

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 4 (95). С. 172–187.
Forests of Russia and economy in them. 2025. № 4 (95). P. 172–187.

Научная статья
УДК 502.174.1
DOI: 10.51318/FRET.2025.95.4.017

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Артем Вячеславович Артемов¹, Анна Сергеевна Ершова²,
Виктор Гаврилович Бурындин³, Алексей Евгеньевич Шкуро⁴

^{1–4} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ artemovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6994-0154>

² ershovaas@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6248-0028>

³ buryndinvg@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6900-3435>

⁴ shkuroae@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0469-2601>

Аннотация. Борщевик Сосновского как инвазивное сорное растение широко распространялся на территории Российской Федерации. По всей стране разрабатываются методы борьбы с данной проблемой. Наиболее широкое распространение получил метод механического скашивания. Образующиеся остатки не находят полноценного применения, в большинстве случаев они подвергаются сжиганию, размещению на полигонах промышленных отходов, а в иных случаях – и на несанкционированных свалках. С целью минимизации экономических потерь, в первую очередь связанных с прямыми затратами на уничтожение данного растения, необходимо найти применение образующейся биомассы в виде порубочных остатков. В данной работе рассматривается эколого-экономическое обоснование применения невостребованных растительных остатков борщевика с целью получения композиционных материалов без применения связующих веществ (на примере тепло- и звукоизоляционной плиты). В качестве сопоставления рассматриваются варианты возможных последствий негативного воздействия на окружающую среду, например сжигание порубочных остатков или их размещение на несанкционированных свалках.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, порубочные остатки, вторичное сырье, композиционные материалы, экологическая оценка, экономическое обоснование

Для цитирования: Эколого-экономическое обоснование применения вторичного растительного сырья для получения композиционных материалов без применения связующих веществ / Артемов А. В., Ершова А. С., Бурындин В. Г., Шкуро А. Е. // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 4 (95). С. 172–187.

Original article

ECOLOGICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE USE OF SECONDARY PLANT RAW MATERIALS FOR THE PRODUCING COMPOSITE MATERIALS WITHOUT THE USE OF BINDERS

Artyom V. Artyomov¹, Anna S. Ershova², Viktor G. Buryndin³,
Alexey E. Shkuro⁴

¹⁻⁴ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ artemovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6994-0154>

² ershovaas@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6248-0028>

³ buryndinvg@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6900-3435>

⁴ shkuroae@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0469-2601>

Abstract. Sosnovsky's hogweed, as an invasive weed plant, has spread widely in the territory of the Russian Federation. Methods of combating this problem are being developed throughout the country. The most widely used method is mechanical mowing. The resulting residues have no full-fledged use, in most cases they are subjected to incineration, placement in landfills of industrial waste, and in other cases – and unauthorized dumps. In order to minimize economic losses, primarily related to the direct costs of destroying this plant, it is necessary to find the use of the resulting biomass in the form of cutting residues. In this research, the ecological and economic justification of the use of unclaimed plant residues of hogweed is considered in order to obtain composite materials without the use of binders (using the example of a “heat and sound insulation board”). As a comparison, options for possible consequences of negative effects on the environment are considered, for example, as the burning of cutting residues or their placement in unauthorized dumps.

Keywords: Sosnovsky's hogweed, cutting residues, secondary raw materials, composite materials, environmental assessment, economic justification

For citation: Ecological and economic justification of the use of secondary plant raw materials for the producing composite materials without the use of binders / A. V. Artyomov, A. S. Ershova, V. G. Buryndin, A. E. Shkuro // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 4 (95). P. 172–187.

Введение

В настоящее время борщевик Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi*) освоил территории Центральной России, Поволжья и Урала, где распространение этого сорнякового и опасного для жизни человека растения уже принимает масштабы экологического бедствия (Лунева, 2014). Например, по данным Министерства агропромышленного комплекса и продовольствия Свердловской области, до 100 га сельхозугодий региона поражено борщевиком Сосновского (Ершова, 2020).

Распространение борщевика наносит не только экологическое воздействие, но экономический ущерб – это вывод из оборота сельскохозяйственных земель, снижение их кадастровой стоимости.

Также контакт с данным растением оказывает влияние на здоровье человека и животных (Моренко и др., 2019).

По всей стране ведутся разработки современных способов борьбы с опасным растением (Методы контроля..., 2020). Существует три основных метода борьбы: механический – скашивание и выкапывание корневища растения; химический – обработка составами, которые уничтожают сорняк; агротехнический – введение в оборот земель, которые не использовались ранее (Методы борьбы..., 2023).

Анализ закупочной деятельности (Далькэ и др., 2018) показал, что в период с 2011 по 2017 гг. в Российской Федерации выполнено не менее

477 контрактов по ликвидации зарослей инвазионного вида борщевика Сосновского на общую сумму 314 млн руб. Картографирование нежелательных зарослей провели на площади 169 тыс. га, работы по ликвидации зарослей выполнены на площади 18 тыс. га. На низкоэффективное и более дорогостоящее, чем применение гербицидов, кошение зарослей борщевика израсходовано 58 млн руб.

По данным различных интернет-источников Свердловской области (сайты СМИ, информационные агентства, социальные сервисы и проч.), полный комплекс обработки земли от сорняка (рубка, срезка, корчевка, химическая обработка) будет составлять более 2 млн руб. за 1 га (без учета рекультивационных работ).

Одним из предупреждающих методов рассматривается выкашивание борщевика на ранних стадиях и использование специальных смесей. Механический подкос используется, когда заселены большие участки. Механический контроль не приводит к немедленной гибели растений. Растения быстро регенерируют, и такой подкос нужно проводить не менее 2–3 раз за вегетационный период, чтобы не дать растениям зацвести и произвести семена (Серов и др., 2019).

Обратной стороной при внедрении данного метода борьбы с экологически опасным растением будут являться образуемые отходы биомассы в виде порубочных растительных остатков самого борщевика. Данные остатки сегодня подвергают сжиганию (в том числе несанкционированному), так как выделяющийся ядовитый сок из растений способен наносить ущерб почвенно-растительному покрову.

Во избежание финансовых потерь хозяйствующих субъектов предлагается компенсирующее мероприятие – использование порубочных остатков в качестве вторичных ресурсов для получения материалов и изделий на их основе различной номенклатуры (Бурындина и др., 2022).

Цель, задача, методика и объекты исследования

С целью организации деятельности по обращению с отходами в виде порубочных остатков борщевика Сосновского требуется их обязательная

классификация и отнесение к конкретному классу опасности по отношению к окружающей природной среде (ОПС) в соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) (Об утверждении Федерального..., 2017).

Отсутствие отхода в перечне ФККО обязывает проведение процедуры включение отходов в ФККО и отнесение к классу опасности для ОПС (Об утверждении порядка подтверждения..., 2020; Об утверждении порядка паспортизации..., 2020).

Одним из критериев отнесения отходов к классу опасности для ОПС является степень опасности отхода для окружающей среды (Об утверждении..., 2014).

Степень опасности отхода для окружающей среды K определяется по сумме степеней опасности веществ, составляющих отход, для окружающей среды K_i :

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_m, \quad (1)$$

где K_1, K_2, \dots, K_m – показатели степени опасности отдельных компонентов отхода для окружающей среды;

m – количество компонентов отхода.

Перечень компонентов отхода и их количественное содержание устанавливаются по результатам количественных химических анализов, а также на основании литературных данных.

Степень опасности компонента отхода для окружающей среды K_i рассчитывается как отношение концентрации компонента отхода C_i к коэффициенту его степени опасности для окружающей среды W_i :

$$K_i = C_i / W_i, \quad (2)$$

где C_i – концентрация i -го компонента в отходе, мг/кг. Компонентный состав отхода был определен на основании результатов выполненного химического анализа и сведений, полученных из литературных данных, и включает:

– природные компоненты: целлюлозу, лигнин, минеральные и экстрактивные вещества, определенные лабораторным путем (Оболенская и др., 1991);

– тяжелые металлы (были определены согласно РД 52.18.685–2006 «Методические указания.

Определение массовой доли металлов в пробах почв и донных отложений. Методика выполнения измерений методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии», ПНД Ф 16.1:2.2:3.17–98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли (валового содержания) мышьяка и сурьмы в твердых сыпучих материалах атомно-абсорбционным методом с предварительной генерацией гидридов» на атомно-абсорбционном спектрометре «КВАНТ-2», ПНД Ф 14.1:2:3.172–2000 «Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С»;

— взвешенные вещества: песок. Остаток нерастворимых минеральных примесей приняты как диоксид кремния (Органо-неорганические гибридные композиты..., 2016).

W_i — коэффициент степени опасности i -го компонента отхода для окружающей среды, мг/кг. Коэффициентом степени опасности компонента отхода для окружающей среды W_i является показатель, численно равный количеству компонента отхода, ниже значения которого он не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

Для наиболее распространенных компонентов отходов установлены значения коэффициента степени опасности компонента отхода для окружающей среды W_i (Об утверждении критериев..., 2014).

Компоненты отходов, состоящие из веществ, встречающихся в живой природе, например таких, как углеводы (клетчатка, крахмал и иное), белки, азотсодержащие органические соединения природного происхождения, относятся к практически неопасным компонентам отходов с относительным параметром опасности компонента отхода для окружающей среды X_i , равным 4, и, следовательно, коэффициентом степени опасности компонента отхода для окружающей среды W_i , равным 10^6 .

Для остальных компонентов отходов степень опасности компонента отхода для окружающей среды K_i определяется в соответствии с методикой, представленной в приказе Минприроды России от 04.12.2014 № 536.

Исходные данные и результаты расчетов класса опасности для ОПС отхода «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)» представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Исходные данные и результаты расчетов класса опасности для ОПС отхода
«Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)»
Initial data and results of calculations of the hazard class for the waste PHA
“Cutting residues of Sosnovsky’s hogweed (biomass)”

№	Название компонента Component name	C_i , мг/кг	W_i , мг/кг	K_i
1	Целлюлоза Cellulose	450 000,000	1 000 000,00*	0,450
2	Лигнин Lignin	254 000,000	1 000 000,00*	0,254
3	Минеральные вещества Minerals	54 000,000	1 000 000,00*	0,054
4	Экстрактивные вещества Extractive substances	195 000,000	1 000 000,00*	0,195
5	Свинец Plumbum	0,580	650,63**	0,001
6	Кадмий Cadmium	0,390	309,03**	0,001
7	Цинк Zinc	26,000	2 511,89**	0,010

Окончание табл. I
The end of the table I

№	Название компонента Component name	C_i , мг/кг	W_i , мг/кг	K_i
8	Медь Cuprum	5,200	2 840,10**	0,002
9	Ртуть Mercury	0,009	113,07**	0,000
10	Никель Nickel	10,000	1 536,97**	0,007
11	Мышьяк Arsenium	0,200	493,55**	0,000
12	Диоксид кремния (песок) Silicium Dioxide (sand)	46 957,621	1 000 000,00*	0,047
	ИТОГО: TOTAL:	1 000 000,000		1,021

$$\sum K_i = 1,021, \\ \sum K_i \leq 10.$$

Класс опасности отхода: 5.
Waste hazard class: 5.

* Принято согласно п.11 приказу МПР России от 04.12.2014 № 536.

** Принято согласно Прил. 4 приказа МПР России от 04.12.2014 № 536.

* Adopted in accordance with paragraph 11 of the Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 04.12.2014 № 536.

** Adopted in accordance with Appendix 4 of the Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 04.12.2014 № 536.

Таким образом, на основании степени опасности компонента отхода для окружающей среды отходы «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)» относятся к V классу опасности для ОПС.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрены следующие варианты потенциального ущерба, причиняемого окружающей среде:

- вариант 1. Размещение отхода на объектах ОПО;
- вариант 2. Несанкционированное размещение отхода на землях сельскохозяйственного назначения;
- вариант 3. Сжигание (термическое обезвреживание) отходов.

Вариант 1. Размещение отхода на объектах ОПО

В данном варианте рассматривается ущерб, наносимый окружающей среде при размещении данных видов отходов на объектах размещения отходов в соответствии с действующими экономическими механизмами в природопользовании.

Одним из видов экономического механизма природопользования является осуществление платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) (Об охране окружающей среды, 2002). Плата за НВОС – индивидуально-возмездный платеж, взимаемый с юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, а также иностранных юридических и физических лиц, во исполнение их обязательства (обязанности) по компенсации НВОС, производимого в результате хозяйственной или иной деятельности на территории Российской Федерации.

Исходными данными для расчета размера платы за загрязнение окружающей среды являются количественные показатели негативного воздействия на окружающую среду (Об утверждении Правил исчисления..., 2023).

Плата за размещение отходов в пределах лимитов на размещение отходов $P_{\text{пр}}$ рассчитывается по формуле

$$P_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^m (M_{nj} H_{nij} K_{om} K_{il} K_{od} K_{no} K_{cm} K_{uod}), \quad (3)$$

где m – количество классов опасности отходов. Рассматриваемый отход на основании степени

опасности компонента отхода для окружающей среды относится к V классу опасности для ОПС;

M_{nj} – платежная база за размещение отходов j -го класса опасности, определяемая как масса размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов на размещение отходов, т.

Масса отхода, образуемая и размещаемая на ОРО в течение года, принимается из следующих соображений. Применительно к Свердловской области произрастание борщевика составляет 100 га (Ершова, 2020). На основании литературных данных (Доржиев, Базарова, 2012) средняя масса выхода биомассы борщевика составляет 600 ц/га. Таким образом, усредненная масса размещаемого отхода за весь «порубочный» сезон составит 6000 т;

H_{nj} – ставка платы за размещение отходов j -го класса опасности, руб./т. Ставка платы за НВОС при размещении отходов V класса опасности (прочие) составляет 17,3 руб. за 1 т (О ставках платы..., 2016);

K_{om} – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами. Принимается равным 1;

K_{π} – коэффициент к ставке платы за размещение отходов j -го класса опасности за массу отходов производства и потребления, размещенных в пределах лимитов на их размещение. Принимается равным 1;

K_{oo} – стимулирующий коэффициент к ставке платы за размещение отходов j -го класса опасности. Принимается равным 1 (Об охране окружающей среды..., 2002);

K_{no} – стимулирующий коэффициент к ставке платы за размещение отходов j -го класса опасности. Принимается равным 1 (Об охране окружающей среды, 2002);

K_{cm} – стимулирующий коэффициент к ставке платы за размещение отходов j -го класса опасности. Принимается равным 1 (Об охране окружающей среды..., 2002);

K_{ino} – дополнительный коэффициент, применяемый к ставкам платы, устанавливаемый Правительством РФ в соответствии с п. 4 ст. 16.3

ФЗ-89. Принимается равным 1,32 (О применении в 2024..., 2024).

Результаты расчетов платы за НВОС при размещении отхода:

$$\begin{aligned} \Pi_{np} &= 6000 \times 17,3 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,32 = \\ &= 137000 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Таким образом, ущерб, наносимый ОПС при размещении отходов «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)» на ОРО, определенный как платеж за НВОС, составляет 137 тыс. руб.

Вариант 2. Несанкционированное размещение отхода на землях сельскохозяйственного назначения

В данном варианте рассмотрен непосредственный вред, причиненный почвам как объекту охраны окружающей среды (Об утверждении Методики..., 2010):

– размер вреда в результате порчи почв при их захламлении, возникшего при складировании на поверхности почвы или в почвенной толще отходов производства и потребления;

– размер вреда в результате загрязнения почв, возникшего при поступлении в почву загрязняющих веществ, приводящего к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв.

Вариант 2.1. Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате порчи почв при их захламлении, возникшего при складировании на поверхности почвы или почвенной толще отходов производства и потребления, осуществляется по формуле

$$УЩ_{omx} = \sum_{i=1}^n (M_i T_{omx}) K_{ucn} K_{od} K_{mnc}, \quad (4)$$

где $УЩ_{omx}$ – размер вреда, руб.;

M_i – масса отходов с одинаковым классом опасности, т. Принимается масса отхода 6000 т (см. вариант 1);

n – количество видов отходов, сгруппированных по классам опасности в пределах одного участка, на котором выявлено несанкционированное размещение отходов производства и потребления;

K_{ucn} – показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка. Для иных сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения принимается 1,6;

T_{omx} – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, в результате порчи почв при их захламлении, руб./т. Для отхода V класса опасности для ОПС такса составляет 10 000 руб./т;

K_{mnc} – показатель, учитывающий мощность плодородного слоя почвы. Применительно к Уральскому региону с учетом нормативных документов, связанных с изыскательскими, земляными и культивационными работами с плодородными слоями почв (Охрана природы..., 1985), глубина пахотного горизонта почв сельскохозяйственных угодий в среднем достигает 20 см. При глубине загрязнения почв до 20 см K_{mnc} принимается равным 4.

Результаты расчетов вреда в результате порчи почв при их захламлении, возникшего при складировании на поверхности почвы или почвенной толще отхода «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)»:

$$УШ_{omx} = 6000 \times 10000 \times 1,6 \times 4 = 384 \text{ млн руб.}$$

Таким образом, потенциальный вред при порче почвенного покрова при складировании и захламлении порубочными остатками борщевика Сосновского составит 384 млн руб.

Вариант 2.2. Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате загрязнения почв, возникшего при поступлении в почву загрязняющих веществ, приводящего к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв, включая нормативы ПДК и ОДК химических веществ в почве, региональные нормативы, осуществляется по формуле

$$УШ_{заг} = C3 S K_r K_{ucn} T_x K_{mnc}, \quad (5)$$

где $УШ_{заг}$ – размер вреда, руб.;

$C3$ – степень загрязнения. Степень загрязнения зависит от соотношения фактического содержания i -го загрязняющего вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв.

Соотношение С фактического содержания i -го загрязняющего вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв определяется по формуле

$$C = \sum_{i=1}^m X_i / X_n, \quad (6)$$

где X_i – фактическое содержание i -го загрязняющего вещества в почве, мг/кг. Принимается согласно химическому анализу растительного сырья и допускается полная миграция загрязняющих веществ в почвенный покров при естественной деструкции отхода растительного (природного) происхождения. Борщевик Сосновского по результатам КХА содержит тяжелые металлы и мышьяк, представленные в табл. 1;

X_n – норматив качества окружающей среды для почв, мг/кг (Гигиенические нормативы..., 2021). Стоит отметить, что содержание в рассматриваемых растительных остатках тяжелых металлов и мышьяка находится ниже установленных нормативов. Таким образом, можно говорить, что сверхнормативное загрязнение почвенного покрова при миграции металлов загрязнителей маловероятно.

Однако методика предусматривает применение в качестве нормативов качества окружающей среды для почв значений концентраций загрязняющих веществ на сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования, не испытывающей негативного воздействия от данного вида нарушения – фонового содержания.

В качестве ориентировочных значений фоновых концентраций химических элементов в почвах приняты данные для дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почв (Инженерно-экологические изыскания..., 2021).

Исходные данные и определение соотношения фактического содержания i -го загрязняющего вещества в почве к принятому нормативу качества окружающей среды для почв C представлено в табл. 2.

При значении C менее 5 $C3$ принимается равным 1,5;

S – площадь загрязненного участка, м². Применительно к Свердловской области произрастание борщевика составляет 100 га (см. выше). Принимается для расчетов $S = 1 000 000$ м²;

Таблица 2
Table 2Определение степени загрязнения почв
Determination of the degree of soil pollution

Показатель Indicator	Pb	Cd	Zn	Cu	Hg	Ni	As
X_i	0,58	0,39	26,00	5,20	0,009	10,00*	0,20*
X_h	15,00	0,12	45,00	15,00	0,1	30,00	2,20
C_i	0,04	3,25	0,58	0,35	0,09	0,33	0,09
C				4,73			
C^{**}					3,25		

* Для никеля и мышьяка принимается X_i значение нижняя граница диапазона определения методики исследований.

** В случае если отношение X_i/X_h для конкретного загрязняющего вещества менее или равно 1, то данное отношение не включается в формулу расчета соотношения C фактического содержания i -го загрязняющего вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв вследствие отсутствия превышения норматива качества окружающей среды для почв по данному загрязняющему веществу (в данном случае превышения фонового содержания).

* For nickel and arsenic, the X_i value is taken as the lower limit of the range of determination of the research methodology.

** If the ratio X_i/X_h for a specific pollutant is less than or equal to 1, then this ratio is not included in the formula for calculating the ratio (C) of the actual content of the i -th pollutant in the soil to the environmental quality standard for soils due to the absence of excess of the environmental quality standard for soils for this pollutant (in this case, excess of the background content).

K_r – показатель, учитывающий глубину загрязнения почв. Величина показателя, учитывающего глубину загрязнения почв K_r , определяется в соответствии с максимальной фактической глубиной загрязнения почв, которая не может превышать значения мощности почв в зависимости от приуроченности земельного участка к лесорастительным зонам и земельным участкам, расположенным севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги.

Применительно к Свердловской области, где распространена в большей степени таежная зона (Районирование лесов..., 2011), мощность почвы согласно применяемой методике может достигать 200 см. Для промышленного Уральского региона мощность потенциального загрязнения почв на основании литературных данных (Харина, Алешина, 2022) и требований к отбору проб почвы при общих и локальных загрязнениях (Охрана природы..., 2017) достигает 40 см. При глубине загрязнения почв до 40 см K_r принимается равным 1,5;

K_{ucn} – показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка.

Область произрастания растения – преимущественно земли сельскохозяйственного назначения. Для иных сельскохозяйственных угодий в соста-

ве земель сельскохозяйственного назначения K_{ucn} принимается 1,6;

T_x – таcса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при загрязнении почв, руб./м². При приуроченности участка распространения почв к таежной растительной зоне (как для преобладающей в Свердловской области) T_x составляет 500 руб./м²;

K_{mnc} – показатель, учитывающий мощность плодородного слоя почвы. Применительно к Уральскому региону (Охрана природы..., 1985) глубина пахотного горизонта почв сельскохозяйственных угодий в среднем достигает 20 см. При глубине загрязнения почв до 20 см K_{mnc} принимается равным 4.

Результаты расчетов вреда в результате загрязнения почв, возникшего при поступлении в почву загрязняющих веществ, мигрирующие из отхода «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)»:

$$УЩ_{зарп} = 1,5 \times 1\ 000\ 000 \times 1,5 \times 1,6 \times 500 \times 4 = \\ = 7\ 200 \text{ млн руб.}$$

Таким образом, потенциальный вред при порче почвенного покрова при миграции тяжелых металлов из порубочных остатков борщевика Сосновского составит 7 200 млн руб.

Вариант 3. Обезвреживание (сжигание) отходов (порубочных остатков)

Данные отходы могут подлежать обезвреживанию путем сжигания (термическое обезвреживание). Стоит отметить, что обезвреживание отходов V класса не требует наличия лицензии на деятельность по обращению с отходами. Отсутствие необходимости получения лицензии убирает барьер по ограничению к сжиганию данных видов отходов, в том числе и несанкционированному.

На сегодня реализация деятельности по термическому обезвреживанию отходов регулируется информационно-техническим справочником по наилучшим доступным технологиям (НДТ) ИТС 9-2020 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» (Об утверждении информационно-технического справочника..., 2020).

Исчисление размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды, определяется в случаях (Об утверждении Методики..., 2021):

– превышения установленных комплексным экологическим разрешением технологических нормативов, нормативов допустимых выбросов высокотоксичных веществ, веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными свойствами (веществ I, II класса опасности);

– нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, указанных в декларации, отчете, в период отсутствия НМУ.

С учетом того что выбросы сжигания (термического обезвреживания) принимаются на уровне технологических нормативов, установленных справочником НДТ, ущерб, наносимый атмосферному воздуху, определялся как плата за загрязнение атмосферного воздуха в соответствии с действующим законодательством (см. вариант 1).

Плата в пределах (равных или менее) нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ $P_{н\partial}$ рассчитывается по формуле

$$P_{н\partial} = \sum_{i=1}^n (M_{н\partial i} H_{n\partial i} K_{om} K_{н\partial} K_{н\partial i}), \quad (7)$$

где n – количество загрязняющих веществ. Маркерные загрязняющие вещества в выбросах в ат-

мосферный воздух при обезвреживании основных групп видов отходов (относительно состава веществ) установлены в технологических показателях НДТ для российских объектов утилизации и обезвреживания отходов термическим способом на уровне европейских технологических показателей. Предложения по установлению технологических показателей согласно ИТС 9-2020 в данном случае принимаются по перечню веществ, соответствующих V классу отходов, подлежащих обезвреживанию термическими способами;

$M_{н\partial i}$ – платежная база за выбросы i -го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как масса или объем выбросов загрязняющих веществ в количестве, равном либо менее установленных нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ или сбросов загрязняющих веществ, т.

Масса валового выброса загрязняющего вещества определялась пересчетом из максимально-разового выброса, который был определен по формуле

$$M_{mp} = CV,$$

где C – концентрация загрязняющего вещества, принятая по технологическому нормативу, $\text{мг}/\text{м}^3$;

V – объем газовоздушной смеси при сжигании в год условной массы, принятый равным V_{pe} , $\text{м}^3/\text{с}$.

Реальный объем газовоздушной смеси V_{pe} при сжигании в год условной массы растительных остатков борщевика составляет $30,543 \text{ м}^3/\text{с}$ (Методика определения..., 1999);

$H_{n\partial i}$ – ставка платы за выбросы загрязняющих веществ или сбросы загрязняющих веществ в отношении i -го загрязняющего вещества, руб./т (Об утверждении Правил..., 2023);

K_{om} – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами. Принимается равным 1;

$K_{н\partial}$ – коэффициент к ставкам платы за выбросы i -го загрязняющего вещества за объем выбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых выбросов. Принимается равным 1;

$K_{н\partial i}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы, устанавливаемый Правительством

Российской Федерации в соответствии с п. 4 ст. 16.3 ФЗ-89 «Об охране окружающей среды» (О применении в 2024..., 2024). Принимается коэффициент 1,32. Определенные загрязняющие вещества были классифицированы по наименованиям и кодам (Гигиенические нормативы..., 2021).

В табл. 3 представлены объемы загрязнения и платы за загрязнения атмосферы (ставками платы за НВОС и коэффициентами на 2024 г.) при сжигании 1 т отхода «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)» в год.

Таблица 3
Table 3

Плата за НВОС за загрязнение атмосферы при сжигании
порубочных остатков борщевика
Fee for environmental impact assessment for air pollution from burning
of hogweed cutting residues

Код Code	Загрязняющее вещество Pollutant	Технологический показатель (норматив), мг/м ³ Technological indicator (standard), mg/m ³	$M_{нод}$, т	$H_{пл}$, руб./т	Плата**, руб/т payment**, rub/t
1	2	3	4	5	6
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота) Nitrogen dioxide (Nitrogen dioxide; nitrogen peroxide)	200,000	192,640810	138,8	35 294,88
0330	Серы диоксид Sulfur dioxide	50,000	48,160202	45,4	2 886,14
0337	Углерода оксид (углерод окись; углерод моноокись; угарный газ) Carbon monoxide (Carbon oxide; Carbon monoxide; Carbon monoxide)	50,000	48,160202	1,6	101,71
2754	Алканы С12-19 (в пересчете на С) Alkanes C12-19 (converted to C)	10,000	9,632040	10,8	137,31
2902	Взвешенные вещества Suspended solids	10,000	9,632040	36,6	465,34
0703	Бенз/а/пирен Benz/a/pyrene	0,001	0,000963	5 472 968,7	6 958,49
0316	Гидрохлорид/по молекуле HCl/ (водород хлорид) Hydrochloride/by HCl molecule/ (Hydrogen chloride)	10,000	9,632040	29,9	380,16
0342	Фтористые газообразные соединения/ в пересчете на фтор/- гидрофторид (водород фторид; фтороводород) Fluoride gaseous compounds/in terms of fluorine/- hydrofluoride (hydrogen fluoride; hydrogen fluoride)	1,000	0,963204	1 094,7	1 391,83
3620	Диоксины/в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлородибензо-1,4-диоксин/ (диоксин, тетраоксин, 2,3,7,8-TCDD) Dioxins/converted to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo- 1,4-dioxin/ (Dioxin, tetra-dioxin, 2,3,7,8-TCDD)	$1,0 \cdot 10^{-7}$	0,000000	13 400 000 000	1703,72

Окончание табл. 3
The end of the table 3

1	2	3	4	5	6
0186	Ртути соединения водорастворимые: сулема, уксуснокислая, азотнокислая, окисная и закисная ртуть /в пересчете на ртуть/ Water-soluble mercury compounds: mercury chloride, acetic acid, nitric acid, oxidic and protoxide mercury /in terms of mercury/	0,050	0,048160	18 244,1	1 159,80
0133	Кадмий оксид/в пересчете на кадмий/ Cadmium oxide/in terms of cadmium/	0,050	0,048160	14 759,3	938,27
0282	Таллий йодид /в пересчете на таллий/ (иодид таллия(I), иодистый таллий) Thallium iodide /in terms of thallium/ (Thallium(I) iodide, thallium iodide)	0,050	0,048160	0,0	0,00
0184*	Свинец и его неорганические соединения/ в пересчете на свинец/ (свинец) Lead and its inorganic compounds/ in terms of lead/ (lead)	0,500	0,481602	18 244,1	116 490,96
Итого Total		—	—	—	167 908,61

* Сумма остальных тяжелых металлов (As+Pb+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Sb+V) принимается по металлу с самой высокой ставкой платы.

** В расчете приняты коэффициенты $K_{om} = 1$; $K_{no} = 1$, $K_{ind} = 1,32$.

* The sum of other heavy metals (As+Pb+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Sb+V) is taken for the metal with the highest payment rate.

** The following coefficients are taken into account in the calculation: $K_{ot} = 1$; $K_{na} = 1$, $K_{ind} = 1.32$.

Таким образом, ущерб, наносимый атмосферному воздуху при сжигании порубочных остатков борщевика Сосновского, определенный как платеж за НВОС, составит 167,91 тыс. руб.

Выше были рассмотрены некоторые варианты потенциального ущерба, наносимого окружающей природной среде при обращении с видом отхода «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)».

При сопоставлении полученных результатов различных вариантов (табл. 4) и всесторонней оценки дополнительно принимаются следующие варианты:

– вариант 0 – отказ от мероприятий по предупреждению и борьбе с борщевиком. Данный вариант предусматривает штрафные санкции в рамках административного наказания согласно КоАП. В Москве и Московской области владельцы земли, где вырос борщевик, обязаны избавиться от растения до его цветения. В противном случае штраф для юридических лиц составит от 150 тыс. до 1 млн руб., для должностных – 20–50 тыс. руб., для физлиц – 2–5 тыс. руб.;

– вариант 4 – комплекс мероприятий обработки земли от сорняка. Существующие информационные данные по материальным затратам, связанным с борьбой с борщевиком в Свердловской области, были рассмотрены выше;

– вариант 5 – получение материалов на основе растительных остатков борщевика Сосновского. Экономическая эффективность была выполнена по оценке технологической себестоимости производства пустотелой плиты из пластика без связующего (ПБС) сечением 200×150 мм с толщиной стенки 30 мм (тепло- и звукоизоляционная плита). Исходные данные были приняты по результатам выполненных научных работ по данной тематике (Получение..., 2022). По итогам расчетов технологическая себестоимость производства тепло- и звукоизоляционной плиты на основе ПБС из биомассы борщевика составила 1 163,83 руб./м³.

В табл. 4 наглядно отображено существующее положение, которое позволяет говорить об экономической и экологической направленности в вопросе борьбы с сорняковым растением, таким как борщевик Сосновского.

Таблица 4
Table 4Сопоставление различных вариантов
Comparison of different options

Вариант Option	Показатель Indicator	Примечание Note	Экологический эффект Ecological effect
0	1 млн руб. 1 million rubles	Штраф на 1 юридическое лицо Fine for 1 legal entity	Отрицательный Negative
1	137 тыс. руб. 137 thousand rubles	Отходы с 100 га Waste from 100 hectares	Отсутствует Absent
2	7584 млн руб. 7584 million rubles	Принята сумма ущерба почв на 100 га рассмотренных подвариантов The amount of soil damage per 100 hectares of the considered sub-options was accepted	Отсутствует Absent
3	167,91 тыс. руб. 167.91 thousand rubles	Отходы с 100 га без учета выбросов от сжигания природного топлива в установках Waste from 100 hectares excluding emissions from combustion of natural fuels in installations	Присутствует Present
4	2 млн руб. 2 million rubles	За 1 га без учета культивационных работ Per 1 ha excluding cultivation work	Присутствует Present
5	175 тыс. руб. 175 thousand rubles	Техническая себестоимость при производстве 100 т продукции Technical cost price for the production of 100 tons of products	Положительный Positive

Выводы

1. Эколого-экономическая составляющая в вопросе борьбы с борщевиком Сосновского является основной и вынуждает природопользователей инициировать поиск предложений с целью минимизации как финансовых потерь, так и экологического ущерба.

2. Одним из решений является применение растительных остатков, представленных в виде

отхода «Порубочные остатки борщевика Сосновского (биомасса)», как вторичных ресурсов, которые после соответствующей обработки можно рассматривать как вторичное сырье для получения продукции.

3. Такой подход с целью получения функциональных материалов имеет не только экологическую составляющую, но и экономическую обоснованность и эффективность.

Список источников

Бурындин В. Г., Артемов А. В., Савиновских А. В. Производство древесных топливных гранул на предприятиях малого и среднего бизнеса // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2 (54). С. 190–195. DOI: 10.18324/2077-5415-2022-2-190-195

Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.12.2021 № 2. URL: https://lic-solilecka-r56.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/196/3062/SP123685_21_0_1_.pdf (дата обращения: 20.09.2025).

ГОСТ 17.4.3.01–2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб (с поправками, с изм. № 1) : межгосударственный стандарт : дата введения 2019-01-01. М. : Стандартинформ, 2018. 10 с.

ГОСТ 17.5.3.06–85. Охрана природы (ССОП). Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ : межгосударственный стандарт : дата введения 1986-07-01 // Охрана природы. Земли : сб. ГОСТов. М. : Изд-во стандартов, 2002. 63 с.

- Далькэ И. В., Чадин И. Ф., Захожий И. Г. Анализ мероприятий по ликвидации нежелательных зарослей борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на территории Российской Федерации // Российский журнал биологических инвазий. 2018. Т. 11, № 3. С. 44–61.
- Доржиев С. С., Базарова Е. Г. Биоэтанол из зеленой массы борщевика Сосновского // Инновации в сельском хозяйстве. 2012. № 2 (2). С. 10–16.
- Ерикова А. С. Использование отходов борщевика для получения материалов на его основе // Eurasia Green : тез. работ участников XI Междунар. конкурса науч.-исслед. проектов молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 13 мая 2020 года / отв. за выпуск Г. Ю. Пахальчак, М. Б. Видревич. Екатеринбург : Урал. гос. экон. ун-т, 2020. С. 31–35.
- Лунева Н. Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12–18.
- Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час : приказ Госкомэкологии России от 09.07.1999. СПб. : Интеграл, 1999. 76 с.
- Методы борьбы с инвазивным сорным растением – борщевиком Сосновского (краткий обзор) / Т. Я. Ашихмина, Н. В. Сырчина, И. Г. Широких [и др.] // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : матер. XXI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Киров, 15 ноября 2023 года. Киров : Вятск. гос. ун-т, 2023. С. 111–117.
- Методы контроля распространения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на землях лесного фонда / А. Б. Егоров, Л. Н. Павлюченкова, А. Н. Партолина [и др.] // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2020. № 3. С. 4–20.
- Моренко К. С., Доржиев С. С., Базарова Е. Г. Методика учета растительной массы борщевика Сосновского // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 3 (36). С. 107–111.
- О применении в 2024 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду : Постановление Правительства Российской Федерации от 17.04.2024 г. № 492. URL: <http://government.ru/docs/all/153010/> (дата обращения: 20.09.2024).
- О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах : Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913. URL: <http://government.ru/docs/all/108250/> (дата обращения: 20.09.2024).
- Об охране окружающей среды : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 20.09.2025).
- Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами : приказ Росстандарта от 23.12.2020 № 2181. URL: <https://base.garant.ru/400150244/> (дата обращения: 20.09.2025).
- Об утверждении Критерии отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду : приказ Минприроды России от 04.12.2014 № 536. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411864554/> (дата обращения: 20.09.2025).
- Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды : приказ Минприроды России от 28.01.2021 № 59. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400189242/> (дата обращения: 20.09.2024).
- Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды : приказ Минприроды России от 08.07.2010 № 238. URL: <https://base.garant.ru/2172837/> (дата обращения: 20.09.2024).
- Об утверждении порядка паспортизации и типовых форм паспортов отходов I–IV классов опасности : приказ Минприроды России от 08.12.2020 № 1026. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400042566/> (дата обращения: 20.09.2024).

Об утверждении порядка подтверждения отнесения отходов I–V классов опасности к конкретному классу опасности : приказ Минприроды России от 08.12.2020 № 1027. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372441/ (дата обращения: 20.09.2024).

Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельного положения акта Правительства Российской Федерации : Постановление Правительства РФ от 31.05.2023 № 881. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_448455/ (дата обращения: 20.09.2024).

Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов : приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218071/ (дата обращения: 20.09.2024).

Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы : [учеб. пособие для вузов по спец. «Хим.-мех. технология древесины и древесных материалов»]. М. : Экология, 1991. 319 с.

Органо-неорганические гибридные композиты TiO_2/SiO_2 на основе технической целлюлозы из рисовой шелухи / И. О. Шаповалова, А. В. Вураско, Л. А. Петров, О. В. Стоянов // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19, № 7. С. 17–20.

Получение полимерных материалов из вторичного лигноцеллюлозного сырья / В. Г. Бурындина, А. В. Вураско, В. В. Глухих [и др.]. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2022. 188 с.

Годовалов Г. А., Залесов С. В., Лежнина Е. Н. Районирование лесов Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2011. № 8 (87). С. 38–39.

Серов, А. Г., Голубев В. В., Кудрявцев А. В. Исследование инновационных технологических процессов удаления борщевика // Научные приоритеты в АПК : инновации, проблемы, перспективы развития : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф., Тверь, 22 октября 2019 года. Ч. 2. Тверь : Твер. гос. с.-х. акад., 2019. С. 105–111.

СП 502.1325800.2021. Свод правил. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ : утв. приказом Минстроя России от 16.07.2021 № 475/пр. М. : РСТ, 2021. 142 с.

Харина Г. В., Алешина Л. В. Аккумуляция тяжелых металлов в почвах Свердловской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333, № 2. С. 173–183. DOI: 10.18799/24131830/2022/2/3330

References

- Buryndin V. G., Artyomov A. V., Savinovskikh A. V. Production of wood fuel pellets at enterprises of small and medium-sized businesses // Systems. Methods. Technologies. 2022. № 2 (54). P. 190–195. DOI: 10.18324/2077-5415-2022-2-190-195 (In Russ.)
- Dalke I. V., Chadin I. F., Zakhozhy I. G. Analysis of measures to eliminate undesirable growth of Sosnovsky's hogweed (*Heraculum sosnowskyi* Manden.) on the territory of the Russian Federation // Russian Journal of Biological Invasions. 2018. Vol. 11, № 3. P. 44–61. (In Russ.)
- Dorzhiev S. S., Bazarova E. G. Bioethanol from the green mass of Sosnovsky's hogweed // Innovations in agriculture. 2012. № 2 (2). P. 10–16. (In Russ.)
- Ershova A. S. The use of bortscht waste to obtain materials based on it // Eurasia Green : Abstracts of works by participants of the XI International Competition of research projects of young scientists and students, Yekaterinburg, May 13, 2020 / Rev. for the issue G. Yu. Pakhalchak, M. B. Vidrevich. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020. P. 31–35. (In Russ.)

- Godovalov G. A., Zalesov S. V., Zalesov E. N. Zoning of forests of the Sverdlovsk region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 8 (87). P. 38–39. (In Russ.)
- GOST 17.4.3.01–2017. Nature Protection (SSOP). Soils. General requirements for sampling (as amended, with Amendment № 1) : interstate standard : date of introduction 2019-01-01. Moscow : Standartinform, 2018. 10 p.
- GOST 17.5.3.06–85. Nature Protection (SSOP). Lands. Requirements for determining the norms for removing the fertile soil layer during excavation : interstate standard : date of introduction 1986-07-01 / Nature Protection. Lands: Collection of GOST standards. Moscow : Publishing House of Standards, 2002. 63 p.
- Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and harmlessness of environmental factors for humans : resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 28.12.2021 № 2 : URL: https://lic-solilecka-r56.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/196/3062/SP123685_21_0_1_.pdf (accessed 20.09.2024).
- Kharina G. V., Alyoshina L. V.* Accumulation of heavy metals in soils of the Sverdlovsk region // Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering. 2022. Vol. 333, № 2. P. 173–183. DOI: 10.18799/24131830/2022/2/3330 (In Russ.)
- Luneva N. N.* Sosnovsky's hogweed in the Russian Federation // Protection and quarantine of plants. 2014. № 3. P. 12–18. (In Russ.)
- Methodology for determining emissions of pollutants into the atmosphere during fuel combustion in boilers with a capacity of less than 30 tons of steam per hour or less than 20 Gcal per hour: Order of the State Committee of Ecology of Russia dated 09.07.1999 St. Petersburg : Integral Company, 1999. 76 p.
- Methods for controlling the spread of Sosnovsky's hogweed (*Heraculum sosnowskyi* Manden.) on the lands of the forest fund / *A. B. Egorov, L. N. Pavlyuchenkova, A. N. Partolina* [et al.] // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. 2020. № 3. P. 4–20. (In Russ.)
- Methods of combating invasive weeds – borscht of Sosnovsky (a brief overview) / *T. Ya. Ashikhmina, N. V. Syrchnina, I. G. Shirokikh* [et al.] // Biodiagnostics of the state of natural and natural-man-made systems : Materials of the XXI All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Kirov, November 15, 2023. Kirov : Vyatka State University, 2023. P. 111–117. (In Russ.)
- Morenko K. S., Dorzhiev S. S., Bazarova E. G.* The methodology of accounting for the vegetable mass of the Sosnovsky's hogweed // Electrical engineering and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2019. № 3 (36). P. 107–111. (In Russ.)
- Obolenskaya A. V., Yelnitskaya Z. P., Leonovich A. A.* Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose : [Textbook for universities in the specialty “Chemical fur. technology of wood and wood materials”]. Moscow : Ecology, 1991. 319 p.
- Obtaining polymer materials from secondary lignocellulose raw materials / *V. G. Buryndin, A. V. Vurasko, V. V. Glukhikh* [et al.]. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2022. 188 p.
- On approval of Criteria for classifying waste into Hazard classes I–V according to the degree of negative impact on the environment : order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 04.12.2014 № 536. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411864554> (accessed 20.09.2024).
- On approval of the Federal Classification Catalog of Waste: Rosprirodnadzor Order dated 22.05.2017 № 242. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218071 (accessed 20.09.2024).
- On approval of the information and technical handbook on the best available technologies “Waste disposal and neutralization by thermal methods”: Rosstandart Order № 2181 dated 12.23.2020. URL: <https://base.garant.ru/400150244/> (accessed 20.09.2024).
- On approval of the Methodology for calculating the amount of damage caused to atmospheric air as a component of the Natural environment : Order № 59 of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated January 28, 2021. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400189242> / (accessed 20.09.2024).

- On approval of the Methodology for calculating the amount of damage caused to soils as an object of Environmental protection: order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 08.07.2010 № 238. URL: <https://base.garant.ru/2172837> (accessed 20.09.2024).
- On approval of the procedure for certification and standard forms of waste passports of hazard classes I–IV : Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 08.12.2020 № 1026. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400042566> (accessed 20.09.2024).
- On approval of the procedure for Confirming the classification of waste of hazard classes I–V to a Specific hazard class : order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 08.12.2020 № 1027. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372441/ (accessed 20.09.2024).
- On approval of the Rules for Calculating and Charging fees for Negative Environmental Impacts and on Invalidation of Certain Acts of the Government of the Russian Federation and a separate provision of the Act of the Government of the Russian Federation : Decree of the Government of the Russian Federation dated 31.05.2023 № 881. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_448455 (accessed 20.09.2024).
- On Environmental Protection : Federal Law № 7-ФЗ of 10.01.2002. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 / (accessed 20.09.2024).
- On the application of payment rates for negative environmental impact in 2024 : Decree of the Government of the Russian Federation № 492 dated 17.04.2024. URL: <http://government.ru/docs/all/153010> / (accessed 20.09.2024).
- On the rates of payment for negative environmental impact and additional coefficients : Decree of the Government of the Russian Federation dated 13.09.2016 № 913. URL: <http://government.ru/docs/all/108250> / (accessed 20.09.2024).
- Organic-inorganic hybrid TiO_2/SiO_2 composites based on technical cellulose from rice husks / I. O. Shapovalova, A. V. Vurasco, L. A. Petrov, O. V. Stoyanov // Bulletin of the Techno-logical University. 2016. Vol. 19, № 7. P. 17–20. (In Russ.)
- Serov A. G., Golubev V. V., Kudryavtsev A. V. Research of innovative technological processes of borscht removal // Scientific priorities in agriculture: innovations, problems, prospects for development : A collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, Tver, October 22, 2019. Part 2. Tver : Tver State Agricultural Academy, 2019. P. 105–111. (In Russ.)
- SP 502.1325800.2021. A set of rules. Engineering and environmental surveys for construction. General rules of work : approved by order of the Ministry of Construction of Russia dated 16.07.2021 № 475/pr. Moscow : PCT, 2021. 142 p.

Информация об авторах

- A. B. Артемов – кандидат технических наук, доцент;
- A. C. Ершова – аспирант;
- B. Г. Бурындин – доктор технических наук, профессор;
- A. E. Шкуро – доктор технических наук, доцент.

Information about the authors

- A. V. Artyomov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
- A. S. Ershova – postgraduate student;
- V. G. Buryndin – Doctor of Technical Sciences, Professor;
- A. E. Shkuro – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 25.09.2024; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 25.09.2024; accepted for publication 10.11.2025.