

УДК 620.3:628.4:330.131.7

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/119/14>

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНО-РЕЗИНОВЫХ ОТХОДОВ И БАЗАЛЬТОВЫХ ПОРОД

©Маматов Э. У., ORCID: 0000-0003-4744-7611 SPIN-код: 5186-5359, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, mamatov.elbek@list.ru

ECONOMIC EFFICIENCY OF PRODUCING COMPOSITES FROM POLYMER-RUBBER WASTE AND BASALT ROCKS

©Маматов Е., ORCID: 0000-0003-4744-7611 SPIN-code: 5186-5359, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, mamatov.elbek@list.ru

Аннотация. Оценена стоимость получения композиционного материала на основе полимерных отходов и резины (отходы электротехнических, изоляционных, упаковочных материалов, бытовые и безопасные медицинские отходы) с добавлением базальтовых пород месторождения Кызыл-Кия, Кыргызской Республики. Проанализирована средняя себестоимость изготовления одного листа ламината из полученного материала на основе местных ресурсов. Установлено, что внедрение разработанной технологии позволяет снизить затраты в среднем на 36,04 % по сравнению с импортными аналогами. Приведены тарифы на грузоперевозки по территории Кыргызской Республики и категории потребителей электроэнергии для производства за 2024 год. Рассмотрены особенности налогообложения производства продукции в Кыргызстане.

Abstract. The paper estimates the cost of obtaining a composite material based on polymer waste and rubber (waste from electrical engineering, insulation, packaging materials, household and safe medical waste) with the addition of basalt rocks from the Kyzyl-Kiya deposit in the Kyrgyz Republic. The average cost of manufacturing one laminate sheet from the obtained material based on local resources is analyzed. It was found that the introduction of the developed technology reduces costs by an average of 36.04% compared to imported analogues. The tariffs for cargo transportation on the territory of the Kyrgyz Republic and the categories of electricity consumers for production for 2024 are given. The peculiarities of taxation of production in the Kyrgyz Republic are considered.

Ключевые слова: композиционный материал, отходы, базальтовые горные породы, ламинат, сырье, резина.

Keywords: composite material, waste, basalt rocks, laminate, raw materials, rubber.

С экономической точки зрения, производство композитов на основе вторичных полимерно-резиновых отходов и базальтовых материалов позволяет снизить себестоимость продукции за счет уменьшения затрат на сырье, снизить расходы на утилизацию отходов и одновременно создать продукцию с высокими эксплуатационными характеристиками. Это открывает возможности для внедрения таких материалов в строительстве, транспортной и машиностроительной отраслях, а также в производстве конструкционных элементов с повышенной износостойкостью. Добыча полезных ископаемых — это процесс извлечение твёрдых (металлы, уголь, руда), жидких (нефть) и газообразных (природный газ) ресурсов из

недр Земли. Целесообразно проводить добычу после оценки запасов месторождения с определением их химического состава. В экономике многих стран добыча полезных ископаемых относится к первичному сектору и обеспечивает сырьём множество отраслей промышленности. Добыча полезных ископаемых осуществляется подземным и открытым способом, бурением скважин, а также с морского дна и т. д. [1].

Базальтовые породы относятся к твёрдым материалам в виде горных пород и располагаются в открытых карьерах, например, в месторождениях Кызыл-Кия в Кыргызской Республике. При добыче полезных ископаемых технические средства играют важную роль. Например при загрузке базальтовых горных пород в средства доставки. Средняя расчетная цена добычи и погрузки 1 м^3 базальтовой породы составляет 2000 сом. 1 м^3 базальтовой породы равна около 2,8-3,0 тонны сырья (https://goo.su/WX9deR).

Отсюда стоимость добычи и погрузки делим на количество тонн. т.е. стоимость добычи $1\text{ т} = \text{цена загрузки} / \text{количество т}$, стоимость добычи $1\text{ т} = 2000\text{ сом} / 3\text{ т}$. Отсюда следует, что добыча и погрузка 1 т базальтовой породы составляет 666.7 сом. После добычи, полезные ископаемые транспортируются к месту переработки; базальтовые породы в данном случае доставлено из Кызыл-Кии в город Ош на расстояние около 100 км. Согласно данным Таблицы 1 с тарифами на грузоперевозки по Кыргызской Республике за 2024 г, средняя стоимость доставки 20 т груза на 1 км составляет примерно 80 сом.

Таблица 1

ЦЕНЫ НА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА ПО ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Маршрут	Расстояние	Груз	Ставка	Цена за км
Кызыл-Кия — Военно-Антоновка	604 км	21 т, 30 м ³	42000,00 сом	69,54 сом/км
Шопоков — Джалал-Абад, Ош	609 км	23 т	60000,00 сом	98,52 сом/км
Бишкек — Талас	291 км	22 т, 90 м ³	25000,00 сом	85,91 сом/км
Бишкек — Талас	291 км	20 т, 86 м ³	22000,00 сом	75,60 сом/км
Бишкек — Кызыл-Адыр	348 км	22 т, 90 м ³	25000,00 сом	71,84 сом/км
Ош — Шамалды-Сай	141 км	15 т, 30 м ³	20000,00 сом	141,84 сом/км
Бишкек — Джалал-Абад	622 км	15 т	60000,00 сом	96,46 сом/км
Бишкек — Кызыл-Кия	614 км	17 т, 50 м ³	45000,00 сом	73,29 сом/км
Бишкек — Ош	606 км	20 т, 92 м ³	45000,00 сом	74,26 сом/км
Бишкек — Кербен	504 км	20 т, 92 м ³	40000,00 сом	79,37 сом/км
Бишкек — Токтогул	272 км	20 т, 92 м ³	30000,00 сом	110,29 сом/км
Бишкек — Ош	606 км	20 т, 86 м ³	45000,00 сом	74,26 сом/км
Бишкек — Кызыл-Кия	614 км	19,6 т, 92 м ³	51507,63 сом	83,89 сом/км
Бишкек — Ала-Бука	538 км	15 т, 92 м ³	40000,00 сом	74,35 сом/км
Токмак — Кызыл-Кия	688 км	20 т	55000,00 сом	79,94 сом/км
Бишкек — Ош	606 км	20 т, 25 м ³	51087,13 сом	84,30 сом/км
Бишкек — Ош	606 км	20 т	48000,00 сом	79,21 сом/км
Бишкек — Ош	606 км	18 т, 86 м ³	53000,00 сом	87,46 сом/км
Бишкек — Узген	638 км	20 т, 86 м ³	57000,00 сом	89,34 сом/км
Бишкек — Жалалабад	623 км	20 т, 86 м ³	55000,00 сом	88,28 сом/км

На Рисунке 1 приведена динамика изменения цен на перевозки грузов по всей территории Кыргызской Республики за 2024 г. Формула определения цены доставки груза из города Кызыл-Кия в город Ош имеет следующий вид:

$$\text{Цена доставки} = \text{Цена за км} \times \text{Расстояние}$$

$$\text{Цена доставки} = 8000\text{ сом}.$$

Цена 1 т базальтовой породы = 8000 сом / 20 т

Из этого следует, что цена доставки 1 т базальтовой породы из города Кызыл-Кия в город Ош, с расстоянием до 100 км составляет 400 сом.

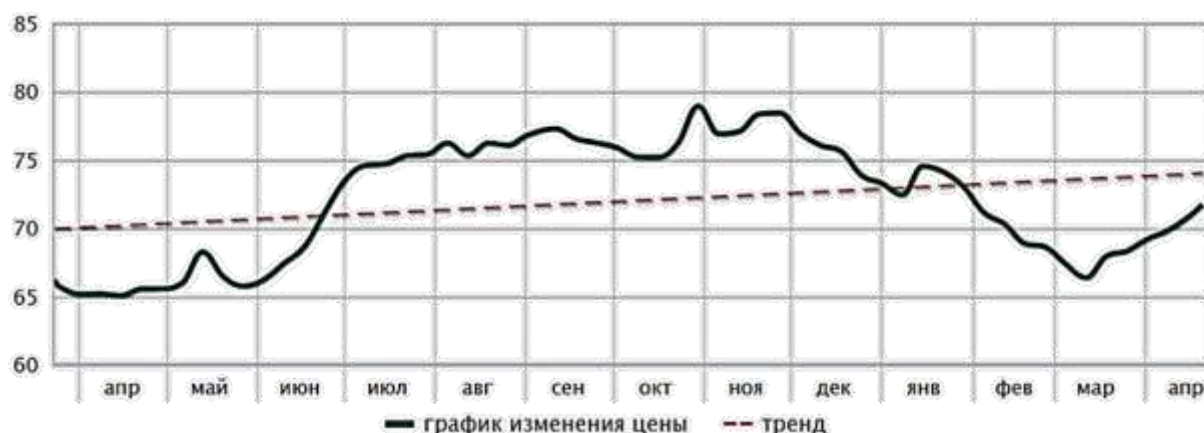


Рисунок 1. Динамика изменения цен на перевозки грузов по территории Кыргызской Республики

Дробление — это этап измельчения, когда твердые материалы механически разрушают на более мелкие частицы. Процесс широко применяется в горной промышленности, строительстве и переработке для упрощения дальнейшей обработки или использования материала. Кроме уменьшения размера частиц, дробление увеличивает их поверхность и подготавливает материал к дальнейшей обработке или сортировке. В горно-перерабатывающей отрасли свыше 90% дробилок — щековые (2-4 кВт·ч/т) и конусные (3-5 кВт·ч/т) [2]. Дробление 1 тонны базальта требует в среднем 1-5 кВт/ч электроэнергии в зависимости от оборудования и свойств материала, а продолжительность процесса составляет 15-30 минут. Согласно Таблице 2, расход электроэнергии рассчитывался по тарифу «Промышленные потребители» — 3,34 сом за кВт/ч.

Таблица 2

КАТЕГОРИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КР за 2024 г

Категория потребителей	Новый тариф (сом)
Население (до 700 кВтч/ свыше 700 кВтч)	1,37 / 2,60
Социальные и общественные потребители	2,62
Промышленные потребители	3,34
Коммерческие потребители	3,96
Бюджетные потребители	4,09
Энергоёмкие промышленные потребители	6,06
Станции по зарядке электромобилей	5,31

ГОСТ 8267-93 (Щебень и гравии из плотных горных пород для строительных работ) относится к щебню и гравиям из горных пород со средней плотностью зерен от 2,0 до 3,0 г/см³, используемым в качестве заполнителей для тяжелого бетона, а также для дорожного и другого строительного применения [3].

Стоимость щебня и гравия из базальтовых горных пород плотностью зерен от 2,0 до 3,0 г/см³, и фракционностью от 5х10, 10х20 колеблется. Например, в некоторых странах СНГ 1м³ базальтового щебня фракционностью от 5х10, 10х20 составляет 300,38 сом. А стоимость

базальтового щебня фракционностью 20х40, маркой прочности М1200, насыпной плотностью 1200 кг/м³ с доставкой составляет 1430 руб./м³ (<https://goo.su/QgWIBPR>).

Из этого следует, что средняя цена 1 тонны дробленного базальтового щебня фракционностью от 5 до 20 мм составляет порядка 300,18 сом. Учитывая расходы за электроэнергию, стоимость дробления 1 тонны базальтовой породы составляет 313,54 сом. Механическая обработка базальтовых пород, когда они дробятся на более мелкие фракции (до микронных размеров), называется измельчением. Базальтовые породы микронных размеров могут использоваться для заполнения бетона и асфальта, для производства различных видов строительных материалов, для создания дорожных оснований и т. д. [2].

Для измельчения было использована шаровая мельница модели MQZ1224 с барабаном 1,2×2,4 м, скоростью вращения 31 об/мин, загрузкой до 4,8 т, исходным материалом размером 0-20 мм и размером готового продукта 0,07-0,6 мм, производительностью 0,4-6,8 т/ч и двигателем мощностью 37 кВт.

Согласно ГОСТ 6613-86 [4], 1 т базальтовой породы была измельчена до микронных размеров с использованием проволочных тканых сеток для сортировки и разделения частиц.

Измельчение 1 м³ базальтовой породы на шаровой мельнице MQZ1224 стоило 330 \$ США. Поскольку 1 м³ базальтовой породы соответствует 2,8–3 т, стоимость измельчения 1 т составила примерно 110 \$ США.

Для измельчения 1 т базальта потребовалось до 2-5 кВт/ч электроэнергии. Согласно Таблице 2, стоимость электроэнергии вычислялось по тарифу *Промышленные потребители* по 3.34 сом за кВт/ч (4кВт/ч × 3,34 сом = 13.36 сом). Окончательная цена за измельчение 1 т базальтовой породы месторождения Кызыл-Кия Кыргызской Республики составило 9618,27 сом. Один из этапов получения композитов — смешивание, которое повышает однородность многокомпонентного материала и позволяет вводить твердые или жидкие добавки. Для смешивания 1 т компонентов композита из базальта и полимерно-резиновых отходов требуется 0,5-2 кВт/ч электроэнергии, что существенно меньше, чем при дроблении и измельчении.

Услуга бетономешалки на 24 ч. составляет 625 \$ США. Поскольку загрузка, смешивание и выгрузка компонентов занимают до 8 минут, стоимость получения 1 т композиционного материала на основе базальта и полимерно-резиновых отходов с повышенной однородностью составляет 18,4 \$ США (1 576,71 сом с учётом электроэнергии): 1,5 кВт/ч × 3,34 сом = 5,01 сом.

После дробления, измельчения и смешивания компонентов композиционного материала, необходимо расплавить их. Время плавления занимает до 25-45 минут. Чтобы рассчитать количество электроэнергии, необходимое для плавления 1 тонны композита, состоящего из 80% полимера и 20% измельченного базальта, нужно учитывать температура плавления каждого компонента.

Полимер: обычно для полимеров температура плавления составляет примерно 120-200 кДж/кг. Для расчета возьмем 160 кДж/кг.

Базальт: температура плавления базальта составляет примерно 1200-1300 кДж/кг. Для расчета возьмем 1250 кДж/кг.

Масса полимера: 1 т × 0.8 = 0.8 т = 800 кг

Масса базальта: 1 т × 0.2 = 0.2 т = 200 кг

Энергия для плавления полимера:

$Q_{\text{полимер}} = 800 \text{ кг} \times 160 \text{ кДж/кг} = 128000 \text{ кДж}$

Энергия для плавления базальта:

$Q_{\text{базальт}} = 200 \text{ кг} \times 1250 \text{ кДж/кг} = 250000 \text{ кДж}$

Суммируем энергии для обоих компонентов:

$$Q_{\text{общая}} = Q_{\text{полимер}} + Q_{\text{базальт}} = 128000 \text{ кДж} + 250000 \text{ кДж} = 378000 \text{ кДж}$$

Для плавления 1 т композита, состоящего из 80% полимера и 20% измельченного базальта, потребуется приблизительно 378000 кДж, или 105 кВт/ч. электроэнергии. Согласно Таблице 2, категории потребителей электроэнергии в КР за 2024 г, по тарифу Промышленные потребители, 105 кВт электроэнергии по 3.34 сом за кВт/ч составит 350,7,5 сом. В итоге, переработка 1 т сырья, состоящего из 80% полимера и 20% измельченного базальта составило 12 925,97 сом. Определение стоимости 1 м² композитного ламината разных размеров из местного сырья. Плотность базальтовых пород составляет до 2,6-3,1 г/см³, а плотность полимерных отходов (в данном случае ПВХ-поливинилхлорид) и резины составляет 1,35-1,43 г/см³. Средняя плотность базальтовой породы составило 2,85 г/см³ и полимерных отходов и резины 1,39 г/см³. А средняя плотность композита из базальтовой породы и полимерных отходов, и резины составило 2,12 г/см³ = 2120 кг/м³ (<https://clck.ru/3PaE5j>). Для определения площади (s) необходимо учитывать размеры (длину и ширину) объекта. С целью определения площади композитного ламината нами было выбрано композитный ламинат с размерами 1380 мм длиной, 193 мм шириной, и с толщиной 8 мм (<https://clck.ru/3PaE5j>):

$$s = 1380 \text{ мм} * 193 \text{ мм} \quad (1)$$

Площадь (s) композитного ламината согласно (1) составило 0,26634 м².

Объем композитного ламината была определена формулой (2).

$$v = s * h \quad (2)$$

где s – площадь, h – высота объекта (в данном случае толщина композитного ламината – 8 мм).

$$v = 0,26634 \text{ м}^2 * 0,008 \text{ м}$$

Объем (v) композитного ламината с размерами 1380 мм длиной, 193 мм шириной, и с толщиной 8 мм составило 0,00213072 м³.

Масса композитного ламината была определена формулой (3).

$$m = \rho * v \quad (3)$$

где ρ – плотность, v – объем объекта; $m = 2120 \text{ кг/м}^3 * 0,00213072 \text{ м}^3$; $m = 4,51613 \text{ кг}$ (4,52 кг)

Масса композитного ламината размерами 1380 мм длиной, 193 мм шириной, и с толщиной 8 мм составило 4,52 кг. Чтобы найти количество ламината размерами 1380 мм длиной, 193 мм шириной, и с толщиной 8 мм, 1 т сырья делим на массу, то есть на 4.52 кг.

$$1 \text{ т сырья} / 4,52 \text{ кг} = 221$$

Из 1 т сырья из полимерных отходов и резины, и базальтовых пород можно получить 221 шт композитного ламината размерами 1380 мм длиной, 193 мм шириной, и с толщиной 8 мм. Для того чтобы найти цену 221 шт. композитного ламината размерами 1380 мм длиной, 193 мм шириной, и с толщиной 8 мм, количество ламината умножаем на среднюю рыночную стоимость ламината данного размера. То есть: Цена = 221 шт. ламината * 961 сом/м², где 961 сом/м² средняя рыночная цена ламината размерами 1380x193. Из этого следует, что из 1 тонны сырья можно получить продукцию стоимостью 212 381 сом.

Согласно трудовому кодексу Кыргызской Республики (Раздел IV. Оплата и нормирование труда. Гарантии и компенсации. Гл. 13. Оплата труда. Ст.152. Оплата труда

работников), от общей стоимости полученной суммы будет вычитано 40% в целях заработной платы работникам производственной организации. Также учитываются отчисления в социальный фонд Кыргызской Республики в размере 19,6%, и расходы на коммунальные услуги в размере 10% производственной организации. *Процесс налогообложения будет выглядеть следующим образом:* 40% (от стоимости продукции – это 212 381 сом) оплата труда работникам — 84 952 сом; 19.6% (от 40% оплаты труда работникам) в социальный фонд КР — 16 655,6 сом; 10% (от стоимости продукции — это 212 381 сом) — Коммунальные услуги = 21 238 сом. Получаем сумму всех трех видов налогов (зарплата + соцфонд + коммунальные услуг), и получаем 122 845,6 сом. Также учитываем расходы на добычу, дробления – а это 12 925,97 сом (переработки 1 т сырья). Получаем итоговую сумму расходов и налоговых отчисления в размере 135 771,6 сом. Из стоимости продукции из 1 т сырья отнимаем расходы и налоговые отчисления: $212\,381 - 135\,771,6 = 76\,609,4$ сом. В результате получаем доход в размере: 76 609,4 сом.

Для того чтобы определить стоимость 1 м² композитного ламината, итоговую сумму расходов и налоговых отчисления делим на общее количество композитного ламината полученный из 1 т местного сырья: $135\,771,6 \text{ сом} / 221 \text{ шт. ламината} = 614,71 \text{ сом/м}^2$. Стоимость 1 м² композитного ламината размерами 1380 мм длиной, 193 мм шириной, и с толщиной 8 мм составляет 614.71 сом/м², в то время как средняя рыночная стоимость ламината составляет 961 сом/м². Из этого можно утверждать, что стоимость композитного ламината из местного сырья на 36.1% ниже по сравнению с ламинатом, импортированным из других стран. Аналогичным образом были проведены вычисления и расчеты по определению стоимости композитного ламината разных размеров из местного сырья которые отображены в Таблице 3.

Таблица 3

СТОИМОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ ЛАМИНАТОВ РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

Стандартный размер	Масса 1 шт, кг	Количество ламинатов из 1 т сырья, шт	Средняя рыночная стоимость сом/м ²	Стоимость полученной продукции за м ² , сом/м ²	Доход полученный из 1 т сырья, сом
1380x193 толщина – 8 мм	4,52	221	961	614,71 сом/м ²	76 609,4
1286x160 толщина – 8мм	3,5	286	855	539,7 сом/м ²	90 168
1261x190 толщина – 8 мм	4,06	246	752	488.05	65 163
600x100 толщина – 8 мм	1,02	980	1 601	661,8	64 8 567

Проведённые расчёты показали, что использование полимерно-резиновых отходов с добавлением базальтовых пород Кызыл-Кийского месторождения позволяет получить композитный материал с более низкой себестоимостью по сравнению с импортными аналогами. На этапе расчёта готовой продукции установлено. Средняя плотность разработанного композита составила 2,12 г/см³, что соответствует диапазону плотностей конструкционных материалов, применяемых в строительстве. Из 1 т сырья возможно получить от 221 до 980 шт. ламинированных панелей в зависимости от их размеров. Себестоимость 1 м² композитного ламината из местного сырья составила 614,71 сом, что на 36,1 % ниже средней рыночной цены импортируемого аналога (961 сом/м²).

Таким образом, сравнительный анализ подтвердил высокую экономическую эффективность рассматриваемой технологии. Использование вторичных полимерно-резиновых отходов не только снижает себестоимость готовой продукции, но и решает экологическую задачу утилизации отходов, что имеет важное значение для промышленности

Кыргызской Республики. Для оценки экономического эффекта, получаемого в результате внедрения разработанной технологии, достаточно сравнить себестоимость КМ с данными, полученными другими известными методами. Себестоимость 1м² композитного ламината, ввозимого в Республику, в среднем составляет 856сом, а средняя себестоимость композитного ламината, полученного на основе полимерно-резиновых отходов и базальтовых пород Кызыл-Кийского месторождения, - 547.49сом. Из приведенных данных следует, что композитный ламинат, созданный на основе данной технологии для строительной отрасли Кыргызской Республики, обходится в 36.04% дешевле, чем ввозимые аналогичные материалы.

Список литературы:

1. Минина Н. Н. Влияние разведки и добычи полезных ископаемых на окружающую среду // Наука и общество на пути к модернизации: современные взгляды, новые горизонты. 2023. С. 161-166.
2. Перов В. А., Андреев Е. Е., Биленко Л. Ф. Дробление, измельчение, грохочение полезных ископаемых. М.: Недра, 1990. 300 с.
3. ГОСТ 8267 93. Щебень и гравии из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Введ. 01.01.1995. М.: Стандартинформ, 2018. 14 с.
4. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. Введ. 01.01.1988. М.: Стандартинформ, 2006. 14 с.

References:

1. Minina, N. N. (2023). Vliyanie razvedki i dobychi poleznykh iskopaemykh na okruzhayushchuyu sredu. In *Nauka i obshchestvo na puti k modernizatsii: sovremennye vzglyady, novye gorizonty*, 161-166. (in Russian).
2. Perov, V. A., Andreev, E. E., & Bilenko, L. F. (1990). Droblenie, izmel'chenie, grokhochenie poleznykh iskopaemykh. Moscow. (in Russian).
3. GOST 8267-93 (2018). Shcheben' i gravii iz plotnykh gornykh porod dlya stroitel'nykh rabot. Tekhnicheskie usloviya. Vved. 01.01.1995. Moscow. (in Russian).
4. GOST 6613-86 (2006). Setki provolochnye tkanye s kvadratnymi yacheikami. Tekhnicheskie usloviya. Vved. 01.01.1988. Moscow. (in Russian).

Поступила в редакцию
15.09.2025 г.

Принята к публикации
24.09.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Маматов Э. У. Экономическая эффективность получения композитов из полимерно-резиновых отходов и базальтовых пород // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №10. С. 100-106. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/119/14>

Cite as (APA):

Mamatov, E. (2025). Economic Efficiency of Producing Composites from Polymer-Rubber Waste and Basalt Rocks. *Bulletin of Science and Practice*, 11(10), 100-106. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/119/14>