Научная статья
УДК 332.14:330.15:504
doi: 10.55186/25876740_2026_69_6_895

ИНСТРУМЕНТЫ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ БИОЭКОНОМИКИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ (НА МАТЕРИАЛАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

С.В. Ревунов, Р.В. Ревунов

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки научно-обоснованной методики, позволяющей оценить биоэкономику субъекта Российской Федерации не только по критериям объёмов производства биологического сырья и продукции, но и по степени сформированности региональных цепочек создания стоимости, уровню научно-технологической обеспеченности, глубине интеграции циркуляционных моделей управления ресурсами, транспортной доступности, климатической устойчивости и социально-экономической интеграции в структуру межрегиональной связанности. Цель исследования — разработка математической модели методики оценки уровня сформированности биоэкономики региона и её апробации на материалах Ростовской области. Критерием сформированности региональной биоэкономики следует считать способность территории перманентно преобразовывать возобновляемые биологические ресурсы и биотехнологические знания в продукцию и услуги с высокой добавленной стоимостью при условии соблюдения экологических ограничений и достижения значимых социально-экономических эффектов. В основе методологии определения интегрального индекса сформированности региональной биоэкономики лежит верификация следующих индикаторов: биоресурсного территориального потенциала, экономической реализации и глубины интеграции в стоимостные цепочки, научно-технологической и кадровой обеспеченности, циркуляционности и экологической эффективности в управлении ресурсами, транспортно-логистической связанности, климатической и экосистемной устойчивости, развитости институциональной и социальной сред. Для агрегирования использованы робастное нормирование, взвешенное геометрическое среднее, веса рассчитаны многокритериальными методами оценки. Демонстрационная апробация определила для Ростовской области оценку 59,3 балла из 100 при сценарном диапазоне 53,8-64,6 балла**.** Ресурсно-логистический потенциал составил 84,1 балла, климатически скорректированный потенциал — 69,1 балла, фактическая реализация — 55,4 балла, трансформационный разрыв — 28,6 пункта. Результат характеризует биоэкономику региона, как находящуюся в пределах верхней границы стадии формирования. Основные преимущества Ростовской области — обширный агропромышленный кластер, наличие инфраструктуры переработки, научно-технологический потенциал и мультимодальная логистика. Основные ограничения — климатические и водные риски, дезорганизация потоков вторичной биомассы, недостаточный уровень интеграции циркуляционных моделей управления и разрыв между исследованиями и их коммерциализацией.

Ключевые слова: региональная биоэкономика, эконометрические индикаторы, управление ресурсами, устойчивое развитие, Ростовская область, биотехнологии

Б***лагодарности:*** статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации.

Original article

TOOLS FOR ASSESSING THE DEVELOPMENT OF BIOECONOMY AT THE REGIONAL LEVEL (BASED ON THE MATERIALS OF THE ROSTOV REGION)

S.V. Revunov, R.V. Revunov

Financial University under the Government of the Russian Federation,
Moscow, Russia

Abstract. The relevance of the study is due to the need to develop a scientifically based methodology that allows assessing the bioeconomy of the subject of the Russian Federation not only according to the criteria of production volumes of biological raw materials and products, but also according to the degree of formation of regional value chains, the level of scientific and technological security, the depth of integration of circulation models of resource management, transport accessibility, climate stability and socio-economic integration into the structure of interregional connectivity. The purpose of the study is to develop a mathematical model of the methodology for assessing the level of formation of the bioeconomy of the region and its testing on the materials of the Rostov region. The ability of the territory to permanently transform renewable biological resources and biotechnological knowledge into products and services with high added value should be considered a criterion for the formation of the regional bioeconomy, provided that environmental restrictions are met and significant socio-economic effects are achieved. The methodology for determining the integral index of regional bioeconomy formation is based on the verification of the following indicators: bioresource territorial potential, economic implementation and depth of integration into value chains, scientific and technological and personnel security, circulation and ecological efficiency in resource management, transport and logistics connectivity, climate and ecosystem stability, development of institutional and social environments. For aggregation, robust normalization, weighted geometric mean, and weights are calculated using multi-criteria evaluation methods. Demonstration testing determined for the Rostov region a score of 59.3 points out of 100 with a scenario range of 53.8-64.6 points. The resource-logistic potential was 84.1 points, the climate-corrected potential was 69.1 points, the actual realization was 55.4 points, and the transformation gap was 28.6 points. The result characterizes the bioeconomy of the region as being within the upper boundary of the formation stage. The main advantages of the Rostov region are an extensive agro-industrial cluster, the availability of processing infrastructure, scientific and technological potential and multimodal logistics. The main limitations are climate and water risks, disorganization of secondary biomass flows, insufficient level of integration of circulation control models, and a gap between research and their commercialization.

Keywords: regional bioeconomy, econometric indicators, resource management, sustainable development, Rostov region, biotechnology

Acknowledgments: the article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budget funds under the state mandate of the Financial University

© Ревунов С.В., Ревунов Р.В., 2026

Введение. Биоэкономика как инновационная парадигма управления ресурсами объединяет в своей структуре следующие показатели: производство возобновляемых биологических ресурсов, глубину переработки, получение продукции с высокой добавленной стоимостью, в частности, кормов, материалов, лекарственных средств и биоэнергии, а также углубление знаний о функционировании биологических систем. В научной литературе выделяют следующие подходы, формирующие базовые методологические представления о биоэкономике: биотехнологический, акцентирующий внимание на научных исследованиях и коммерциализации биотехнологических разработок; биоресурсный, ориентированный на технологиях переработки биомассы и создании новых цепочек стоимости; биоэкологический, интегрирующий циркуляционные методы управления ресурсами в биоэкономику для целей сохранения биоразнообразия экосистем.

Основным источником биомассы как основного ресурса и объекта управления в биоэкономике является сельское хозяйство. Однако наличие развитого аграрного сектора в исследуемом регионе само по себе ещё не означает сформированной биоэкономики. Субъект РФ может производить значительные объёмы сельскохозяйственной продукции и биоресурсов, при этом экспортировать их преимущественно в необработанном виде, в то же время, обладать достаточно слабой интеграцией достижений науки в производственный сектор, минимально вовлекать вторичные ресурсы в товарно-промышленный оборот и быть в высокой степени уязвимой к климатическим изменениями.

В настоящем исследовании уровень сформированности биоэкономики региона определяется как интегральный показатель, определяющий, в какой степени возобновляемые биологические ресурсы, научно-технологический потенциал, инфраструктура, институты и предпринимательские компетенции образуют устойчивые взаимосвязанные цепочки создания стоимости на всех этапах получения биопродукции.

Необходимость уточнения методологического аппарата биоэкономики обусловлена требованиями национального проекта «Технологическое обеспечение биоэкономики» [1] и инициативы «Научно-технологическая поддержка развития биоэкономики» [2], реализация которых рассчитана на 2026-2030 гг. и предусматривает разработку и внедрение российских наукоёмких технологий в биотехнологическую отрасль, а также развитие методологического и кадрового обеспечения биоэкономики. Целью исследования считаем разработку и демонстрационную апробацию научно обоснованной методики интегральной оценки сформированности биоэкономики региона с учётом территориально-географических, транспортно-логистических, научно-технологических и социально-экономических особенностей Ростовской области. В качестве объекта исследования выступает региональная биоэкономическая система Ростовской области, предмет исследования — методы идентификации, измерения и интегральной оценки факторов, определяющих уровень сформированности региональной биоэкономики.

Материалы и методы. В отечественной и зарубежной литературе существует несколько подходов для оценки и ранжирования отраслей биоэкономики. В рамках стоимостного подхода, описанного в исследованиях T. Ronzon, S. Piotrowski, R. M'Barek и M. Carus [3, 4], предложено оценивать биологическую составляющую выпуска отдельной единицы продукции, а затем агрегировать её по отраслям. К преимуществам данного подхода можно отнести воспроизводимость на основе данных официальной статистики, к ограничениям — недостаточный учёт экологических и пространственно-территориальных ограничений. В развитие интегральной и многокритериальной оценочных методик J. Kot и E.M. Kraska [5] предложили синтетический показатель развития биоэкономикии, агрегированный по критериям объёма производства биоресурсов, уровню инновационного развития регионального сектора биотехнологий и достигнутому экономическому результату, провели апробацию на некоторых регионах Республики Польши. Авторы отбирали признаки с коэффициентом корреляции не выше 0,7, определяли веса пропорционально коэффициентам вариации, нормировали данные и выделяли три группы регионов. В более поздних исследованиях P. Kalimeris [6] методами TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) было уточнено и расширено до 41 количество показателей, методологически пригодных для региональных сопоставлений уровня сформированности биоэкономики.

В исследовании российского учёного-экономиста А.М. Костинова [7] отражён стоимостной подход, гармонизированный с методиками Европейского Союза [8, 9] в части учёта валовой добавленной стоимости биопродукции и производительности труда. Т.Ю. Анопченко, С.В. Ревунов и Р.В. Ревунов [10] предложили методику многофакторной оценки биоэкономического потенциала сельских поселений с учётом социально-эколого-экономических особенностей и производственно-логистических связей. Разработанный вышеупомянутыми авторами подход особенно важен для пространственно неоднородных аграрных регионов, но требует уточнения с помощью дополнительных показателей, специфических для конкретного региона. Таким образом, ни одна из рассмотренных методик не обеспечивает комплексного учёта факторов, формирующих региональную структуру биоэкономики.

Для апробации методики использованы данные за 2019-2024 годы. Показатели ВРП относятся к 2023 г., а оперативные производственные, научные и инвестиционные характеристики преимущественно к 2024 г. Информационная база — данные Ростовстата [11], отчёт о деятельности Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области за 2024 год. [12]. При формировании модели применены системный и сравнительный анализ, отраслевое и продуктовое картирование, индексный метод, робастное нормирование, CRITIC-анализ (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) [13, 14], метод анализа иерархий (AHP-метод), геометрическое агрегирование, сетевой и GIS-анализ, задача минимальной стоимости потоков, климатический риск-анализ, сценарный анализ и панельная эконометрическая валидация.

Результаты и обсуждение. Для выбора ключевых индикаторов сформированности региональной биоэкономики предлагается, на первом этапе, сформировать отраслевые границы [15,16]. В модели предполагается разграничить три группы отраслей:

1) Полностью биоресурсные — сельское и лесное хозяйство, рыбоводство и аквакультуру, пищевую промышленность, производство и переработку кормов, деревообрабатывающий сектор
2) Обеспечивающие — научно-образовательный, информационно-коммуникационный, инжиниринговый и транспортно-логистические сектора,
3) Смешанные — химия, фармацевтика, энергетика, обращение с отходами. В индекс входит та часть выпуска продукции отраслей, которая основана на биологическом сырье или биотехнологических процессах.

Валовая добавленная стоимость биоэкономики региона определяется формулой:

$$GVA_r^{bio} = \sum_{s=1}^{S} \hat{b}_{rs} \times GVA_{rs} \quad , \qquad (1)$$

где GVA_r^{bio} — валовая добавленная стоимость биоэкономики региона, характеризует итоговую оценку биоэкономической ВДС региона *r,*

GVA_{rs} — добавленная стоимость отрасли *s* в регионе *r,*

$\hat{b}_{rs} \in [0;1]$ — региональный коэффициент биологической составляющей, показывает, какая доля ВДС отрасли *s* в регионе *r* относится к биоэкономике.

Для смешанных отраслей доля биологической составляющей в продукции может быть рассчитана по формуле:

$$b_{rs} = \frac{\sum_{p \in s} y_{rsp} \times Q_p}{\sum_{p \in s} y_{rsp}} \quad , \qquad (2)$$

где Y_{rsp} — выпуск отраслью продукта *p,*

Q_p — доля биологического сырья или биотехнологического процесса в продукте,

$p \in s$ — выпускаемая единица продукции *p* относится к отрасли *s.*

При недостатке данных региональной статистики применяется процедура сглаживания к общероссийскому коэффициенту. Объём произведённой биомассы нельзя полностью считать ресурсом биоэкономики. Так как часть побочных продуктов сельского хозяйства остаётся в почве, используется в качестве корма или включается в потери при сборе и транспортировке, следует учесть тот объём биомассы, который может быть непосредственно использован в хозяйственном обороте без ущерба окружающей среде. Объемы экологически доступной вторичной биомассы можно оценить по формуле:

$$SB_r = \sum_{m=1}^{M} Q_{rm} \times \rho_m \times a_m \max(0; 1 - f_m - c_m - l_m) \ , \qquad (3)$$

где SB_r — объём экологически доступной биомассы,

Q_{rm} — объём производства основной продукции,

ρ_m — коэффициент образования вторичной биомассы,

ρ_m — техническая доступность сбора,

f_m — доля кормового и хозяйственного использования,

c_m — доля биомассы, необходимая для поддержания органического углерода и плодородия почв,

l_m — потери при сборе, хранении и перевозке,

m — отрасль региональной биоэкономики.

Таблица 1. **Расчёт весов, нормирование и агрегирование блоков**
Table 1. **Peculiarities of the Rostov region taken into account in the model**

Показатель/процедура	Формула	Интерпретация результатов
Нормирование	Показатель-стимулятор: $x_{rjt} = clip(\frac{x_{rjt} - P_5(x_j)}{P_{95}(x_j) - P_5(x_j)}, 0,1)$ Показатель-дестимулятор: $x_{rjt} = clip(\frac{P_{95}(x_j) - x_{rjt}}{P_{95}(x_j) - P_5(x_j)}, 0,1)$	Предлагается использовать не абсолютные минимум и максимум, а 5-й и 95-й процент или распределения показателя по сопоставляемым регионам и годам. Для показателей с нормативным или оптимальным интервалом применяется функция расстояния до целевого значения показателя. Изъятие биоресурса оценивается относительно экологически допустимого диапазона.
Определение весов	Сочетание метода CRITIC и метода анализа иерархий: $\omega_{kj} = \gamma \times \omega_{kj}^{CRITIC} + (1-\gamma) \times \omega_{kj}^{AHP}, \quad \gamma = 0,6$ Информационная значимость показателя по методу CRITIC: $C_j = \sigma_j \times \sum_{l=1}^{m}(1 - r_{jl}), \omega_j^{CRITIC} = \frac{C_j}{\sum_j C_j}$ σ_j — вариация показателя, r_{jl} — корреляция показателя с другими переменными	Вес возрастает, если показатель одновременно различается между регионами и содержит информацию, не дублируемую другими переменными. В AHP-методе участвуют представители науки, предприятий, органов власти, сельского хозяйства, переработки и экологических организаций. Коэффициент согласованности экспертной матрицы должен быть меньше 0,1. Показатели с $\lvert r \rvert > 0,8$ или фактором инфляции дисперсии *VIF > 5* объединяются или исключаются из выборки.
Агрегирование блоков	Блоковый индекс рассчитывается как взвешенное геометрическое среднее: $B_{rk} = \prod_{j=1}^{m_k} \max(z_{rkj}, \varepsilon)^{\omega_{kj}}, \varepsilon = 0,01$	Геометрическая форма выбрана потому, что она ограничивает компенсацию. К примеру, развитая портовая инфраструктура не должна полностью компенсировать критически низкую климатическую устойчивость или отсутствие инфраструктуры переработки вторичной биомассы.

Предлагаемая оценочная методология позволяет предотвратить завышение регионального биоэкономического потенциала за счёт предположения, что не вся биомасса свободна для дальнейшей переработки.

Предлагаемый индекс сформированности биоэкономики региона (ИСБР) агрегируется по семи блокам, которые учитывают социально-экономические особенности Ростовской области, в той или иной степени формирующие конур региональной биоэкономики. В таблице 1 представлена методология расчёта весов, нормирования и агрегирования блоков.

Транспортно-логистическая связанность в регионе может быть учтена в модели, приняв во внимание следующие факты. Биомасса неоднородно рассредоточена по региону и имеет ограниченные сроки хранения. Поэтому расстояние до переработчика и транспортные потери могут определять реализуемость того или иного проекта сильнее, чем валовой объём полученного биосырья. Для каждой региональной биоэкономической ячейки *g* рассчитаем показатель доступности транспортных узлов:

$$A_g = \sum_{n=1}^{N} \hat{q}_n \times \exp\left(-\frac{t_{gn}}{\tau_n}\right), \qquad (4)$$

где A_g — индекс доступности транспортных узлов,

$\hat{q}_n$ — пропускная мощность транспортного узла или перерабатывающего предприятия,

t_{gn} — фактическое время перевозки от ячейки *g* до объекта *n*,

g — региональная биоэкономическая ячейка (муниципалитет, район) — территория происхождения биомассы,

n — конкретный логистический или перерабатывающий узел, *N* — общее количество учитываемых узлов.

Показатель транспортно-логистической связанности применительно к региону может быть рассчитан

$$L_r = \frac{\sum_g \omega_g \times A_g}{\sum_g \omega_g} \qquad (5)$$

ω_g — объём экологически доступной биомассы в региональном *g*-ом биотехнологическом кластере/ячейке.

Влияние климатических факторов, включающих ресурсосберегающие и оборотные технологии водопотребления, страхование рисков, выращивание адаптивных сортов культур, лесомелиорацию, сохранение влаги в почве, раннее предупреждение и резервирование логистики с учётом адаптационной способности региональных экосистем, может быть рассчитано по формуле:

$$B_{6r} = (1 - CR_r)^{0,6} \times AC_r^{0,4} \quad , \qquad (6)$$

где для потенциально опасного явления *h* совокупный климатический риск рассчитывается $CR_r = \sum_h \pi_h \times R_{rh}$, $R_{rh} = P_{rh} \times E_{rh} \times V_{rh}$, P_{rh} — вероятность негативного климатического явления,

E_{rh} — доля сельскохозяйственных земель, предприятий, водных объектов и инфраструктуры в зоне воздействия,

V_{rh} — уязвимость биоэкономической деятельности,

π_h — показывает, насколько значим конкретный вид климатической угрозы для биоэкономики региона,

R_{rh} — частный риск от явления *h* в регионе *r*,

CR_r — совокупный экологический риск региона *r*,

AC_r — адаптационная способность региона *r*.

Коэффициенты 0,6 и 0,4 в формуле климатической устойчивости являются предварительными авторскими весами. Они отражают предположение о более высокой значимости объективной климатической безопасности по сравнению с адаптационной способностью региона в соотношении 60:40. Значения не получены непосредственно из статистических данных Ростовской области и подлежат уточнению методами анализа иерархий, экспертной оценки либо эконометрической калибровки.

Корректировка на климатический риск и наличие регионального плана адаптации к нему повышает ИСРБ, но не устраняет объективные причины, определяющие климатическую и ресурсную динамику.

Итоговый интегральный индекс региона с учетом корректировки на экологические риски может быть представлен следующей формулой:

$$I_r = 100 \times S_r \prod_{k=1}^{7} B_{rk}^{\alpha_k} \quad , \qquad (7)$$

где $S_r = \prod_m [\min(1, \frac{\tau_m}{q_{rm}})]^{\eta_m}$ — корректировка индекса сформированности биоэкономики, если регион *r* превышает пороговый уровень экологической нагрузки,

$S_r \in (0;1]$ — совокупный коэффициент экологической нагрузки,

m — число учитываемых экологических ограничений,

η_m — значимость соответствующего экологического ограничения,

τ_m — критический порог региональной экологической нагрузки,

q_{rm} — фактическая экологическая нагрузка вида *m* в регионе *r*,

B_{rk} — нормированная оценка блока *k* в регионе *r*,

a_k — весовой коэффициент блока *к*,

I_r — интегральный индекс сформированности биоэкономики в регионе *r*.

В таблицах 1 и 2 представлена информация о структуре блоков, формирующих ИСРБ, а также особенностях Ростовской области, влияющих на присвоение весовых коэффициентов при расчёте интегрального показателя.

Полноценное применение методики предполагает построение сопоставимой панели всех субъектов РФ и расчёт 35-45 базовых индикаторов. В настоящем исследовании выполнена демонстрационная экспертно-статистическая калибровка по доступным официальным данным для Ростовской области(табл.3). Для показателей, по которым отсутствуют полные региональные ряды, использованы интервальные оценки.

До расчёта интегрального индекса ИСБР, введём предварительную оценочную шкалу интерпретации ИСБР для Ростовской области (табл.4).

Окончательный расчёт интегрального ИСРЭ для Ростовской области при условии не превышения пороговых значений экологического риска ($S_r = 1$) для региональных экосистем:

$$I_{RO} = 100 \times 0,82^{0,16} \times 0,68^{0,20} \times 0,61^{0,16} \times$$
$$\times 0,38^{0,16} \times 0,88^{0,12} \times 0,38^{0,12} \times 0,55^{0,08} = 59,3$$

По предварительной оценочной шкале рассчитанный балл соответствует верхней границе формирующейся региональной биоэкономике. Расчёт по нижним границам блоков даёт 53,8 балла, по верхним — 64,6 балла. Данные показатели следует интерпретировать как

диапазон сценарной чувствительности к неполноте статистической информации и экспертных предпосылок. При присваивании равных весов у всех семи блоков, определяющих ИСБР Ростовской области, результат составит 58,6 балла. Следовательно, результат калибровки не определяется исключительно выбранной системой весов. Арифметическая агрегация блоков, формирующих ИСБР, демонстрирует результат в 62,1 балла. Разница обусловлена тем, что нормирование по методу геометрического среднего снижает итоговую оценку в связи с тем обстоятельством, что Ростовская область дисбалансирована по следующим показателям, отражаемым при моделировании в виде весовых коэффициентов, а именно слабой интеграцией циркуляционных моделей управления ресурсами и достаточно сильным влиянием климатических факторов с одной стороны, с другой — наличием мощного ресурсно-логистического регионального каркаса.

Обсуждение результатов. Отраслевой подход, основанный на учёте доли сельского хозяйства и пищевой промышленности в регионе, а также уровне занятости в вышеперечисленных секторах экономики, вероятно, отнёс бы Ростовскую область к наиболее развитым биоэкономическим регионам. Полученный в исследовании итоговый ИСРБ демонстрирует более сдержанный результат, поскольку значительные объёмы выпуска сельскохозяйственной биопродукции не всегда коррелируют наличием в исследуемом регионе инфраструктуры глубокой переработки, сформированных и устойчиво функционирующих биотехнологических производств, генерирующих постоянные объёмы органического вещества в благоприятных климатических условиях. В более предметном анализе относительно других регионов, объективным преимуществом Ростовской области является синергия ключевых элементов, формирующих каркас региональной биоэкономики: аграрной базы, перерабатывающей промышленности и мультимодальной логистики.

Таблица 1. **Блоки, формирующие ИСБР и их весовые коэффициенты**
Table 1. **Blocks forming ISBR and their weighting coefficients**

Блок	Название блока	Вес $\alpha_к$	Основные показатели
B_1	Биоресурсно-территориальный потенциал	0,16	Экологически доступная биомасса, диверсификация растениеводства и животноводства, аквакультура, продуктивность земель; устойчивость сырьевой базы
B_2	Экономическая реализация и цепочки стоимости	0,20	Доля био-ВДС в структуре ВРП, производительность труда, отношение переработки к первичному производству, доля высокотехнологичных биопродуктов, инвестиции и экспортный потенциал
B_3	Наука, технологии и человеческий капитал	0,16	Биотехнологические НИОКР, число исследователей, количество патентов, подготовка кадров, кооперация науки и производства, наличие пилотных и демонстрационных мощностей
B_4	Циркуляционность и экологическая эффективность	0,16	Использование побочной биомассы, каскадная переработка, биокомпостирование, биотопливо, биоудобрения и биоматериалы, оборотное водопользование, отходо- и углеродоёмкость био-ВДС
B_5	Транспортно-логистическая связанность	0,12	Стоимость и время доставки биомассы, доступность перерабатывающих узлов, наличие портов, железных дорог, элеваторов, холодильных мощностей; мультимодальность логистики и резервирование маршрутов
B_6	Климатическая и экосистемная устойчивость	0,12	Негативные погодные условия, влияющие на урожайность
B_7	Институциональная и социальная обеспеченность	0,08	Региональная политика по поддержке сельхозпроизводителя, заработная плата и сельская занятость, подготовка кадров, обеспечение продовольственной безопасность

Таблица 2. **Особенности Ростовской области, учитываемые в модели**
Table 2. **Peculiarities of the Rostov region taken into account in the model**

Особенность региона	Эмпирические данные/критерии выставления весового коэффициента	Ограничения
Территориально-географическое положение	Территория области — 100967 км²; сельскохозяйственные угодья занимают около 84,3%, леса — 2,9%, водные пространства — 3,4%	Высокое значение веса блока B_1, но преимущественно аграрная, а не лесная структура биомассы Необходимость учитывать пространственную рассредоточенность ресурсов
Структура экономики	ВРП за 2023 г. составил 2693,2 млрд руб. Обрабатывающие производства формировали 21,5% ВРП, сельское, лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство — 16,7%, транспортировка и хранение — 7,1%.	Сочетание сырьевой базы, инфраструктуры переработки и логистики формирует предпосылки для межотраслевой биоэкономической связанности. Недостаток эмпирических данных для формального описания конура биоэкономической структуры
Сельское хозяйство	В 2024 г. произведено сельхозпродукции на 380,6 млрд руб., индекс производства составил 79,3%. Собрано около 11,6 млн т зерновых и 1,57 млн т подсолнечника.	Высокий биоресурсный потенциал Волатильность урожайности вследствие климатической динамики
Пищевая переработка	Индекс производства пищевых продуктов в 2024 г. — 102,1%, напитков — 112,9%, объём отгруженной пищевой продукции и напитков оценивается в 322,9 млрд руб.	Влияет на присвоение блоку B_2 наивысшего весового коэффициента. Не учитывает долю глубокой биохимической переработки
Транспорт и экспорт	Железнодорожная сеть связана с морскими портами Азово-Черноморского бассейна, в Ростове-на-Дону функционирует транспортно-логистический центр. В 2024 г. завершено расширение зернового терминала в порту Азова до 7 млн т в год.	Положительное влияние на блок B_5. Риск закрепления сырьевой экспортной специализации региона.
Наука и кадры	В 2024 г. исследования выполняли 86 организаций, внутренние затраты на НИОКР достигли 20,2 млрд руб., численность персонала — 11,2 тыс. человек, исследователей — 5 тыс., в сельском хозяйстве исследованиями занимались 232 учёных.	Существенный научный потенциал, положительное влияние на формирование весового коэффициента блокаB_3.Требуется дополнительная верификация биоэкономических НИОКР и результатов коммерциализации.
Инфраструктура циркуляционной биоэкономики	На момент наблюдений в регионе действовали три межмуниципальных отходоперерабатывающих комплекса, включающих сортировку и площадки для биокомпостирования. За первое полугодие 2024 г. направлено на переработку более 50 тыс. т вторичного сырья.	Наличие инфраструктурной основы, но недостаточность эмпирических данных о динамике сельскохозяйственных и пищевых биоотходов.
Органическое производство	По итогам 2024 г. в Ростовской области было 4 сертифицированных производителя органической продукции, тогда как в регионах-лидерах — от 12 до 21.	Дополнительный индикатор экологической институционализации. Показатель может быть интегрирован в структуру блока циркуляционной биоэкономики и не является самостоятельным критерием оценки.
Климат	Региональный план адаптации фиксирует рост средней температуры примерно на 0,38 °C за десятилетие, высоковероятны риски засухи, сильной жары, пожаров, экстремальных осадков, опустынивания и уменьшения водности реки Дон.	Понижает весовой коэффициент блока B_6. Требует корректировки биоресурсного потенциала региона с учётом климатического фактора.
Социально-институциональная среда	В 2024 г. поддержку получили 1351 сельхозпроизводитель, сопровождались 36 инвестиционных проектов на 185 млрд руб. Средняя заработная плата в сельскохозяйственных организациях составляла 93,3% относительно среднерегионального уровня.	Наличие инструментов поддержки отрасли, сохраняется разрыв в оплате труда в отрасли. Необходимость в специализированных регуляторных и координационных мероприятиях в рамках региональной политики.

Таблица 3. **Результаты демонстрационной экспертно-статистической калибровки ИСРБ Ростовской области**
Table 3. **Results of demonstration expert-statistical calibration of ISRB of Rostov region**

Блок	Название блока	Вес	Средний балл	Сценарный интервал	Интерпретация результатов	Методика оценки потенциала и реализации
B_1	Биоресурсно-территориальный потенциал	0,16	0,82	0,78-0,86	Очень крупная аграрная база и разнообразие биоресурсов	Ресурсно-логистический потенциал: $P_r^{RL} = 100 B_{1r}^{0,65} B_{5r}^{0,35}$ Климатически скорректированный потенциал: $P_r^{RLC} = 100 B_{1r}^{0,45} B_{5r}^{0,3} B_{6r}^{0,25}$ Уровень фактической реализации: $A_r = 100 B_{2r}^{0,35} B_{3r}^{0,25} B_{4r}^{0,25} B_{7r}^{0,15}$ Трансформационный разрыв: $G_r = P_r^{RL} - A_r$ При $G_r > 0$ регион недоиспользует собственные ресурсы и инфраструктуру, $G_r < 0$ — характерно для регионов-переработчиков привозных биоресурсов и биомассы.
B_2	Экономическая реализация и цепочки стоимости	0,20	0,68	0,63-0,72	Развитая пищевая переработка, но недостаточно наблюдаема доля высокотехнологичных биопродуктов	
B_3	Наука, технологии и человеческий капитал	0,16	0,61	0,56-0,66	Значительный исследовательский сектор при неполной коммерциализации	
B_4	Циркулярность и экологическая эффективность	0,16	0,38	0,32-0,45	Есть отдельные мощности сортировки и биокомпостирования, но нет полного баланса вторичной биомассы и каскадной переработки	
B_5	Транспортно-логистическая связанность	0,12	0,88	0,84-0,91	Порты, железные дороги, автомагистрали, элеваторы и экспортные терминалы	
B_6	Климатическая и экосистемная устойчивость	0,12	0,38	0,32-0,43	Высокая экспозиция к засухе, жаре, пожарам и снижению водообеспеченности	
B_7	Институциональная и социальная включённость	0,08	0,55	0,50-0,60	Развитая поддержка АПК и инвестпроектов, но отсутствует единый публичный счёт и мониторинг региональной биоэкономики	

Таблица 4. **Оценочная шкала интерпретации ИСБР**
Table 4. **Evaluation scale of interpretation of ISBR**

Индекс сформированности биоэкономики региона	Стадия формирования
0-20	Зачаточная стадия формирования биоэкономики
20-40	Фрагментарная биоэкономика
40-60	Формирующаяся биоэкономика
60-80	Сформированная и диверсифицированная экономика
80-100	Зрелая биоэкономика с устойчиво функционирующими циркуляционными моделями управления ресурсами

Наличие профильных научно-образовательных организаций не означает, что весь их потенциал может быть экстраполирован исключительно в биоэкономику. Для повышения эмпирической точности блока B_3 целесообразна его структурная дезагрегация на субпоказатели, а именно биотехнологические и агробиотехнологические НИОКР, патенты, лицензии, опытно-промышленные линии, контракты с предприятиями и выручку от коммерциализации в области биотехнологий.

Наиболее неопределённым с точки зрения объективной оценки является блок циркуляцинного управления ресурсами. В регионе инфраструктура сортировки и биокомпостирования существует, но доступные открытые данные не позволяют составить полный материальный баланс первичных и вторичных биоресурсов. Отсутствие такой статистики само по себе является институциональным ограничением, поскольку методами и средствами региональной политики невозможно управлять биоресурсными потоками, которые невозможно объективно и системно измерить. С учётом территориально-географических и транспортно-логистических особенностей Ростовской области целесообразно формировать несколько взаимосвязанных внутрирегиональных функциональных контуров с выраженным биотехнологическим профилем, например:

1) Ростовско-Азовско-Таганрогский промышленно-логистический контур может специализироваться на глубокой переработке сырья, экспортной логистике готовых биопродуктов, комбикормах, биохимии, аквакультурных кормах и сервисах контроля качества.
2) Муниципальные агробиотехнологические узлы следует размещать вблизи зон, специализирующихся на растениеводстве и животноводстве. Их основная функция — сбор, сушка, сепарация, гранулирование или первичная стабилизация вторичной биомассы до её отправки на крупное предприятие.
3) Климатически уязвимые территории следует ориентировать не на максимизацию валового сбора, а на интеграцию наукоёмких технологий для целей получения продукции с высокой добавленной стоимостью при относительно небольшом физическом объёме.
4) В городской циркуляционный контур Ростовской агломерации целесообразно объединить инфраструктуру производства, переработки и извлечения органических фракций из побочных продуктов пищевой промышленности и ТКО.

Размещение конкретных объектов определяется в основе GIS-модели минимальной стоимости потоков с учётом сезонности, водного баланса, экологических ограничений и иных влияющих факторов.

Выводы. Методология оценки сформированности региональной биоэкономики с учётом производства сельскохозяйственной продукции, занятости в отрасли и доли биотехнологического сектора в структуре валового регионального продукта недостаточна по причине необоснованного повышения в рейтинге сырьевых субъектов в рамках кросс-региональной оценки развития биоэкономических связей. Так как региональная биоэкономика — многокомпонентная структура, включающая набор специфических для конкретного региона взаимосвязанных отраслей, предлагаемая методика объединяет семь блоков: ресурсы, экономическую реализацию, науку и кадры, уровень циркуляционности управления ресурсами, логистику, климатическую устойчивость и институты. Территориально-географические особенности Ростовской области учитываются через пространственное распределение экологически доступной биомассы, транспортные — через сетевую доступность и минимальную стоимость ресурсных потоков, климатические — посредством оценки вероятности опасных природных явлений, уязвимости и адаптационной способности региональных экосистем.

Демонстрационный ИСБР Ростовской области составил 59,3 балла из 100 при сценарном диапазоне 53,8-64,6 балла. Согласно предложенной классификации, биоэкономику региона можно считать формирующейся, близкой к переходу в группу сформированных и диверсифицированных. Ресурсно-логистический потенциал области оценивается в 84,1 балла, этот же коэффициент с учётом климатической корректировки — 69,1 балла, индекс фактической реализации биоэкономического потенциала Ростовской области — 55,4 балла. Трансформационный разрыв 28,6 пункта свидетельствует,

что основная проблема региона заключается не в недостатке биологического сырья или транспортных путей, а в недостаточно полной технологической, циркулярной и институциональной конверсии имеющихся преимуществ.

К преимуществам Ростовской области следует отнести масштаб аграрной отрасли, наличие инфраструктуры переработки отходов пищевой промышленности, портовой, железнодорожной и автомобильной логистики, инвестиционный и научно-образовательный потенциал. В качестве ограничителей следует учитывать климатическую волатильность, водные риски, недостаточную статистическую наблюдаемость региональных потоков вторичных биоресурсов.

Предлагаемая в исследовании модель оценки может быть охарактеризована как интегральная многокритериальная методика оценки уровня сформированности региональной биоэкономики, основанная на адаптации методических рекомендаций по конструированию композитных индексов OECD-JRC (Organisation for Economic Co-operation and Development — Joint Research Centre). Методологическая база может быть расширена индикаторами, специфическими для конкретного региона и использоваться органами государственной власти для межрегионального мониторинга, выбора точек роста биотехнологий и оценки привлекательности инвестиционных проектов.

Список источников

1. Паспорт национального проекта «Технологическое обеспечение биоэкономики». Национальные проекты России: офиц. сайт. http://национальныепроекты.рф/new-projects/bioekonomika / (дата обращения: 26.07.2026).

2. Паспорт федерального проекта «Научно-технологическая поддержка развития биоэкономики». Национальные проекты России: офиц. сайт. http://национальныепроекты.рф/new-projects/bioekonomika/nauchno-tekhnologicheskaya-podderzhka-razvitiya-bioekonomiki/ (дата обращения: 26.07.2026).

3. Ronzon T., Piotrowski S., M'Barek R., Carus M.A. (2017). Systematic Approach to Understanding and Quantifying the EU's Bioeconomy, *Bio-based and Applied Economics*. no. 6(1). pp. 1-17. DOI: 10.13128/BAE-20567.

4. Ronzon T., M'Barek R. (2018) Socioeconomic Indicators to Monitor the EU's Bioeconomy in Transition, *Sustainability.* no 10(6). p. 1745. DOI: 10.3390/su10061745.

5. Kot J., Kraska E.M. (2022) Bioeconomy Development Level at a Macro Scale and from a Regional Perspective in Poland, *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*. no 162, pp. 373–389. DOI: 10.29119/1641-3466.2022.162.21.

6. Kalimeris P., Maroulis G., Koronaios P., Rovolis A. (2025) Circular bioeconomy and the regions: Developing a two-step multi-criteria assessment (MCA) framework to evaluate regional bioeconomy potential in 8 selected European countries, Cleaner and Circular Bioeconomy. no 12, p. 100195. DOI: 10.1016/j.clcb.2025.100195.

7. Костинов А.М., Сапун С.С., Чигирева А.А., Осьмакова А.Г. Оценка развития биоэкономики России и проведение сравнительного анализа со странами Европейского Союза // Биотехнология. 2026. Т. 42, № 2. С. 87-97. DOI: 10.56304/S0234275826020092.

8. FAO. Indicators for Sustainable Bioeconomy: Towards Building a Monitoring and Assessment Framework. Rome. 2025.

9. OECD. Recommendation of the Council on Assessing the Sustainability of Bio-based Products. OECD/LEGAL/0395. 2012.

10. Анопченко Т.Ю., Ревунов С.В., Ревунов Р.В. Совершенствование инструментов оценки вклада биоэкономики в социально-экономическое развитие регионов РФ // Международный сельскохозяйственный журнал. 2026. Т. 69. № 3. С. 345–348. DOI: 10.55186/25876740_2026_69_3_345.

11. Ростовская область в цифрах: Крат. стат. сб. / Ростовстат. Ростов-н/Д, 2025. http://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ростовская_область_2024.pdf (дата обращения: 28.07.2026).

12. Об утверждении отчета о реализации государственной программы Ростовской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» за 2024 год: постановление Правительства Ростовской области от 25 марта 2025 г. № 210. ГАРАНТ. http://base.garant.ru/ (дата обращения: 28.07.2026).

13. Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis L. (1995) Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method, *Computers & Operations Research.* no. 7, pp. 763-770. DOI: 10.1016/0305-0548(94)00059-H.

14. Saaty T.L. (1990) How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research.* no. 1, pp. 9-26. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-I.

15. Scarlat N., Fahl F., Lugato E., Monforti-Ferrario F., Dallemand J.-F. (2019) Integrated and Spatially Explicit Assessment of Sustainable Crop Residues Potential in Europe, *Biomass and Bioenergy,* no 122, pp. 257-269, DOI: 10.1016/j.biombioe.2019.01.021.

16. Ekşioğlu S.D., Acharya A., Leightley L.E., Arora S. (2009) Analyzing the Design and Management of Biomass-to-Biorefinery Supply Chain, *Computers & Industrial Engineering,* no 57(4), pp 1342-1352, DOI: 10.1016/j.cie.2009.07.003.

References

1. *Pasport natsional'nogo proekta «Tekhnologicheskoe obespechenie bioehkonomiki». Natsional'nye proekty Rossii,* http://natsional'nyeproekty.rf/new-projects/bioekonomika / (26.07.2026).

2. *Pasport federal'nogo proekta «Nauchno-tekhnologicheskaya podderzhka razvitiya bioehkonomiki». Natsional'nye proekty Rossii,* http://natsional'nyeproekty.rf/new-projects/bioekonomika/nauchno-tekhnologicheskaya-podderzhka-razvitiya-bioekonomiki/ (26.07.2026).

3. Ronzon T., Piotrowski S., M'Barek R., Carus M.A. (2017). Systematic Approach to Understanding and Quantifying the EU's Bioeconomy, *Bio-based and Applied Economics*. no. 6(1). pp. 1-17. DOI: 10.13128/BAE-20567.

4. Ronzon T., M'Barek R. (2018). Socioeconomic Indicators to Monitor the EU's Bioeconomy in Transition. *Sustainability,* no. 10(6). 1745. DOI: 10.3390/su10061745.

5. Kot J., Kraska E.M. (2022). Bioeconomy Development Level at a Macro Scale and from a Regional Perspective in Poland. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series,* no. 162, pp. 373-389. DOI: 10.29119/1641-3466.2022.162.21.

6. Kalimeris P., Maroulis G., Koronaios P., Rovolis A. (2025). Circular bioeconomy and the regions: Developing a two-step multi-criteria assessment (MCA) framework to evaluate regional bioeconomy potential in 8 selected European countries. *Cleaner and Circular Bioeconomy,* no. 12, p. 100195. DOI: 10.1016/j.clcb.2025.100195.

7. Kostinov A.M., Sapun S.S., Chigireva A.A., Os'makova A.G. (2026). *Otsenka razvitiya bioehkonomiki Rossii i provedenie sravnitel'nogo analiza so stranami Evropeiskogo soyuza* [Assessing the development of the bioeconomy in Russia and conducting a comparative analysis with the countries of the European Union]. *Biotekhnologiya,* no. 42(2), pp 87-97. DOI: 10.56304/S0234275826020092.

8. FAO. Indicators for Sustainable Bioeconomy: Towards Building a Monitoring and Assessment Framework. Rome. 2025.

9. OECD. Recommendation of the Council on Assessing the Sustainability of Bio-based Products. OECD/LEGAL/0395. 2012.

10. Anopchenko T.Yu., Revunov S.V., Revunov R.V. (2026). *Sovershenstvovanie instrumentov otsenki vklada bioehkonomiki v sotsial'no-ehkonomicheskoe razvitie regionov RF* [Improving tools for assessing the contribution of the bioeconomy to the socio-economic development of Russian regions]. *International agricultural journal,* no. 3, pp. 345-348. DOI: 10.55186/25876740_2026_69_3_345.

11. *Rostovskaya oblast' v tsifrakh: Krat. stat. sb. / Rostovstat.* Rostov-n/D, 2025. http://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Rostovskaya_oblast'_2024.pdf (28.07.2026).

12. Ob utverzhdenii otcheta o realizatsii gosudarstvennoi programmy Rostovskoi oblasti «Razvitie sel'skogo khozyaistva i regulirovanie rynkov sel'skokhozyaistvennoi produktsii, syr'ya i prodovol'stviya» za 2024 god: postanovlenie Pravitel'stva Rostovskoi oblasti ot 25 marta 2025 g. № 210. http://base.garant.ru (28.07.2026).

13. Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis L. (1995). Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method. *Computers & Operations Research,* no. 7, pp. 763-770. DOI: 10.1016/0305-0548(94)00059-H.

14. Saaty T.L. (1990) How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, no. 1, pp. 9-26. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-I.

15. Scarlat N., Fahl F., Lugato E., Monforti-Ferrario F., Dallemand J.-F. (2019) Integrated and Spatially Explicit Assessment of Sustainable Crop Residues Potential in Europe. Biomass and Bioenergy, no. 122, pp 257-269, DOI: 10.1016/j.biombioe.2019.01.021.

16. Ekşioğlu S.D., Acharya A., Leightley L.E., Arora S. (2009). Analyzing the Design and Management of Biomass-to-Biorefinery Supply Chain. Computers & Industrial Engineering, no. 57(4), pp. 1342-1352, DOI: 10.1016/j.cie.2009.07.003.

Информация об авторах:

Ревунов Сергей Вадимович, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник института региональной экономики и межбюджетных отношений, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0912-7329, sergeirevunov25@gmail.com

Ревунов Роман Вадимович, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник института региональной экономики и межбюджетных отношений, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0912-7329, rrevunov@mail.ru

Information about the authors:

Sergey V. Revunov, candidate of economic sciences, associate professor, senior research fellow of the institute of regional economics and inter-budget relations, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0912-7329, sergeirevunov25@gmail.com

Roman V. Revunov, candidate of economic sciences, associate professor, leading research fellow of the institute of regional economics and interbudgetary relations, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0912-7329, rrevunov@mail.ru

✉ **sergeirevunov25@gmail.com**