниях входят в качестве элементов структурно-функциональной модели. Построенная в результате расчетов имитационно-балансовая модель «Регион» устанавливает прямую зависимость «воздействие – отклик» в экосистемах, которая достигается посредством индексации антропогенной нагрузки относительно емкости среды.

Итоги представленных расчетов можно заложить в процесс реализации нескольких сопутствующих задач. В некоторых регионах Республике Дагестан целесообразно сопоставить уровень воздействия антропогенной нагрузки по общему показателю в данном субъекте РФ. Рассчитанное значение демонстрирует позицию определенного территориального объединения по антропогенному воздействию при сравнении со средним индикатором по региону. Обозначенный индекс выступает в качестве объективного аспекта подготовки к действиям, направленным на улучшение эколого-экономической ситуации в регионе.

Ключевые слова

Устойчивое развитие, антропогенная нагрузка, экологическая емкость, энерго-демографический индекс устойчивости.

Sustainable development of a region based on the assessment of anthropogenic load (through the example of the ecosystems of the Kizilyurt district and the city of Kizilyurt)

Leyla Sh. Akhmedova¹, Zarima I. Soltanmuradova¹, Gadzhimurad I. Idziev² and Raisat T. Radzhabova¹

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia

²Institute of Social and Economic Research, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Leyla Sh. Akhmedova, PhD in Biology, Associate Professor, Department of Recreational Geography and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79154706260

Email geoleyla@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1347-1429>

How to cite this article

Akhmedova L.Sh., Soltanmuradova Z.I., Idziev G.I., Radzhabova R.T. Sustainable development of a region based on the assessment of anthropogenic load (through the example of the ecosystems of the Kizilyurt district and the city of Kizilyurt). *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(1):117-131. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-11

Received 2 December 2024

Revised 14 January 2025

Accepted 15 January 2025

Abstract

A principal trend of the modern world is a requirement for sustainable development, which involves taking into account not only socio-economic but also environmental factors, one of which is the anthropogenic load on the ecosystem.

Since the anthropogenic load varies across a region in the entire range of values from 0 to 100 %, a strategy for its eco-development should be based on estimates of consumption potentials in distributed parameters so that the total load does not exceed the capacity of the entire territory analysed.

All the significance indicators used in the study in various combinations are included as elements of the structural and functional model. The simulation and balance model "Region" constructed as a result of the calculations establishes a direct relationship "impact – response" in ecosystems, which is achieved by indexing the anthropogenic load relative to the capacity of the environment.

The results of the calculations obtained of the anthropogenic load can form the basis for solving a number of related challenges. In particular, for the Republic of Dagestan, it is useful to know the ratio of the anthropogenic load in individual areas to a similar indicator elsewhere for the republic as a whole. The resulting index will show the place of a specific administrative district in terms of anthropogenic load in relation to the average for the republic. In addition, such an index can serve as an objective basis for planning measures for the ecological and economic stabilisation of a district.

Key Words

Sustainable development, anthropogenic load, ecological capacity, energy-demographic index of sustainability.

ВВЕДЕНИЕ

Административное деление Республики Дагестан предполагает создание условий, способствующих самореализации входящих в него муниципальных районов. Стратегическое видение предусматривает создание основ, способствующих укреплению межрайонных связей, путем формирования межрайонных кластеров и развитой сетевой инфраструктуры. Данные цели подчеркивают стремление к устойчивому промышленному росту, учитывающему как региональные, так и экономические особенности. В принятой Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан определены конкретные задачи, каждая из которых направлена на улучшение промышленного ландшафта региона за счет стратегических инноваций и разработок и включают в себя создание современной промышленной структуры, характеризующейся специализацией республики. Предлагаемая архитектурная концепция предполагает акцент на фундаментальных принципах современной модернизации, реконструкции и внедрения новых достижений. Кроме того, план подчеркивает необходимость повышения конкурентоспособности продукции региона благодаря стремительному развитию научной сферы, являющейся неотъемлемой частью производственных процессов. Стратегический план также предусматривает создание и сохранение возможностей для трудоустройства, в частности, на позиции, требующие квалифицированного труда.

Важнейшим компонентом этой стратегии является эффективное использование местных активов, включая природные ресурсы, логистические сети, трудовые, информационные, финансовые и другие имеющиеся ресурсы, для обеспечения их оптимального вовлечения в производственные процессы. Стратегия также направлена на углубление межрайонного сотрудничества и активизацию совместных усилий муниципальных районов. Однако в принятой Стратегии недостаточно внимания уделено экологическим факторам устойчивого развития, которые вносят серьезные ограничения при реализации поставленных в Стратегии целей. Сегодня основным трендом современного мира становится требование устойчивого развития, которое предусматривает учет не только социально-экономических, но и экологических факторов, одним из которых является антропогенная нагрузка на экосистему, количественную оценку которой можно представить в виде расчета емкости экосистем и расчета фактической антропогенной нагрузки на экосистемы по представленной ниже методике. В качестве примера выбраны экосистемы города Кизилюрт и Кизилюртовского района. Выбранная методика имеет хорошие перспективы, например, ее можно использовать для Республики Дагестан.

В научной среде активно используется понятие «экологическая емкость», под которой подразумевают основную категорию определения стабильности экосистемы, расчет антропогенного воздействия, формирования эффективного плана мероприятий по развитию региона. Экологическую емкость можно рассматривать в количественном исчислении. В данном аспекте значение указывает на максимальный уровень антропогенной нагрузки, после преодоления которого

экосистемы начнут безвозвратно терять свои структурно-функциональные характеристики. Учитывая этот факт, экологическая емкость считается интегральной категорией, по отношению к которой выстраиваются прочие природные ресурсы. Для материального баланса современной биосферы присуще несколько базовых свойств. Он формируется на основе нескольких видов ресурсов и энергии. В результате возникает сложность консолидации разнокачественных потоков в общий сегмент вычисления. Мысль о соизмерении природных и производственных ресурсов на энергетической платформе возникла давно. Значительный вклад в этот научный сегмент внес В.И. Вернадский [1].

Вычисление экологической емкости – сложная процедура, требующая учета многочисленных факторов. Как следствие, сформировано незначительное количество методов идентификации этой категории. Отдельного внимания в данном контексте заслуживают научно-методические наработки Т.А. Акимовой и В.В. Хаскина [2]. Изобретенный ими механизм в практическом аспекте трудно реализуем. Для идентификации емкости ряда элементов (воздушная среда, почва, водные ресурсы) и среды в общем необходимо применять минимум десять сложно рассчитываемых значений. Существуют и другие, более перспективные методы. Речь идет о доступном энергодемографическом подходе [3; 4].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно принятой нами методике [5] расчет экологической емкости среды осуществляют по двум взаимодополняемым методам: 1) по мощности фотосинтеза и 2) энергопотенциалу первичной продуктивности. Каждый из этих методов опирается на свои исходные и обобщающие параметры и корректирует количественные характеристики экологической емкости конкретных экосистем.

Согласно этой модели, емкость экосистем составляет 3% от мощности фотосинтеза, в том числе 1 % биопотребления и 2 % – возобновимой геофизической энергии (гелио-, гидро- и ветроэнергия).

Расчет емкости экосистем по энергопотенциалу первичной продуктивности (P_v)

Этот вариант вычислений базируется на 2 систематизированных значениях формирования системы. Первым из них выступает норма использования биологической продукции индивидом (в нашем случае – человеком), а вторым становится ограничение применения первичных товаров общим количеством позвоночных индивидов, проживающих на земле (при условии стабильности биологического сегмента).

Первое значение вычисляется достаточно просто. Для этого необходимо установить суточный норматив физиологических нужд индивида (P_b). Например, для представителей *homo sapiens* он составляет 3000 ккал или $12,56 \cdot 10^3$ кДж/сутки. Если рассматривать растительную массу, то данный показатель варьируется. Норматив оценивается в 243 кг/год или $4,6 \cdot 10^6$ кДж/год [6]. Не стоит забывать, что питание представителей *homo sapiens* включает не только растительную, но и животную пищу. Растительный эквивалент здесь равен 1:10, поэтому обозначенный показатель требуется пропорционально

учитывать.

Что касается второго значения, то оно указывает на показатель разграничения деструкции чистой первичной продукции (при условии стабильности биологического сегмента) по категориям живых существ, обитающих на земле. В данном контексте интересна позиция В.Г. Горшкова [3]. С точки зрения эксперта, для стационарной биосферы максимальный показатель использования чистой первичной продукции для позвоночных видов составляет не более 1 %. Если рассматривать аналогичный индикатор для всей земли, то он равен примерно 1,15 Гт/год [3].

Как видим, существующие методические подходы подробно исследуют антропогенную нагрузку и сопутствующие факторы. Принимая во внимание рассмотренную информацию, целесообразно идентифицировать ряд компонентов разработки структурно-функционального механизма. Они выглядят так:

- естественные запасы энергии и биологической продукции на суше;

- вероятность использования энергетических и биологических ресурсов, другими словами, подразумевается объем экосистем и территориальное разделение;

- существующее антропогенное воздействие на экосистемы, уровень его изменения, исходя из демографической ситуации;

- коррекция антропогенного воздействия и разделение данного индикатора по регионам;

- формирование прогноза, в котором подробно указаны оптимальные меры использования природных ресурсов.

Итоговая задача состоит в систематизации всех компонентов в общую имитационно-балансовую платформу территориального объединения (рис. 1).

Потоки и преобразования поступившей на земную поверхность солнечной радиации при ее прохождении через элементы естественных (А) и возмущенных человеком (Б) экосистем демонстрируют универсальные имитационно-балансовые диаграммы модели (рис. 1 А, Б).

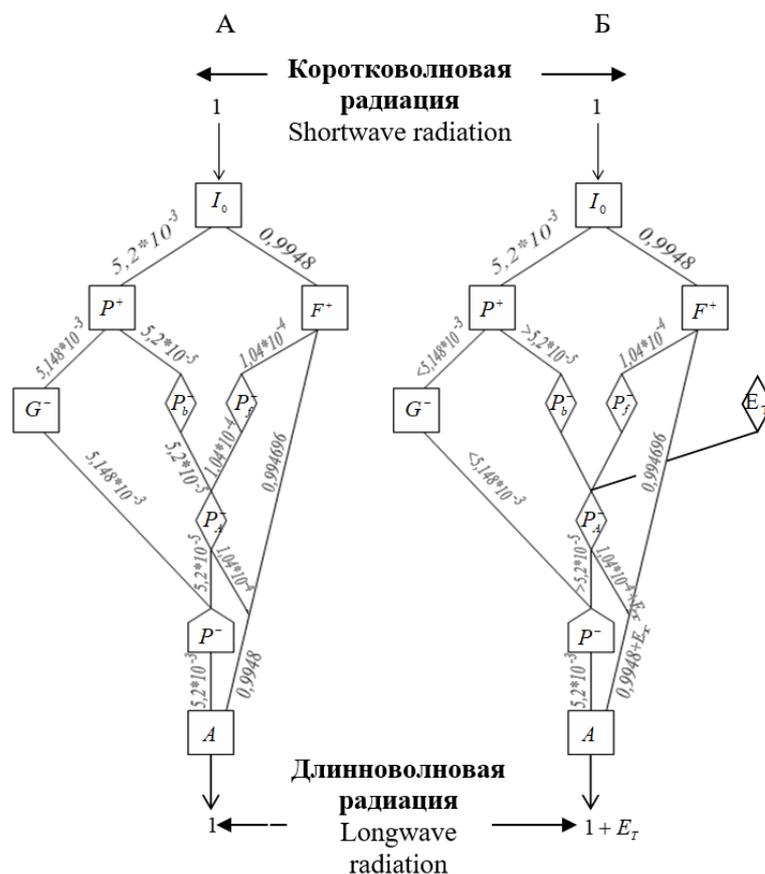


Рисунок 1. Потоки энергии солнечной радиации через элементы естественных (А) и возмущенных человеком (Б) экосистем

Figure 1. Flows of solar radiation energy through elements of natural (A) and human-disturbed (B) ecosystems

Условные обозначения в долях единицы / Symbols in fractions of a unit:

I_0 – энергия, поступающая на единицу земной поверхности / energy supplied to a unit of the earth's surface,

P^+ – биосинтез / biosynthesis,

F^+ – физические круговороты вещества / physical cycles of matter,

P_b^- – нормированное потребление биопродукции человеком / standardized consumption of bioproducts by humans,

G^- – деструкция биопродукции гетеротрофами / destruction of bioproducts by heterotrophs,

P_f^- – потребление человеком возобновимых источников энергии / human consumption of renewable energy sources,

P_A^- – антропогенное потребление возобновимой энергии ($P_b^- + P_f^-$) / anthropogenic consumption of renewable energy

($P_b^- + P_f^-$),

P^- – деструкция всей биопродукции / destruction of all bioproducts,

A – атмосфера / atmosphere,

E_T – антропогенное потребление невозобновимой энергии недр (уголь, нефть, газ) / anthropogenic consumption of non-renewable energy of the subsoil (coal, oil, gas)

Квадраты – естественные ячейки преобразования энергии, ромбы – антропогенные ячейки /

Squares – natural cells of energy conversion, diamonds – anthropogenic cells

Цифры на линиях связи – доля преобразования энергии в структуре модели /

Numbers on the communication lines – the share of energy conversion in the model structure

Полученный в результате исследования индекс представляет собой показатель во сколько раз антропогенная нагрузка отдельной территории отличается (превышает или недобирает) от среднереспубликанской нагрузки на биосферу.

Интерпретация данного индекса достаточно проста и высокоинформативна в отношении объективной оценки эколого-экономического состояния территории: при устойчивом развитии индекс меньше единицы, при неустойчивом – больше. Более того, абсолютная величина индекса в первом случае показывает имеющиеся резервы природопользования и меру благополучия территории, а во втором – меру превышения нагрузки над допустимым уровнем [7].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изначально стоит описать объект изучения, под

которым подразумевается Кизилюртовский район. На текущий момент это одна из крупнейших сельскохозяйственных территорий Республики Дагестан. Представленный район возник на карте в 1967 г. Общее количество земель оценивается в 524,01 кв. км, или 1,04 % от размеров данного субъекта РФ. В географическом отношении Кизилюртовский район классифицируется к плоскостной зоне. В этом территориальном объединении присутствует значительный перепад высот. Нижняя точка составляет 50 м над уровнем моря, а пик находится на 500 м.

Столицей района является г. Кизилюрт, площадь которого с пригородом оценивается в 23,7 км². Кизилюртовский муниципалитет выступает в качестве структурного подразделения Буйнакской экономической зоны.

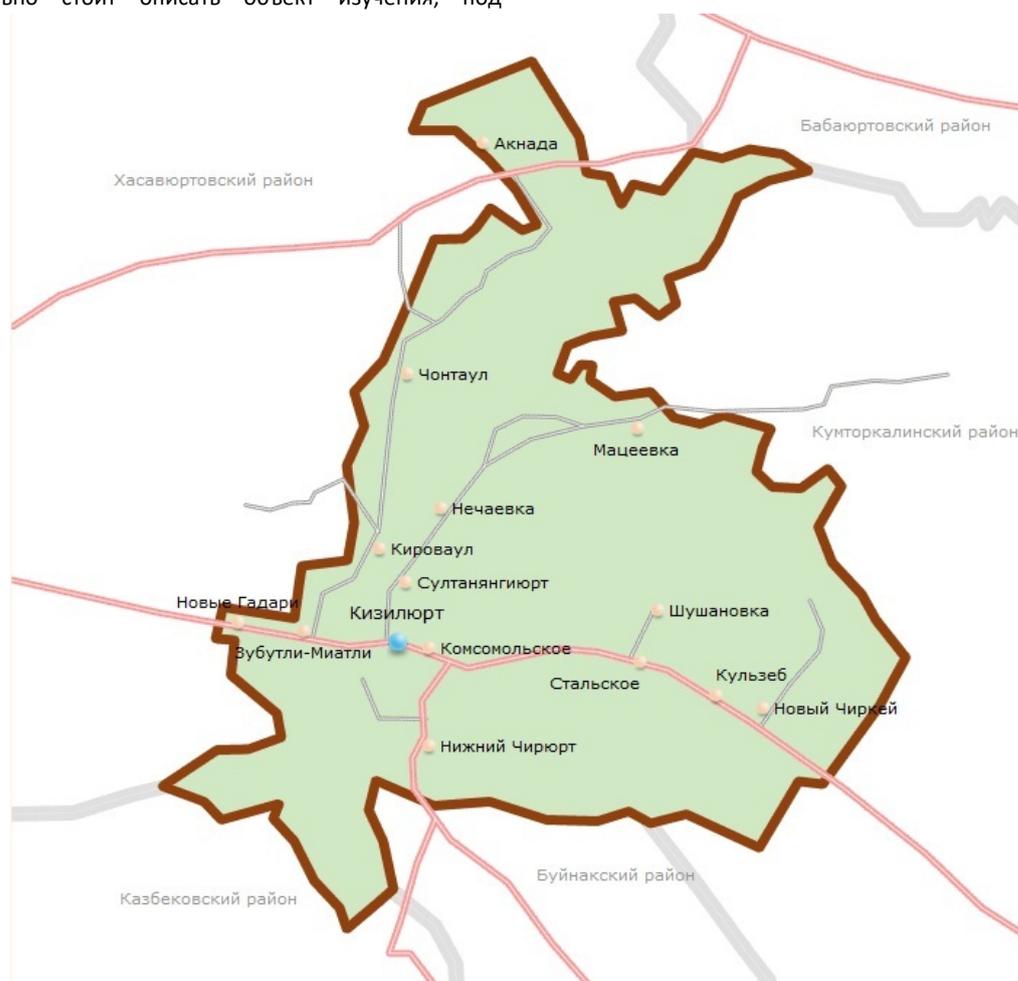


Рисунок 2. Картограмма г. Кизилюрт и Кизилюртовского района [8]

Figure 2. Map of Kizilyurt and Kizilyurt district [8]

Климатические особенности рассматриваемого территориального объединения относятся к умеренно-континентальной зоне. Температуры здесь достаточно мягкие. Средний термический режим в январе

варьируется в пределах от минус 2 до минус 4 °С, а в июле столбик термометра достигает средней отметки плюс 23,5 °С.

Энергопотребление

В данном контексте важно рассмотреть аспект потребления электроэнергии. Обычно используется показатель применительно на 1 человека. Под ним подразумевается общий объем энергии, израсходованный за конкретный временной отрезок при сравнении с общим количеством людей, проживающих на территории. Расчет энергии осуществляется в нефтяном эквиваленте. Показатель предусматривает энергию, которая высвобождается после сжигания многочисленных наименований топливных ресурсов, а также электроэнер-

гию, производимую на различных объектах. Потребление энергии, которое требуется для идентификации геосферной модели, включает несколько компонентов. В этом списке присутствует энергетическое и топливное потребление, включающее такие ресурсы как древесина, газ, уголь [9]. После проведения предварительных вычислений потребуется преобразовать показатель энергии в тонны условного топлива (табл. 1). Это позволит вывести общее значение потребления энергии.

Таблица 1. Коэффициенты перевода электроэнергии и топлива в тонны условных единиц (ТУ.Т)**Table 1.** Conversion factors of electricity and fuel into tons of conventional units (TU.T)

Вид топлива Fuel type	Единица измерения Unit of measurement	ТУ.Т Ton of equivalent fuel
Уголь / Qhilla	1 тонна / ton	0,92
Дрова / Firewood	1 м ³ / м ³	0,266
Газ природный / Natural gas	тыс.м ³ / thousand m ³	1,2
Газ сжиженный / Liquefied gas	1 тонна / ton	1,57
Электроэнергия / Electricity	1000 кВт/ч/ kW/h	0,12
Бензин / Petrol	1 тонна / ton	1,49
Дизтопливо / Diesel fuel	1 тонна / ton	1,45
Керосин / Kerosene	1 тонна / ton	1,47
Мазут топочный / Fuel oil	1 тонна / ton	1,37
Кизьяк / Dung	1 тонна / ton	0,37
Топливо речное бытовое / River jetsam fuel for household use	1 тонна / ton	1,45
Нефть сырая / Crude oil	1 тонна / ton	1,43
Торф кусковой / Lump peat	1 тонна / ton	0,45
Кора / Bark	1 тонна / ton	0,42
Деревоопилки / Wood sawdust	1 тонна / ton 1 м ³ / м ³	0,36 0,11
Сучья / Branches	1 м ³ / м ³	0,05

Решение:**Кизилюртовский район****2024 год**

Газ природный – 85555,2 тыс. куб.м.

Коэффициент – 1тыс. м³ – 1,2

85555,2 × 1,2 = 102666,2 ТУ.Т

Топливопотребление = 102666,2 ТУ.Т

Электропотребление – 56595,3тыс. кВт/ч

Коэффициент – 1000 кВт/ч – 0,12

56595,3×0,12=6791,4 ТУ.Т

Энергопотребление – 102666,2 ТУ.Т + 56595,3 ТУ.Т = 109457,64 ТУ.Т

Численность населения города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг. приведена в таблице 2.

Динамика численности населения города Кизилюрт и Кизилюртовского района за исследуемый период наглядно представлена на гистограмме (рис. 3).

Проанализировав рис. 3, можно сделать вывод, что численность города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 года увеличилась соответственно в 1,1 и в 1,8 раз.

Таблица 2. Численность населения города Кизилюрт (А) и Кизилюртовского района (Б) с 2000 по 2024 гг.**Table 2.** Population of the city of Kizilyurt (A) and Kizilyurt district (B) from 2000 to 2024

Год Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
А / A	40,9	41,3	41,5	41,3	41,4	42,1	42,6	42,4	42,0	41,2	41,0	47,2	47,7	50,8	51,1	45,9	46,1	46,6	47,1	43,4	43,9	44,3	44,3	44,8	45,6
Б / B	39,3	39,7	41,9	44,1	46,8	48,1	49,4	52,3	53,0	54,1	55,1	68,6	70,6	71,0	71,8	73,2	74,3	76,7	78,9	61,9	63,1	65,1	66,6	67,1	69,0

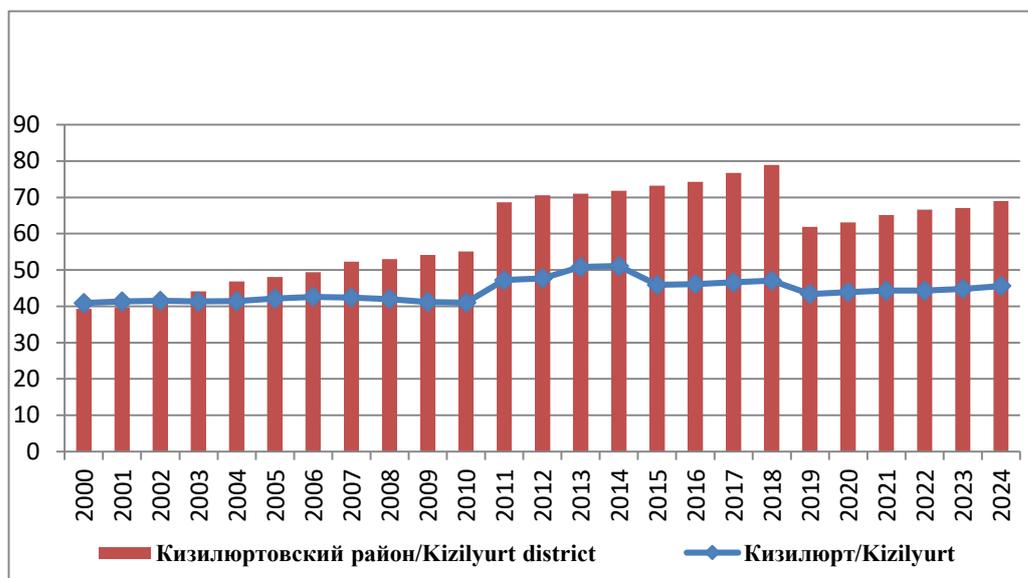


Рисунок 3. Численность населения Кизилюртовского района и города Кизилюрт с 2000 по 2024 гг.

Figure 3. Population of Kizilyurt district and the city of Kizilyurt from 2000 to 2024

С показателями общего количества жителей, плотности, различных видов потребления ресурсов в период с 2000 по 2024 гг. можно ознакомиться в таблице 3.

Согласно полученным и проанализированным данным за период 2000–2024 гг. и сведенным в таблицу

3, были построены графики и диаграммы (рис. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), которые наглядно демонстрируют колебания развития исследуемой территории, при сохранении общей тенденции.

Таблица 3. Общая численность и плотность населения, электропотребление, топливopotребление и энергопотребление в городе Кизилюрт и в Кизилюртовском районе с 2000 по 2024 гг. [10]

Table 3. Total population size and density, electricity consumption, fuel consumption and energy consumption in the city of Kizilyurt and in the Kizilyurtovskiy district from 2000 to 2024 [10]

Годы Years	Населенный пункт Settlement	Общая числен. населения (тыс. чел.) Total population (thousands of people)	Плотность (чел./км ²) Density (people/km ²)	Электро- потребл. в год (ТУ.Т) Electricity consumption per year (TU.T)	Топливо- потребл. в год (ТУ.Т) Fuel consumption per year (TU.T)	Энергопотр. в год (ТУ.Т) Energy consumption per year (TU.T)
2000	Кизилюрт Kizilyurt	41,0	1730	7316	75600	82916
	Кизилюртовский район Kizilyurtovskiy district	54,1	103,2	6677	90733	97410
2005	Кизилюрт Kizilyurt	51,1	2156	7233	71229	78462
	Кизилюртовский район Kizilyurtovskiy district	71,8	136,9	7201	115772	122973
2010	Кизилюрт Kizilyurt	43,4	1831,2	8310,8	88790,88	97101,68
	Кизилюртовский район Kizilyurtovskiy district	61,9	118,1	5502,6	160680	166182,6
2024	Кизилюрт Kizilyurt	44,8	1890,2	8829,9	95526,5	104356,4
	Кизилюртовский район Kizilyurtovskiy district	67,1	128,0	6791,4	102666	109457,4

Примечание / Note: Размер территории всего / Total area size:

Кизилюртовского района – 524,1 км² / Kizilyurt district – 524.1 km²

Города Кизилюрт с поселками – 23,7 км² / The city of Kizilyurt with villages – 23.7 km²

График «Плотность населения города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг. показывает повышение плотности жителей. Для г. Кизилюрт данное повышение составило 10 %, для Кизилюртовского

района – 20 %. Одновременно растет и плотность населения. Это значение повысилось с 44,5 чел. на км² в 2000 году до 55,9 чел. на км² в 2024.

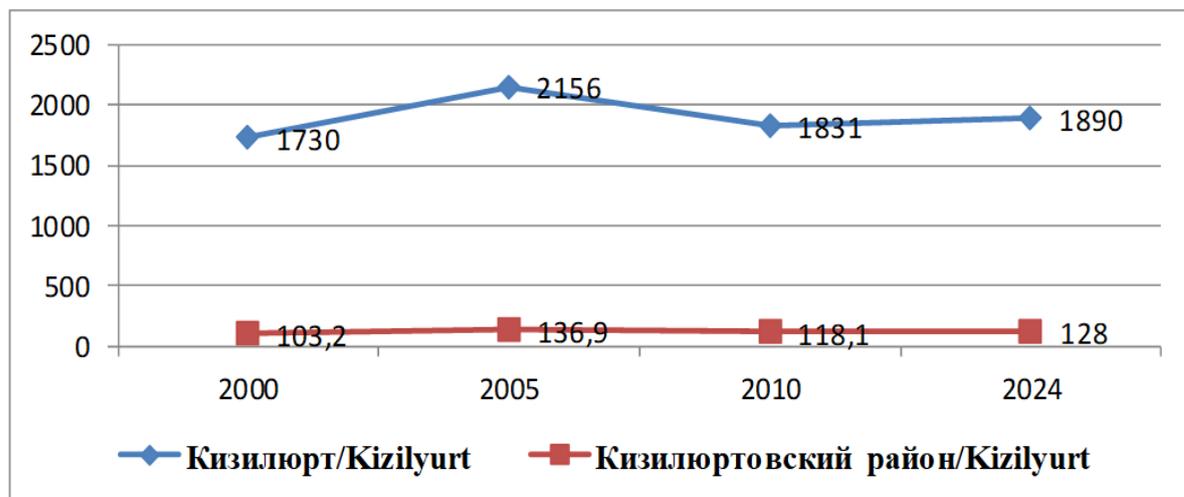


Рисунок 4. Плотность населения города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.

Figure 4. Population density of the city of Kizilyurt and Kizilyurt district from 2000 to 2024

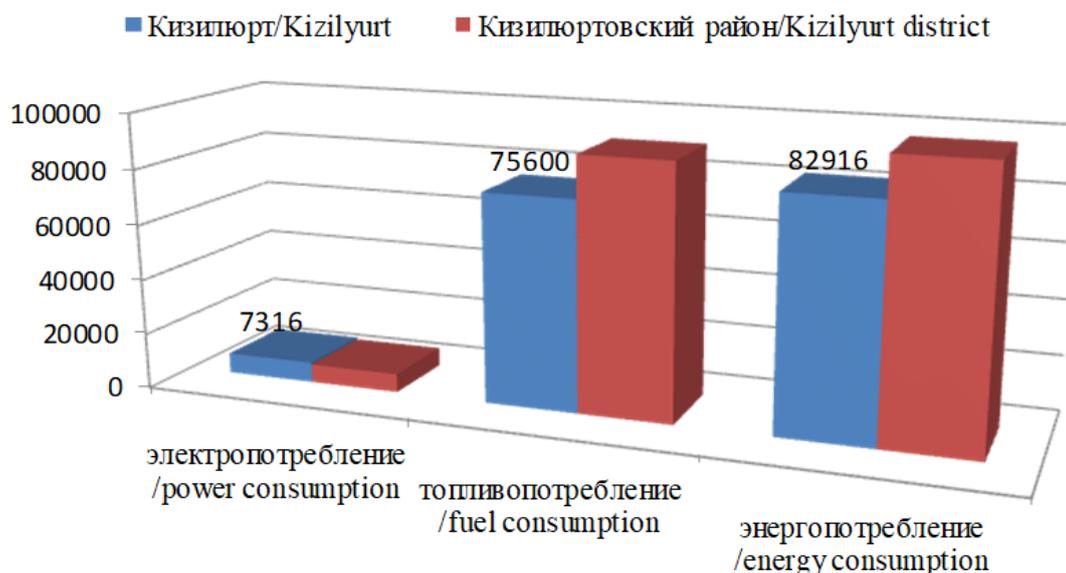


Рисунок 5. Общее электро-, топливо- и энергопотребление (ТУ.Т) города Кизилюрт и Кизилюртовского района за 2000 год

Figure 5. Total electricity, fuel and energy consumption (TU.T) of the city of Kizilyurt and Kizilyurt district for 2000

В общем объеме энергопотребления в 2000 году в городе Кизилюрт большую роль играет топливопотребление (91,2 %), а на долю электропотребления приходится 8,8 %. В Кизилюртовском районе соответственно 93,2 и 6,8 %.

В общем объеме энергопотребления в 2024 году основную роль сохраняет топливопотребление (91,5 %), а на долю электропотребления приходится всего 8,5 % в городе Кизилюрт, а в Кизилюртовском районе 93,8 и 6,2 %.

Электропотребление населением города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.

варьирует. Значения энергопотребления незначительно снижается к 2005 году и увеличивается до 2024 года.

Построенные графики наглядно демонстрируют рост топливопотребления населением, как города Кизилюрта, так и Кизилюртовского района, которое за исследуемый период увеличилось в 1,3 раз в городе и в 1,1 раз в районе (рис. 8).

Заключительный рисунок 9 демонстрирует общее энергопотребление (электро- и топливопотребление), которое увеличилось за исследуемый промежуток в 1,3 раз в городе Кизилюрт и 1,1 раз в Кизилюртовском районе.

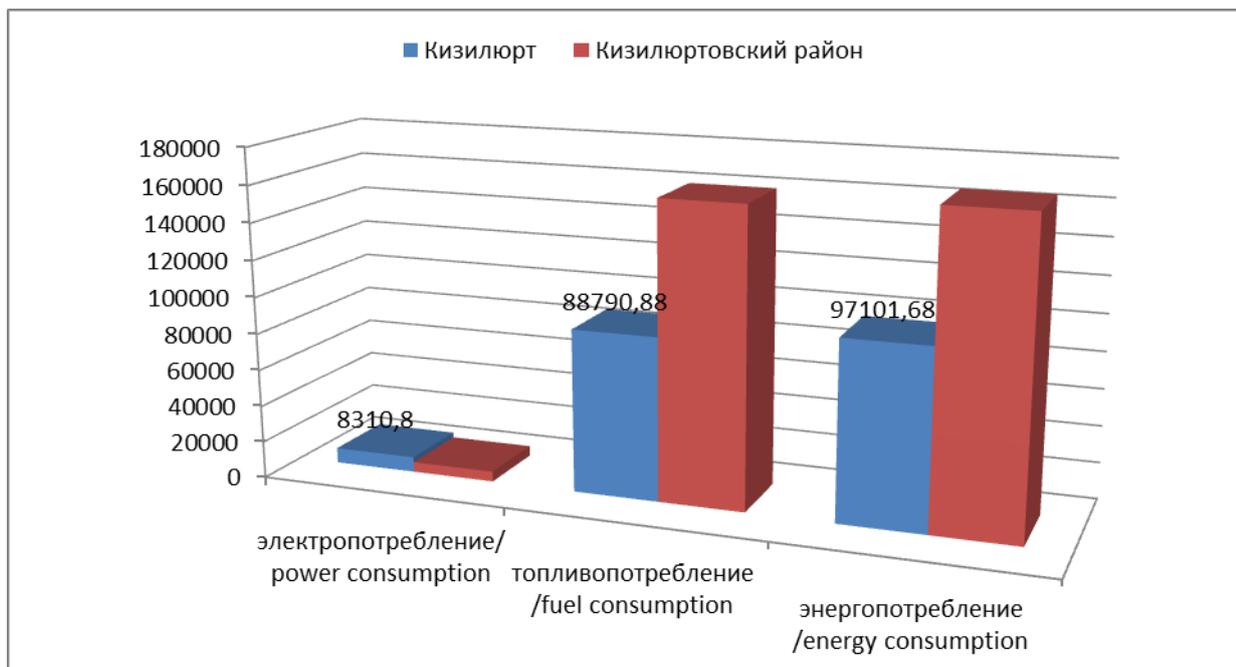


Рисунок 6. Общее электро-, топливо- и энергопотребление города Кизилюрт и Кизилюртовского района за 2024 год
Figure 6. Total electricity, fuel and energy consumption of the city of Kizilyurt and Kizilyurt district for 2024

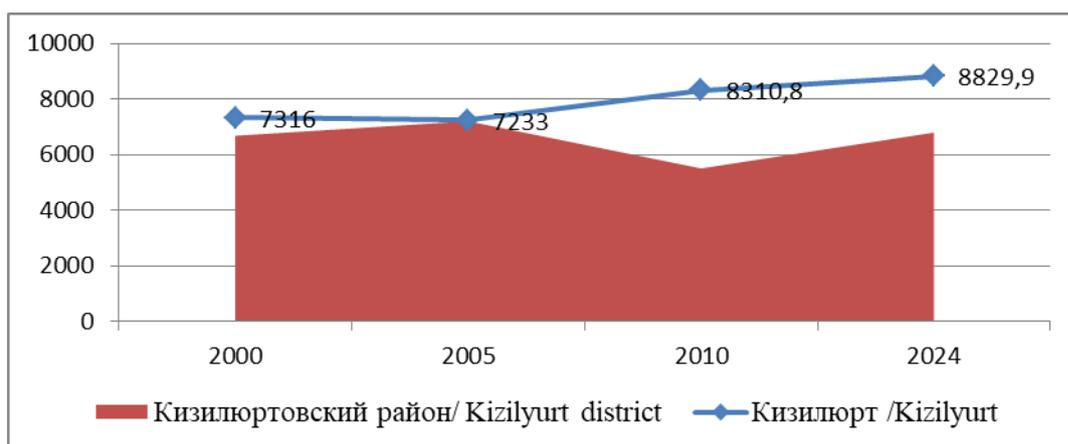


Рисунок 7. Общее электропотребление населением города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.
Figure 7. Total electricity consumption by the population of the city of Kizilyurt and Kizilyurt district from 2000 to 2024

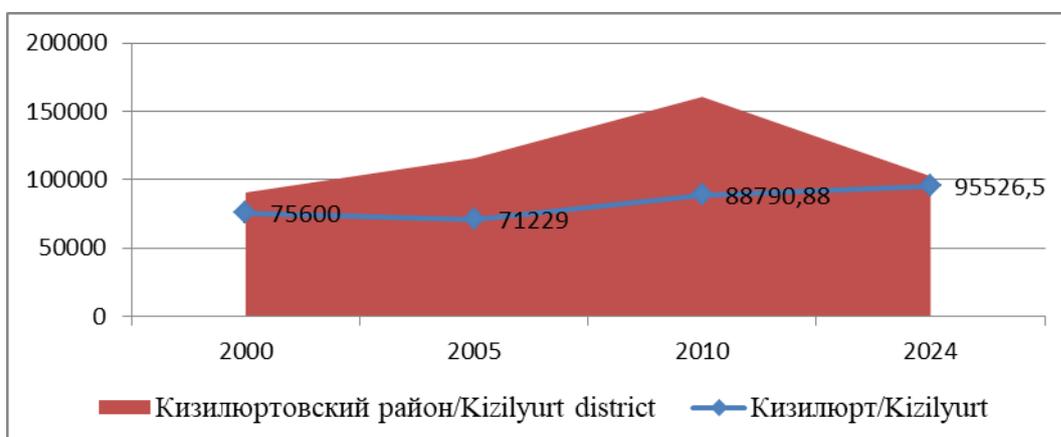


Рисунок 8. Общее топливопотребление населением города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.
Figure 8. Total fuel consumption by the population of the city of Kizilyurt and Kizilyurt district from 2000 to 2024

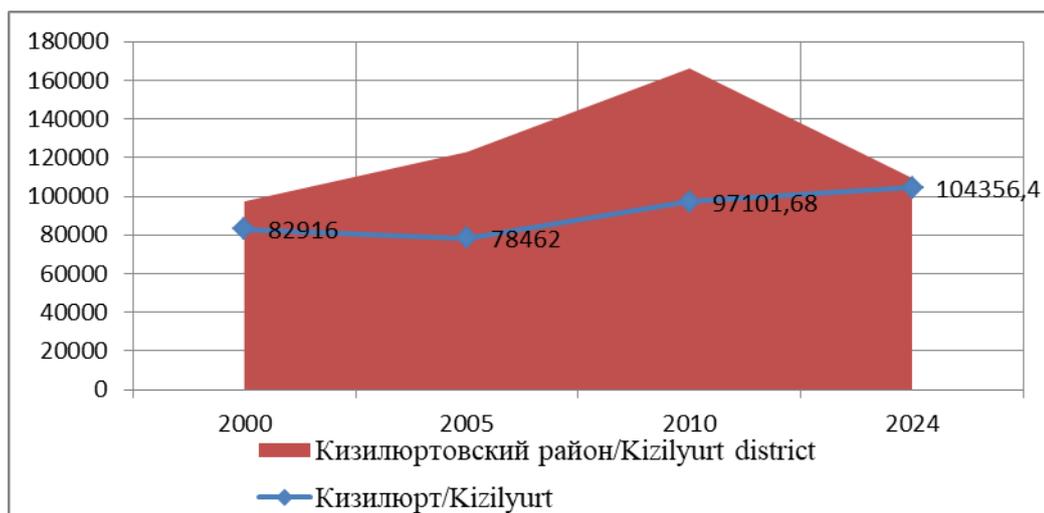


Рисунок 9. Общее энергопотребление населением города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.
Figure 9. Total energy consumption by the population of the city of Kizilyurt and Kizilyurt district from 2000 to 2024

Оценка экологической емкости среды

Для расчета экологической емкости среды Кизилюртовского района необходимо рассчитать данные энергетики экосистем для интервалов высот от 50 до 500 метров.

В рассматриваемом районе расположен гидропост Миатлы на р. Сулак. Значение высоты данного сооружения составляет 100 м.

1. Справочная годовая сумма радиации:

$$Q = 119 \text{ ккал}/(\text{см}^2\text{год}) \times 4,1868 \times 10^{10} \text{ кДж}/(\text{км}^2\text{год}) = 4,7 \times 10^{12} \text{ кДж}/(\text{км}^2\text{год}).$$

2. Сумма суммарной радиации за безморозный:

$$Q^* = 0,66 \times 5,0 \times 10^{12} \text{ кДж}/(\text{км}^2\text{год}) = 3,3 \times 10^{12} \text{ кДж}/(\text{км}^2\text{год}).$$

3. Сумма фотосинтетически активной радиации за безморозный период:

$$\text{ФАР}^* = 0,52 \times 3,3 \times 10^{12} \text{ кДж}/(\text{км}^2\text{год}) = 1,7 \times 10^{12} \text{ кДж}/(\text{км}^2\text{год}).$$

4. Расчетная потенциальная продуктивность экосистем в абсолютно сухой биомассе равна (ф. 15):

$$P^+_{\text{э}} = \frac{0,01 \times 1,7 \times 10^{12} (\text{кДж} / \text{км}^2 \text{год})}{19 \times 10^6 (\text{кДж} / \text{т})} \text{ т} / \text{км}^2 = 894,7 \text{ т} / \text{км}^2$$

Вычисление экоемкости Кизилюртовского района

Метод 1. По мощности фотосинтеза

Вычисление экоемкости экосистем (P_V^-) по мощности фотосинтеза:

1. Удельная мощность (плотность) солнечной радиации

$$I_0 = 155 \times 10^3 \text{ кВт}/\text{км}^2;$$

2. Показатель фотосинтетически радиации

$$I_{\text{ФАР}} = 0,52 \cdot 155 \cdot 10^3 \text{ кВт}/\text{км}^2 = 80,6 \times 10^3 \text{ кВт}/\text{км}^2;$$

3. Мощность фотосинтеза по обозначенному значению КПД в 1 %

$$I_{\Phi} = 0,01 \cdot 80,6 \cdot 10^3 = 806 \text{ кВт}/\text{км}^2;$$

4. Экоемкость экосистем в рассматриваемых широтах (ф.1)

$$P_V^- = 0,03 \cdot 806 \text{ кВт}/\text{км}^2 = 24,2 \text{ кВт}/\text{км}^2;$$

5. Нормативы плотности жителей (ф.2)

$$^{\circ}n = 24,2 / 1,14 = 21,2 \text{ чел}/\text{км}^2.$$

стабильного биологического сегмента

$$^{\circ}n = 8,95 / 0,243 = 36,8 \text{ чел}/\text{км}^2.$$

Итоги вычислений наталкивают на интересное умозаключение. Фактическая плотность больше норматива за временной промежуток 2000–2024 гг.

Фактическое антропогенное воздействие (P_a^-)

При вычислении данного показателя используется несколько сопутствующих значений. Они следующие:

S – площадь, км²;

n и N – плотность (чел/км²) и количество жителей (чел);

P_b – мощность прямого антропогенного потребления биопродукции, 1,14 кВт/чел;

P_s – мощность энергопотребления на 1 представителя *Homo sapiens* (в соответствии со статистическими выкладками), кВт/чел.

Мощность энергопотребления на 1 чел. (P_e):

Для идентификации показателя на 1 чел (P_e) требуется преобразовать общее потребление энергии по территориальному образованию из тонн усл. топлива в значение мощности потребления данного вида ресурсов на 1 чел. (1 ТУ.Т = 8150 кВт/час).

2000 г.

Кизилюрт

$$(^{\circ}P_e) = 82916 \text{ ТУ.Т} \times 8150 \text{ кВт} \times \text{час} : 3600 \text{ сек} : 41000 = 4,6 \text{ кВт}/\text{чел}$$

Кизилюртовский район

$$(^{\circ}P_e) = 97410 \text{ ТУ.Т} \times 8150 \text{ кВт} \times \text{час} : 3600 \text{ сек} : 54100 = 4,1 \text{ кВт}/\text{чел}$$

Метод 2. По энергопотенциалу первичной продуктивности (P_V^-).

Общий показатель радиации за безморозный период: $3,3 \times 10^{12}$ кДж/(км²год).

ФАР^{*} – $1,7 \times 10^{12}$ кДж/(км²год), потенциальная продуктивность – 894,7 т/км²год.

1. Экологическая емкость:

$$(^{\circ}P_b) = 3000 \text{ ккал}/\text{чел} \text{ или } 12,56 \cdot 10^3 \text{ кДж}/\text{сутки} \text{ на одного человека} = 243 \text{ кг}/\text{год} \text{ или } 4,6 \cdot 10^6 \text{ кДж}/\text{год} \times 10.$$

$$P_V^- = 0,01 \cdot D^2 = 0,01 \cdot 894,7 = 8,95 \text{ т}/\text{км}^2\text{год}.$$

2. Нормативы плотность людей для

2024 г.

Кизилюрт

 $(\dot{P}_e) = 104356,4 \text{ ТУ.Т} \times 8150 \text{ кВт} \times \text{час} : 3600 \text{ сек} : 44800 = 5,3 \text{ кВт/чел}$

Кизилюртовский район

 $(\dot{P}_e) = 109457,4 \text{ ТУ.Т} \times 8150 \text{ кВт} \times \text{час} : 3600 \text{ сек} : 67100 = 3,7$

кВт/чел

С показателями потребления энергии на 1 чел. рассматриваемого города и района можно ознакомиться в таблице 4.

По данным таблицы 4 построен график (рис. 10).

Таблица 4. Мощность энергопотребления на душу населения города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.

Table 4. Energy consumption per capita in the city of Kizilyurt and Kizilyurt district from 2000 to 2024

P_e (кВт/ чел) / P_e (kW/person)	2000 год / year	2024 год / year
Кизилюрт / Kizilyurt	4,6	5,3
Кизилюртовский район / Kizilyurtovsky district	4,1	3,7

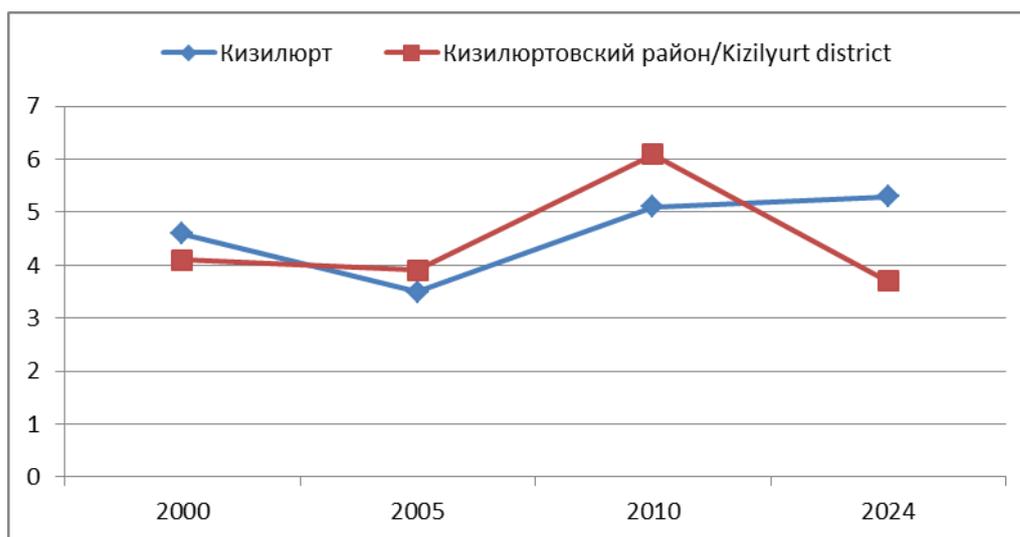


Рисунок 10. Мощность энергопотребления на душу населения города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.

Figure 10. Energy consumption per capita in the city of Kizilyurt and Kizilyurt district from 2000 to 2024

Мощность энергопотребления на 1 чел. повысилась в периоде с 2000 по 2024 гг. Для рассматриваемого города увеличение составляет 20 %, а для района – 50 %.

Антропогенная нагрузка

Это интегральное значение, которое предусматривает общее количество видов влияния на экосистемы. Оно указывает на определенные деструкции в естественных векторах вещества и энергии [5].

2000 г.

Кизилюрт

$$\left(P_a^- \right) = 1730 (1,14 + 4,6) \text{ кВт/км}^2 = 9930,2 \text{ кВт/км}^2$$

Кизилюртовский район

$$\left(P_a^- \right) = 103,2 (1,14 + 4,1) \text{ кВт/км}^2 = 540,8 \text{ кВт/км}^2$$

2024 г.

Кизилюрт

$$\left(P_a^- \right) = 1890,2 (1,14 + 5,3) \text{ кВт/км}^2 = 12172,9 \text{ кВт/км}^2$$

Кизилюртовский район

$$\left(P_a^- \right) = 128,0 (1,14 + 3,7) \text{ кВт/км}^2 = 619,5 \text{ кВт/км}^2$$

Со спецификой антропогенной нагрузки 2000–2024 гг. можно ознакомиться на рис. 11.

Плотность мощности антропогенной нагрузки на экосистемы города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг. увеличилась в 1,2 раз.

Оценка плотности мощности антропогенной нагрузки на всю исследуемую территорию [4]

2000 г.

Кизилюрт

$$D_s = 9930,2 \text{ кВт/км}^2 \times 23,7 \text{ км}^2 = 235345,74 \text{ кВт}$$

Кизилюртовский район

$$D_s = 540,8 \text{ кВт/км}^2 \times 524,1 \text{ км}^2 = 304397,28 \text{ кВт}$$

2024 г.

Кизилюрт

$$D_s = 12172,9 \text{ кВт/км}^2 \times 23,7 \text{ км}^2 = 288497,7 \text{ кВт}$$

Кизилюртовский район

$$D_s = 619,5 \text{ кВт/км}^2 \times 524,1 \text{ км}^2 = 324679,9 \text{ кВт}$$

Плотность мощности антропогенной нагрузки на всю исследуемую территорию города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг. увеличилась в 1,2 раз.

Индекс устойчивости экосистем (I^{sd})

Данное значение демонстрирует, насколько воздействие больше, чем принятые нормативы. Если

развитие является стабильным, то данное значение не превышает 1. И наоборот, на нестабильное развитие указывает значение больше 1.

Индексация антропогенной нагрузки на экосистемы реализуется как соотношение мощности действующего воздействия к экологической емкости экосистем [5]:

2000 г.

Кизилюрт

$$9930,2 / 36,8 = 269,8$$

Кизилюртовский район

$$540,8 / 36,8 = 15,0$$

2024 г.

Кизилюрт

$$12172,9 / 36,8 = 330,8$$

Кизилюртовский район

$$619,5 / 36,8 = 16,8$$



Рисунок 11. Плотность мощности антропогенной нагрузки на экосистемы города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг.

Figure 11. Density of anthropogenic load on the ecosystems of the city of Kizilyurt and the Kizilyurt district from 2000 to 2024

Индекс устойчивости города Кизилюрт и Кизилюртовского района с 2000 по 2024 гг. значительно выше нормы. Мы в городе Кизилюрт наблюдаем предельно высокую неустойчивость, в сотни раз превышающую норму. В Кизилюртовском районе значение неустойчивости превышает норму десятки раз, с 15 кВт/км² в 2000 году до 23,2 кВт/км² в 2010. К 2024 году индекс антропогенной нагрузки на экосистемы Кизилюртовского района немного уменьшилась.

Сравним по индексу устойчивости города Кизилюрт и Кизилюртовского района со среднереспубликанской величиной (11,15 кВт/км²) [7; 9].

I_N – коэффициент относительного антропогенного давления

2000 г.

Кизилюрт

$$I_N = 269,8 \text{ кВт/км}^2 / 11,15 \text{ кВт/км}^2 = 24,1 \text{ кВт/км}^2.$$

Кизилюртовский район

$$I_N = 15,0 \text{ кВт/км}^2 / 11,15 \text{ кВт/км}^2 = 1,3 \text{ кВт/км}^2.$$

2024 г.

Кизилюрт

$$I_N = 330,8 \text{ кВт/км}^2 / 11,15 \text{ кВт/км}^2 = 29,7 \text{ кВт/км}^2.$$

Кизилюртовский район

$$I_N = 16,8 \text{ кВт/км}^2 / 11,15 \text{ кВт/км}^2 = 1,5 \text{ кВт/км}^2.$$

Как видим, по этому показателю по обеим датам в городе Кизилюрт и в Кизилюртовском районе

значения индекса устойчивости существенно выше среднереспубликанского показателя.

Оценка устойчивости экосистем

По результатам исследования построены модели устойчивости экосистем Кизилюртовского района 2024 г.

Решение:

- 1) $I_0 = 155 \times 10^3 \text{ кВт/км}^2$
- 2) $P^+ = 155 \times 10^3 \times 5,2 \times 10^{-3} = 806$
- 3) $G^- = 155 \times 10^3 \times 5,148 \times 10^{-3} = 797,9$
- 4) $F^+ = 155 \times 10^3 \times 0,9948 = 154194$
- 5) $P_b^- = 155 \times 10^3 \times 5,2 \times 10^{-5} = 8,1$
- 6) $P_f^- = 155 \times 10^3 \times 1,04 \times 10^{-4} = 16,12$
- 7) $155 \times 10^3 \times 5,148 \times 10^{-3} = 797,94$
- 8) $P_A^- = 155 \times 10^3 \times 5,2 \times 10^{-5} = 8,1$
- 9) $P_A^- = 155 \times 10^3 \times 1,04 \times 10^{-4} = 16,1$
- 10) $P^- = 155 \times 10^3 \times 5,2 \times 10^{-5} = 8,06$
- 11) $A = 155 \times 10^3 \times 0,994696 = 154177,88$
- 12) $A = 155 \times 10^3 \times 1,04 \times 10^{-4} = 16,12$
- 13) $A = 155 \times 10^3 \times 5,2 \times 10^{-3} = 806$
- 14) $A = 155 \times 10^3 \times 0,9948 = 154194$
- 15) $E_t = 109457,4 \text{ ТУТ}$
- 16) $E_t = 109457,4 / 0,12 = 912145 \text{ кВт/час}$
- 17) $155 \times 10^3 \text{ кВт/км}^2$

По результатам исследования построены модели устойчивости экосистем Кизилюртовского района 2024 года.

Сопоставление системы взаимодействий в

естественных и возмущенных экосистемах рассматриваемого города и района наталкивает на ряд умозаключений. По итогам исследования выделим несколько особенностей:

1. Для моделей характерно 2 входа (I_0 и E_7), а после внутренних изменений осуществляется один выход в атмосферу. Он реализуется в форме тепловой энергии.

2. Если детально рассматривать первую модель, то общее потребление энергии (P_a^-) находится в пределах объема экосистем. Энергетические векторы в рамках системы не выходят за рамки установленных нормативов.

3. Если детально рассматривать вторую модель, то общая энергия биологического

использования (P_b^-) и внебиосферных ресурсов (E_7) значительно больше экологического объема экосистем.

4. Интересная особенность прослеживается на выходе из системы. Здесь общая энергия выше показателя, который существует на входе (мощность общей радиации).

В итоге, вычисления по 3-м схемам консолидированы, что указывает на превышение максимального воздействия на 20 % по рассматриваемому городу и району. Инструмент идентификации антропогенных и техногенных воздействий на экосистемы за счет энергодемографического показателя стабильности не является достаточно эффективным.

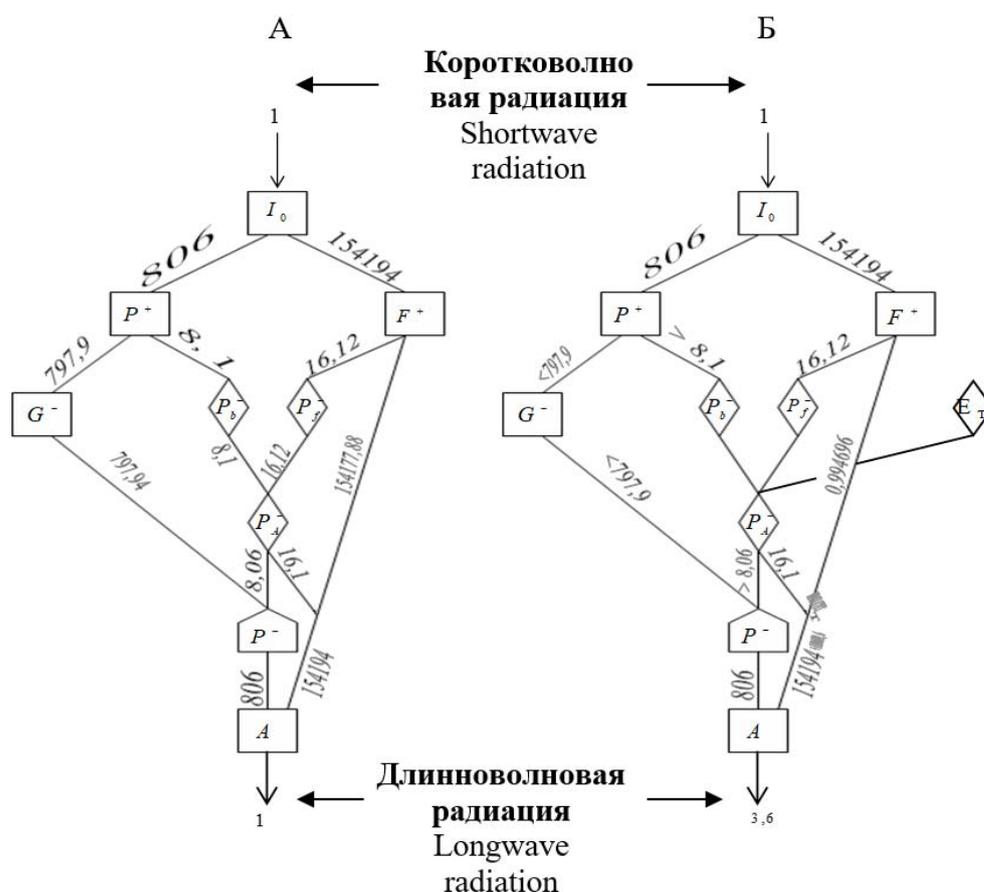


Рисунок 12. Модель функционирования экосистем Кизилюртовского района в естественных (а) и возмущенных экосистемах (б) в 2024 году

Figure 12. Model of ecosystem functioning in Kizilyurt district in natural (a) and disturbed ecosystems (b) in 2024

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация эффективной региональной экономической политики предполагает обеспечение инновационной модернизации всего промышленного комплекса региона как единого целого, с учетом характерных региональных особенностей, будет способствовать сбалансированному и устойчивому развитию территории, а также более полному использованию географического фактора. В современных геополитических условиях санкционных ограничений конкурентные преимущества региона в большей степени определяются способностью к активному созданию и внедрению импортозамещающих технологий и производств с целью осуществления технологического «рывка», в котором важную роль,

основываясь на опыте наиболее развитых регионов и государств мира, должна сыграть эффективная интеграция расположенных в регионе промышленных предприятий, но с обязательным учетом экологических факторов (антропогенной нагрузки на экосистемы), которые вносят серьезные ограничения достижения целей устойчивого развития.

В итоге, для получения объективных результатов при установлении антропогенного воздействия определенного территориального образования на биологический сегмент требуется рассматривать возможности биологической продуктивности и количество местных жителей [9]. При преодолении обозначенной сложности целесообразно использовать 2 метода. Первый из них основан на объединении

значения по природным зонам территориального образования. Второй вариант базируется на идентификации антропогенного воздействия касаясь объема среды по зонам с дальнейшим совмещением по территориальному образованию. Он выступает в качестве более эффективного способа преодоления фундаментальных сложностей приведения в норму экологической обстановки в районе и получения антропогенного воздействия, соответствующего общепринятым нормативам [11].

Основной целью социально-экономической политики любой территории должен стать переход на траекторию стабильного позитивного развития по основным параметрам социального, экономического и экологического характера [12]. Ситуационный анализ данных полученной модели от муниципального до республиканского уровня организации геосистем включает в себя следующие этапы: мощность и энергия геосистем, экологическая емкость, антропогенная нагрузка, мера устойчивости, модель потоков энергии в устойчивых и искаженных геосистемах, механизмы восстановления устойчивости геосистем через рентные платежи. Все этапы оценок пронизывает сквозная идея – энерго-демографический подход системного моделирования геосистем [5]. Такой подход реализует известную идею В.И. Вернадского о необходимости выбора единой системы единиц соизмерения производительных и природных потенциалов на энергетической основе, поскольку количественные оценки любых процессов и потоков в материальных системах имеют энергетическое выражение. Вместе с тем демографический фактор, т.е. плотность и численность населения, является регулятором материальных потоков в энергетическом соизмерении в системе «человек – природа», а также мерой оценки устойчивости этого взаимодействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Вернадский В.И. Химическое строение Биосферы Земли и ее окружения. Москва: Наука, 2001. 376 стр.
- Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Москва: Юнити, 2001. 566 с.
- Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. Москва: ВИНТИ, 1995. 472 с.
- Поздняков Д.В., Тикуннов В.С., Федотов А.П. Разработка и картографирование интегральных показателей устойчивого развития стран мира // Вестник Московского Университета. Сер. 5. География. 2003. N 2. С. 19–29.
- Ахмедова Л.Ш., Гасанов Ш.Ш. Биоразнообразие и устойчивость экосистем. Махачкала: Изд-во «АЛЕФ», 2015. 210 с.
- Одум Ю. Основы экологии/пер. с англ. Москва, 1975. 740 с.
- Ахмедова Л.Ш., Раджабова Р.Т., Гусейнова Н.О., Курамагомедов Б.К. Геоэкологическая оценка устойчивого развития Республики Дагестан с использованием нормирования антропогенной нагрузки // Юг России: экология, развитие. 2015. Т. 10. N 1. С. 177–184. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2015-1-177-184>
- Карта Кизилюртовского района. URL: https://mapfx.org/гугл_карта_кизилюртовский_район.html (дата обращения: 23.11.2024)
- Идзиев Г.И., Ахмедова Л.Ш., Атаев З.В., Бекшокова П.М. Новая региональная промышленная политика и проблемы экологии // Юг России: экология, развитие. 2023. N 3. С. 161–169. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-3-161-169>
- Сборник ЦСУ по РД Госкомстата «Социально – экономическое положение Республики Дагестан (Январь – декабрь 2000–2024 гг.)».
- Раджабова Р.Т., Ахмедова Л.Ш. Оценка природно-антропогенного воздействия на эко- и геосистемы зоны водохранилища Ирганайской ГЭС по данным дистанционного зондирования // Юг России: экология, развитие. 2024. Т. 19. N 3. С. 193–203. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-3-19>
- Исмиханов З.Н., Абдурахманов Г.М., Гаджиев А.А., Даудова М.Г., Раджабова Р.Т., Теймуров А.А., Иванушенко Ю.Ю. Моделирование параметров социо-эколого-экономического устойчивого развития территории (на примере Унцуккульского района Республики Дагестан) // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. N 1. С. 9–20. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-1-9-20>

REFERENCES

- Vernadsky V.I. *Khimicheskoe stroenie Biosfery Zemli i ee okruzeniya* [Chemical structure of the Earth's biosphere and its environment]. Moscow, Nauka Publ., 2001, 376 p. (In Russian)
- Akimova T.A., Khaskin V.V. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow, Unity Publ., 2001, 566 p. (In Russian)
- Gorshkov V.G. *Fizicheskie i biologicheskie osnovy ustoichivosti zhizni* [Physical and biological foundations of life sustainability]. Moscow, VINITI Publ., 1995, 472 p. (In Russian)
- Pozdnyakov D.V., Tikunov V.S., Fedotov A.P. Development and mapping of integrated indicators of sustainable development of countries of the world. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography]. 2003, no. 2, pp. 19–29. (In Russian)
- Akhmedova L.Sh., Gasanov Sh.Sh. *Bioraznoobrazie i ustoichivost' ehkosistem* [Biodiversity and sustainability of ecosystems]. Makhachkala, ALEF Publ., 2015, 210 p. (In Russian)
- Odum Yu. *Osnovy ehkologii* [Fundamentals of ecology]. Moscow, 1975, 740 p. (In Russian)
- Akhmedova L.S., Radzhabova R.T., Guseynova N.O., Kuramagomedov B.M. Geocological evaluation of sustainable development of the Republic of Dagestan and normalizing the anthropogenic burden. *South of Russia: ecology, development*, 2015, vol. 10, no. 1, pp. 177–184. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2015-1-177-184>
- Karta Kizilyurtovskogo raiona* [Map of Kizilyurt district]. Available at: https://mapfx.org/гугл_карта_кизилюртовский_район.html (accessed 23.11.2024)
- Idziev G.I., Akhmedova L.Sh., Bekshokova P.A., Ataev Z.V. New regional industrial policy and environmental problems. *South of Russia: ecology, development*, 2023, vol. 18, no. 3, pp. 161–169. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-3-161-169>
- Sbornik TSSU po RD Goskomstata «Sotsial'no – ehkonomicheskoe polozhenie Respubliki Dagestan (Yanvar' – dekabr' 2000–2024 gg.)»* [Collection of the Central Statistical Office of the Republic of Dagestan of the State

Statistics Committee "Socio-economic situation of the Republic of Dagestan (January – December 2000–2024)". (In Russian)

11. Radzhabova R.T., Akhmedova L.Sh. Assessment of natural and anthropogenic impacts of the Irganay Hydroelectric Power Station reservoir zone on eco- and geosystems using remote sensing data, Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*, 2024, vol. 19, no. 3, pp. 193–203. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-3-19>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Лейла Ш. Ахмедова провела статистическую обработку. Гаджимурад И. Идзиев редактировал рукопись до подачи в редакцию. Раисат Р. Раджабова, собрала и обработала материал. Зарима И. Солтанмурадова предложила концепцию и дизайн исследования. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

12. Ismikhhanov Z.N., Abdurakhmanov G.M., Gadzhiev A.A., Daudova M.G., Radzhabova R.T., Teymurov A.A., Ivanushenko Yu.Yu. Modeling the parameters of socio-ecological and economic sustainable development of the territory (on the example of the Untsukulsky District of the Republic of Dagestan). *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 1, pp. 9–20. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-1-9-20>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Leyla Sh. Akhmedova undertook statistical processing. Gadzhimurad I. Idziev edited the manuscript before submitting it to the Editor. Raisat R. Radzhabova collected and processed the material. Zarima I. Soltanmuradova proposed the concept and design of the study. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Лейла Ш. Ахмедова / Leyla Sh. Akhmedova <https://orcid.org/0000-0003-1347-1429>

Зарима И. Солтанмурадова / Zarima I. Soltanmuradova <https://orcid.org/0000-0032-3018-9097>

Гаджимурад И. Идзиев / Gadzhimurad I. Idziev <https://orcid.org/0000-0002-0109-3048>

Раисат Р. Раджабова / Raisat R. Radzhabova <https://orcid.org/0000-0002-3729-9224>