



ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ECOLOGICAL BULLETIN OF DONBASS

№3

# Экологический вестник Донбасса



# **Экологический вестник Донбасса**

Научный журнал  
Выходит 4 раза в год  
Основан в марте 2020 г.  
Выпуск 3 2021

# **Ecological Bulletin of Donbass**

Scientific Journal  
Publication Frequency: 4 times a year  
Established: March, 2020  
Issue 3 2021

Алчевск  
2021

**УДК 502:504.06**

**Экологический вестник Донбасса**

**Научный журнал**

Выпуск 3 2021

**Основатели:  
ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» при поддержке  
Министерства природных ресурсов  
и экологической безопасности ЛНР**

*Свидетельство Министерства связи  
и массовых коммуникаций ЛНР  
о регистрации средства массовой  
информации ПИ 000174 от 19.01.2021*

*Рекомендовано учёным советом  
ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»  
(Протокол № 4 от 26.11.2021)*

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Усл. печат. л. 9,63  
Заказ № 234  
Тираж 100 экз.

Издательство не несёт ответственности за  
содержание материала, предоставленного  
автором к печати.

Адрес редакции, издателя и основателя:  
ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»  
пр. Ленина, 16, г. Алчевск, ЛНР  
94204  
E-mail: [info@dstu.education](mailto:info@dstu.education)  
Web-site: <http://www.dstu.education>

**ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ  
ЦЕНТР,**  
ауд. 2113, т./факс 2-58-59  
Свидетельство о государственной  
регистрации издателя, изготовителя  
и распространителя средства массовой  
информации  
МИ-СГР ИД 000055 от 05.02.2016.

**Главный редактор**

Вишневский Д. А. — к.т.н., доц., ректор

**Заместитель главного редактора**

Куберский С. В. — к.т.н., проф.,  
проректор по научной работе

**Редакционная коллегия:**

Дегтярев Ю. А. — Министр природных ресурсов  
и экологической безопасности ЛНР

Пяткова Н. П. — к.э.н., доц.

Ладыш И. А. — д.с.-х.н., доц.

Зинченко А. М. — к.э.н., доц.

Кусайко Н. П. — директор НЦМОС

Смирнова И. В. — к.х.н.

Левченко Э. П. — к.т.н., доц.

Проценко М. Ю. — к.т.н., доц.

Швыдченко С. С. — к.б.н., доц.

**Секретарь редакционной коллегии**

Подлипенская Л. Е. — к.т.н., доц.

Для научных работников, аспирантов,  
студентов высших учебных заведений, НИИ,  
сотрудников предприятий, занимающихся  
проблемами окружающей среды, органов  
государственной власти.

Язык издания:  
русский, английский

Компьютерная вёрстка  
*Исмаилова Л. М.*

© ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021  
© Чернышова Н. В., художественное  
оформление обложки, 2021

**ЭКОЛОГИЯ**

---

**ECOLOGY**



УДК 639.3.03:330.131.5

к.фарм.н. Федорова В. С.  
(ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР, fvs.valeri@gmail.com),  
к.б.н. Швыдченко С. С.  
(ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР, shvydchenko.1960@mail.ru)

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Проведена оценка экономического эффекта реализации товарной продукции, полученной от гибридов осетровых рыб, выращенных в пятирусной малогабаритной аквапонной установке с системой замкнутого водоснабжения. Рассчитанная экономическая эффективность выращивания и реализации рыбной продукции, которую определяли с учётом всех затрат на производство и цены реализации осетровых рыб в Луганской Народной Республике на текущий период времени, подтверждает перспективность данного метода не только в аспекте повышения экологической защищенности, но и с позиции рентабельности. Расчетные данные, полученные в ходе исследований, свидетельствуют о практической возможности и экономической целесообразности реализации проанализированного варианта использования установок замкнутого водообеспечения для подращивания мальков осетровых рыб.*

**Ключевые слова:** гибриды осетровых рыб, малогабаритная установка замкнутого водоснабжения, экономическая эффективность, аквапоника, себестоимость и рентабельность продукции.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** В настоящее время из-за активной хозяйственной деятельности резко увеличились сбросы промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков в естественные водоёмы, водная среда оказалась сформированной человеком, причем стихийно и с общим балансом показателей, неблагоприятных для жизнеобитания водных организмов, особенно на ранних этапах их развития [1, 2]. Следствием этого является повышенная гибель икры, личинок и молоди большинства видов рыб, главным образом, особенно ценных. В современном мире одной из наиболее перспективных отраслей сельскохозяйственного экологически чистого производства, в основе которого лежит выращивание в естественных и искусственных водоёмах разнообразной товарной рыбы, представляется рыбоводство.

**Постановка задачи.** В ходе внедрения инновационных технологий и всесторонней интенсификации различных отраслей народного хозяйства, в частности сельского,

можно увеличить экологическую чистоту продуктов питания, а также повысить эффективность производства. Для достижения этого применяют для выращивания разнообразных рыб, включая осетровые, установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), которые пригодны для использования на более распространённых урбанизированных территориях. Преимущества, технологические особенности, комплектация и обязательные элементы УЗВ, способы очистки воды были описаны ранее [3], поэтому на перечисленных характеристиках останавливаться нет необходимости. Необходимо отметить, что указанная технология занимает особое место в системе безотходного экологически чистого производства сельскохозяйственной продукции. Данная установка предоставляет возможность обеспечить осетровым рыбам необходимые запасы кислорода и помогает поддерживать в бассейнах температурный режим на необходимом уровне для получения максимального эффекта от выращивания, в результате чего они набирают товарную массу уже на

протяжении первого года жизни. Особенностью эксплуатации УЗВ-комплекса является биологическая регенерация химического состава воды за счёт высвобождения оборотной воды от ключевого лимитирующего компонента — соединений азота (аммоний, нитриты, нитраты), которые поступают в систему вследствие жизнедеятельности гибридной формы осетровых и обладают токсическими свойствами.

Выращивание гибридов осетровых рыб (бестер и стербел) в указанных высокоинтенсивных установках является очень перспективным, что позволяет получить высококачественную продукцию за весьма непродолжительный период времени. Гибридные формы осетровых играют важную роль в качестве объектов товарного рыбоводства, а также они обладают более выраженной способностью адаптироваться к всевозможным изменениям условий окружающей среды. Вследствие разведения гибридов осетровых рыб проявляется эффект гетерозиса. Это эффект гибридной силы, которая выражается в том, что качество потомства при смешивании чистых популяций вырастает. Описанный эффект приводит к получению полноценной пищевой деликатесной продукции в малый промежуток времени [4].

Исходя из указанного, *цель настоящего исследования* заключается в расчёте экономической эффективности культивирования хозяйственно ценных объектов аквакультуры в малогабаритных установках замкнутого водоснабжения и их реализация.

*Объектом исследования* являются гибридные осетровые рыбы — бестер и стербел, выращивание которых производилось в малогабаритных пятирусных УЗВ.

*Предмет исследования* — производственная деятельность и факторы, влияющие на экономическую эффективность получаемого результата.

В качестве *задачи* анализировали оценку экономической эффективности культивирования осетровых рыб до товарной массы в установке замкнутого водообеспечения.

**Методика исследования.** На кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности Государственного образовательного учреждения высшего образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический институт» (ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ») в рамках выполнения государственной темы № 212 ГБ «Разработка рекомендаций по оптимизации технологических процессов в установках замкнутого водоснабжения для снижения себестоимости производимой продукции» организована лаборатория гидроэкологии и гидробиологии. Задачами лаборатории являются создание экспериментальной малогабаритной УЗВ для изучения оптимальных условий подращивания мальков осетровых и других видов рыб для зарыбления водоемов Республики с целью восстановления ее рыбных запасов, а также разработка технологических рекомендаций по выращиванию рыбы в системах замкнутого водоснабжения для малых предприятий и фермерских хозяйств.

Разработанный лабораторией технологический комплекс представляет собой интегрированную систему малогабаритных экспериментальных УЗВ для проведения научно-исследовательских работ по оптимизации процессов подращивания молоди рыб (на примере осетровых), отработки технологических аспектов биологической очистки оборотной воды и расчета себестоимости подращенных рыб для зарыбления естественных водоемов.

В составе комплекса используется два типа УЗВ: малогабаритные пятирусные установки для подращивания мальков со стартовой массой 3–5 г до молоди с массой 30+5 г и бассейновые установки для последующего дорастивания их до массы 250+50 г и выращивания товарной рыбы.

В составе пятирусной установки две функционально независимые системы: УЗВ-1 и УЗВ-2.

Комплектация УЗВ-1: пять бассейнов ( $V=0,50 \text{ м}^3$ ) в первом ярусе установки для содержания объектов аквакультуры и блок очистки оборотной воды в составе двух

бассейнов ( $V=0,50 \text{ м}^3$ ), один из которых — биофильтр с плавающей пластиковой био-загрузкой (бутылочные крышки), второй бассейн — биоплато с вертикально расположенными сетчатыми рамками с яванским мхом.

Комплектация УЗВ-2: четыре бассейна ( $V=0,50 \text{ м}^3$ ) во втором ярусе установки для содержания объектов аквакультуры, девять бассейнов ( $V=0,25 \text{ м}^3$ ) в третьем-пятом ярусах установки для гидропонных модулей и биоплато.

Бассейновый комплекс представляет собой две независимые установки: УЗВ-1 оснащена пластиковым круглым бассейном диаметром 3,0 м и высотой 0,75 м, УЗВ-2 — пластиковым круглым бассейном диаметром 2,0 м и высотой 0,75 м.

Экономическую эффективность оценивали по следующим показателям: общие затраты, доход, прибыль, себестоимость и рентабельность. Расчёты производили на примере выращиваемых в лаборатории гидроэкологии и гидробиологии ценных видов рыб в УЗВ. Стоимостные показатели рыбопосадочного материала, кормов, цены реализации товарного осётра были утверждены из сложившейся ситуации в Луганской Народной Республике в 2021 году.

Общие затраты подсчитывали по упрощённой схеме, брали во внимание расходы на рыбопосадочный материал, корма, водопотребление и эксплуатационные расходы. Вычисление себестоимости проводили согласно структуре, описанной Михайловой [5].

Статистическую обработку данных выполняли по общепринятой методике с применением t-критерия Стьюдента [6].

**Изложение материала и его результаты.** Исходными данными для анализа экономической эффективности послужили основные инвестиционные затраты проекта, которые представлены в таблице 1, а также расчёт себестоимости выращивания мальков осетровых рыб (как самых дорогостоящих), с целью зарыбления водоёмов Республики особо ценными видами рыб.

Опыт Российской Федерации с зарыблением акваторий рек и внутренних водоёмов молодь осетровых рыб позволил предположить возможность интродукции этих видов рыб во внутренние водоёмы Луганской Народной Республики.

Подращивание мальков осетровых рыб от 5 г до массы 30 г. При зарыблении УЗВ рыбопосадочным материалом осетровых рыб массой 3–5 г при температуре 22–24 °С и отсутствием принудительной оксигенации рекомендуемая плотность посадки рыб составляет 500–800 шт/м<sup>2</sup>. Плотность посадки осетровой молоди массой  $\approx 30$  г — 100–250 шт/м<sup>2</sup>. Площадь бассейнов пятиярусной установки нашей лаборатории для подращивания молоди рыб составляет —  $1,2 \cdot 9,0 = 10,8 \text{ м}^2$ . Указанная площадь бассейнов позволяет принять 3–5-ти граммовых мальков осетровых рыб до 8640 особей (в зависимости от плотности посадки). На этой же площади можно содержать до 2700 экземпляров молоди 30-ти граммовых мальков осетровых рыб.

В своих расчетах по зарыблению лабораторной пятиярусной УЗВ мальками осетровых рыб мы учитывали, как возможности «стартовой» посадки мальков, так и возможность их подращивания до массы 30 г. С учетом неравномерного роста мальков, необходимости их сортировки и рассаживания с разной массой по отдельным бассейнам, ожидаемой убыли рыб в процессе адаптации, для стартового зарыбления мы использовали пять бассейнов. В каждую емкость с площадью дна  $1,2 \text{ м}^2$  нами рекомендовано высаживать по 1000 экземпляров.

Процесс подращивания зарыбка до массы 30+5 г в наших условиях занял четыре месяца. При этом, в течение первых двух месяцев, в производственный цикл для отсаживания мальков с отклонениями в массе были задействованы свободные четыре бассейна. Отклонения в средней массе рыб составило:  $\approx 20\%$  обгоняли в росте остальных рыб в  $1,8 \pm 0,2$  раза;  $\approx 18\%$  отставали в росте в  $2,0 \pm 0,2$  раза. Поэтому рыб сортировали по



## ЭКОЛОГИЯ

пяти группам: суперкрупные ( $\approx 10\%$  от общего количества) — бассейн № 1; крупные ( $\approx 10\%$ ) — бассейн № 2; мелкие ( $\approx 15\%$ ) — бассейн № 3; сверхмелкие ( $\approx 3\%$ ) — бассейн № 4; рыбы средней массы ( $\approx 60\%$ ) — бассейны № 5–9. Убыль рыбы за период выращивания составила около 20%. Главным образом, за счет адаптации к новой водной

среде (зарыбок выращивался на артезианской воде, в наших условиях — водопродная) и в процессе перехода на новые корма. От заболеваний погибло менее 1% рыб, в основном, вследствие газо-пузырьковой болезни (не инфекционное заболевание). По достижению мальками массы 30 и более грамм, их отсаживали в бассейновые УЗВ.

Таблица 1

## Инвестиционные затраты

№ п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Оборудование				221650
1.1	Емкость «Еврокуб» 1,2×1,0×1,0 м	шт.	8	6000	48000
1.2	Бассейн пластиковый диаметром 3,0 м	шт.	1	38000	38000
1.3	Бассейн пластиковый диаметром 2,0 м	шт.	1	32000	32000
1.4	Садок пластиковый диаметром 2,0 м	шт.	1	6000	6000
1.5	Электронасос вихревой	шт.	4	5000	20000
1.6	Компрессор многоканальный	шт.	4	4700	18800
1.7	Насос дренажный	шт.	1	3600	3600
1.8	Обогреватель УФО	шт.	2	3000	6000
1.9	Кондиционер	шт.	2	18000	36000
1.10	Весы торговые электронные	шт.	1	2500	2500
1.11	Лампа светодиодная для растений	шт.	10	650	6500
1.12	Бактерицидная лампа	шт.	2	800	1600
1.13	Таймер	шт.	4	500	2000
1.14	Сачок рыболовный	шт.	1	650	650
2	Расходные материалы	шт.			36040
2.1	Биоагрузка для биофильтра	шт.	10000	1	10000
2.2	Труба пластик пайка d=32 водопровод	м	60	90	5400
2.3	Труба пластик пайка d=20 водопровод	м	120	45	5400
2.4	Уголок пластик 90° и 45° d=32 водопровод	шт.	50	10	500
2.5	Тройник 32×32 и 32×20	шт.	200	20	4000
2.6	Сетка огородная	м	40	100	4000
2.7	Труба пластик d=110 канализация	м	10	160	1600
2.8	Колено, тройник пластик d=110 канализация	шт.	4	150	600
2.9	Сифон	шт.	20	180	3600
2.10	Кран шаровый	шт.	2	120	240
2.11	Ящик пластиковый овощной	шт.	4	50	200
2.12	Колба для угольного фильтра	шт.	2	250	500
3	Маточные культуры для живых кормов				7250
3.1	Дафния (партия — 100 шт.)	партия	5	50	250
3.2	Креветка пресноводная	шт.	100	20	2000
3.3	Червь дождевой (гибрид «Старатель») партия 1500 шт.	партия	2	2500	5000
	<b>Итого:</b>				<b>264940</b>

**ЭКОЛОГИЯ**

Некоторые особи отставали по массе от остальных рыб, питались неинтенсивно, наблюдалось угнетение их другими рыбами. Неравномерность роста рыб объясняется индивидуальными особенностями организма, носит наследственный характер и связано с различной качественностью эмбрионов, личинок в раннем онтогенезе. В связи с этим, обязательно проводили несколько сортировок за период выращивания, что способствовало увеличению темпа роста отстающих по массе осетровых рыб.

В дальнейших расчетах подращивания молоди рыб от массы 30 г до массы 300 г учитывали площади бассейновых УЗВ с учетом дополнительных площадей за счет

садка для подращивания других возрастных групп рыб.

В таблицах 2–5 и на рисунке 1 приведены расчеты затрат на подращивание мальков осетровых рыб от массы 5 г до массы 30 г.

Расшифровка затрат на живые и натуральные корма. Стартовая масса зарыбка составляет  $0,005 \cdot 5000 = 25$  (кг). Для того, чтобы конечная масса малька составила 30 г необходим прирост массы 25 г, т. е.  $0,025 \cdot 5000 = 125$  (кг). Специализированные комбикорма ведущих зарубежных фирм имеют кормовой коэффициент 1,4. Живые и натуральные корма  $\approx 4,0$ . Таким образом, расход кормов составит  $125 \cdot 4 = 500$  (кг).

Таблица 2

Расходные материалы на производство

Наименование затрат		Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
Рыболосадочный материал	Малек осетровых рыб (масса 5,0 г/шт.)	шт.	5000	100	500000
	Живые и натуральные корма				0
	Мотыль (свежемороженный)	кг	40	750	30000
	Дафния, креветка	кг	10	0	0
	Дождевой червь	кг	200	0	0
	Фарш трески	кг	250	250	62500
Расходные материалы	Угольный фильтр	шт.	10	120	1200
	Синтепон	п/м	20	100	2000
	Поролон	п/м	10	250	2500
	Капельные экспресс-фильтры для анализа воды	набор	1	5200	5200
	Силикон водостойкий	шт.	2	280	560
<b>Итого:</b>					<b>603960</b>

Таблица 3

Оплата электроэнергии

Наименование оборудования	Кол-во	Мощность оборудования, кВт/час	Кол-во часов использования оборудования	Потребляемая мощность, кВт	Стоимость 1 кВт/час, руб.	Общая стоимость, руб.
Лампа светодиодная, бактерицидная	12	0,016	1440	276	4,38	1211
Воздуходувка многоканальная	2	0,045	2880	259	4,38	1135
Насос водяной вихревой	2	0,55	1440	1584	4,38	6938
Насос дренажный	1	0,85	128	109	4,38	477
Обогреватель УФО	1	2	720	1440	4,38	6307
Кондиционер	1	2,5	360	900	4,38	3942
<b>Итого:</b>						<b>20010</b>

**ЭКОЛОГИЯ**

**Таблица 4**  
Оплата водоснабжения и водоотведения

Наименование затрат		м <sup>3</sup> /сут.	Кол-во раб. дней	Цена, руб.	Сумма, руб.
Водоснабж.	Бытовое (3 чел.)	0,016	120	46	265
	УЗВ	1	120	46	5520
Водоотвед.	Бытовое (3 чел.)	0,016	120	30	171
	УЗВ	1	120	30	3600
<b>Итого:</b>					<b>9556</b>

**Таблица 5**  
Сводная ведомость производственных затрат

Наименование затрат	Сумма, руб.
Оплата труда	153620
Начисление на оплату труда 31 %	47622
Расходные материалы на произ-во	603960
Оплата электроэнергии	20010
Оплата услуг	1414
Оплата водоснабжения и водоотведения	9556
Амортизация оборудования	8831
<b>Итого:</b>	<b>845013</b>

При подращивании мальков рекомендуемые нами нормы кормления — на начальной стадии дафния — 0,5 %; креветка — 1,5 %, мотыль — 8 %; по мере роста рыбы в состав кормов вводится дождевой червь — 40 % и фарш трески — 50 %. Расшифровка затрат на амортизационные отчисления:  $264940 \cdot 10 \% / 12 \cdot 4 = 8831$  (руб.).

Себестоимость подращенного малька осетровых рыб с учетом убыли 20 % составила  $845013 / 4000 = 211$  руб./шт.

Подращивание мальков осетровых рыб от массы 30 г до массы 250+50 г. Площадь бассейна УЗВ-1 диаметром 3,0 м составляет  $\approx 7,0$  м<sup>2</sup>; площадь садка диаметром 2,0 м составляет  $\approx 3,1$  м<sup>2</sup>. Площадь бассейна УЗВ-2 диаметром 2,0 м составляет  $\approx 3,1$  м<sup>2</sup>. Таким образом, общая площадь бассейнов УЗВ-1 и УЗВ-2 равна  $\approx 13,2$  м<sup>2</sup>. Рекомендуемая плотность посадки осетровых рыб массой 300 г составляет 250–300 шт./м<sup>2</sup>, т. е., на имеющиеся в лаборатории площади можно высадить 3960 шт. молоди осетровых рыб. При подращивании молоди от массы 30 г до массы 250+50 г ожидаемый выход рыбы составит  $\approx 90$  %, иными словами — 3600 шт. (900 кг). Продолжительность выращивания — 4 месяца.



Рисунок 1 Затраты на подращивание мальков осетровых рыб

Стартовая масса зарыбка составляет  $0,03 \cdot 4000 = 120$  (кг). Для того, чтобы конечная масса малька составила 250 г необходим прирост массы 220 г, а именно:  $0,22 \cdot 4000 = 880$  (кг). При кормовом коэффициенте натуральных и живых кормов 4,0 необходимое количество корма составит  $880 \cdot 4 = 3520$  (кг), из них 20 % (704 кг) — дождевой червь; 30 % (1056 кг) — фарш трески и 50 % (1760 кг) — килька «Черноморка».

Ниже представлены расчеты затрат на подращивание молоди осетровых рыб до массы 250+50 г (табл. 6–7). Расшифровка затрат на амортизационные отчисления:  $264940 \cdot 10\% / 12 \cdot 4 = 8831$ . Себестоимость подращенного малька сеголеток осетровых рыб с учетом убыли 10 % составила 410 руб./шт.

Выращивание товарной осетровой рыбы массой 800+200 г. Продолжительность выращивания — 6 месяцев. Выход — 95 %, а именно от посаженных в УЗВ 3600 экземпляров сеголеток можно ожидать около 3400 штук товарной рыбы средней массой 0,8 кг. Таким образом, при изначальной массе высаживаемых сеголеток осетровых рыб 900 кг ожидаемый суммарный живой вес товарной продукции должен составить 2720 кг.

Прирост —  $2720 - 900 = 1820$  кг. При кормовом коэффициенте 4,0 это потребует

кормовых затрат  $1820 \cdot 4 = 7280$  (кг), из них: 20 % (1456 кг) — дождевой червь; 30 % (2184 кг) — фарш трески и 50 % (3640 кг) — килька «Черноморка».

На рисунке 2 и в таблице 8–9 проиллюстрированы расчеты затрат на выращивание товарных осетровых рыб до массы 800+200 г.

Затраты на выращивание товарных осетровых рыб с учетом убыли 5 % на этом этапе составили 2629495 руб. Себестоимость 1-го экземпляра осетровых равняется  $2629495 / 3420 = 769$  руб./шт. Себестоимость товарных осетровых рыб массой  $\approx 800$  г при данных условиях производства составила  $2629495 / 2720 = 967$  руб./кг.

Оптовая цена товарной осетровой рыбы живым весом от производителей в Луганской Народной Республике составляет: Краснодарское осетровое хозяйство — 1450–1500 руб./кг. При реализации по таким ценам прибыль производимой нами продукции должна составлять 480–530 руб./кг. При объемах реализации 2720 кг в год общая прибыль составит 1305600–1441600 руб. Затраты — 2629495 руб. Рентабельность производства, таким образом, будет в пределах 49,7–54,8 %.

В расчетах не учитывались отчисления налоговых платежей, аренда земли или помещений. Поэтому реальная прибыль и рентабельность будут несколько ниже.

Таблица 6

Расходные материалы на производство сеголеток осетровых рыб

Наименование затрат		Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
Рыбопосадочный материал, живые и натуральные корма	Малек осетровых рыб (масса 30,0 г/шт.)	шт.	4000	211	848000
	Мотыль (свежемороженный)	кг	0	0	0
	Фарш трески	кг	1056	250	264000
	Дождевой червь	кг	704	0	0
	Килька «Черноморка»	кг	1760	60	105600
Расходные материалы	Угольный фильтр	шт.	10	120	1200
	Синтепон	п/м	20	100	2000
	Поролон	п/м	10	250	2500
	Капельные экспресс-фильтры для анализа воды	набор	1	5200	5200
<b>Итого:</b>					<b>1224500</b>

**ЭКОЛОГИЯ**

Таблица 7  
Сводная ведомость производственных затрат

Наименование затрат	Сумма, руб.
Оплата труда	153620
Начисление на оплату труда 31 %	47622
Расходные материалы на произ-во	1224500
Оплата электроэнергии	21568
Оплата услуг	1414
Оплата водоснабжения и водоотведения	18676
Амортизация оборудования	8831
<b>Итого:</b>	<b>1476231</b>

В наши задачи входили, прежде всего, интересы зарыбления водоемов Республи-

ки бюджетными организациями ценными видами рыб, а не коммерческие интересы по их выращиванию. Согласно полученным расчётным данным можно сказать, что окупаемость затрат на организацию осетрового хозяйства произойдет в течение нескольких циклов производства.

Для сравнения: оптовая стоимость живой рыбы осетровых видов в Российской Федерации находится в пределах от 600 до 2000 руб./кг. Цена живого осетра непосредственно зависит от его размера. К примеру, рыба длиной 18–20 см стоит примерно 400–800 руб./кг, более 35 см — от 1300 руб./кг, а от 100 см — свыше 2500 рублей.

Таблица 8

Расходные материалы на производство сеголеток осетровых рыб

№ п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Рыбопосадочный материал				
1.1	Сеголетка осетровых рыб (масса 250,0 г/шт)	шт.	3600	410	1476000
2	Живые и натуральные корма				0
2.1	Дождевой червь	кг	1456	0	0
2.2	Фарш трески	кг	2184	250	546000
2.3	Килька «Черноморка»	кг	3640	60	218400
3	Расходные материалы				0
3.1	Угольный фильтр	шт.	10	120	1200
3.2	Синтепон	п/м	20	100	2000
3.3	Поролон	п/м	10	250	2500
3.4	Капельные экспресс-фильтры для анализа воды	набор	1	5200	5200
	<b>Итого:</b>				<b>2251300</b>

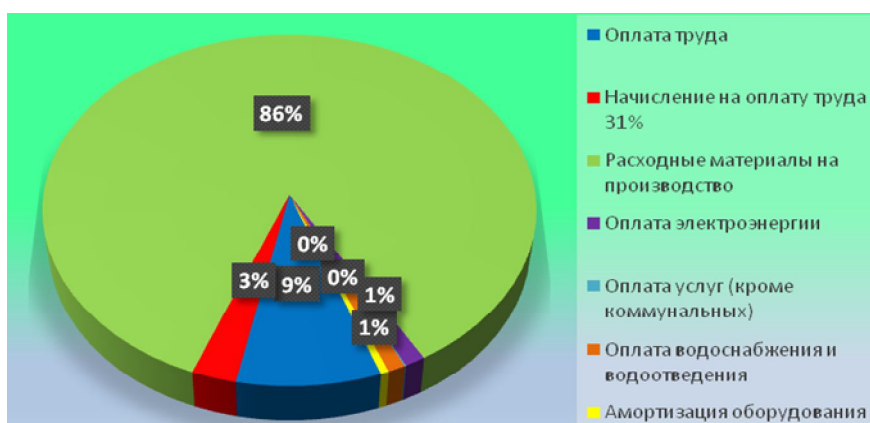


Рисунок 2 Общие затраты на выращивание товарных осетровых рыб

**ЭКОЛОГИЯ**

*Таблица 9*  
Сводная ведомость производственных затрат

Наименование затрат	Сумма, руб.
Оплата труда	230430
Начисление на оплату труда 31 %	71433
Расходные материалы на производство	2251300
Оплата электроэнергии	32986
Оплата услуг	2082
Оплата водоснабжения и водоотведения	28017
Амортизация оборудования	13247
<b>Итого:</b>	<b>2629495</b>

Кроме того, в отдельных регионах цена будет различна. Например, по сообщению сайта Интернета skolkos.ru, в Москве живой осетр будет стоить в пределах 1100–1500 руб./кг, Саратове — около 800 руб./кг, Нижнем Новгороде — приблизительно 900 руб./кг. В результате стремительного падения запасов осетровых рыб цены на продукцию ежегодно растут.

Данные в таблицах 10 и 11 демонстрируют расценки на малька и товарную живую осетровую рыбу в Российской Федерации по сообщению сайта Интернета rybka.vprud.ru.

*Таблица 10*

Рыбопосадочный материал, опт в Москве, руб./шт.

Малек	от 300 шт.	от 200 шт.	от 100 шт.	от 50 шт.	от 30 шт.	от 10 шт.
Осетр 12–18 см	250	270	310	320	330	350
Бестер	150	170	200	220	230	250
Стербел	150	170	200	220	230	250
Веслонос	700	750	800	850	900	1000

*Таблица 11*

Рыба живая, опт в Москве, руб./кг

Живая рыба	от 300 кг	от 200 кг	от 100 кг	от 50 кг	от 30 кг	от 10 кг
Осетр	900	1000	1100	1300	1500	1800
Бестер	850	900	1000	1100	1200	1500
Стербел	850	900	970	1100	1200	1500
Веслонос	1300	1400	1500	1600	1700	2000

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Исходя из полученных данных, можно заключить, что в установках замкнутого водообеспечения происходит полный контроль условий культивирования рыбной продукции, обеспечивается наиболее оптимальный режим её содержания, а также происходит быстрый рост и развитие осетровых.

Настоящий анализ экономической эффективности выполнен применительно к существующему на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности ГОУ ВО ЛНР «ДонГИ» УВЗ-комплексу, который характеризуется мощностью до 5 т товарной рыбы.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вы-

вод, что молодь осетра, выращенная в УЗВ-комплексах, обладает достаточно высокими темпами роста. Кроме того, важно подчеркнуть, что прибыль можно будет получить уже спустя два-три года существования такого комплекса.

В целом следует отметить следующее: выполненные расчёты экономической эффективности показывают, что используемый способ выращивания гибридов осетровых рыб выгоден, поскольку выявлена хорошая рентабельность произведённой продукции, которая достигает около 50 %, при минимальной себестоимости. Такие результаты получены за счёт высоких рыбоводных показателей (выживаемость, темпы роста рыб и невысокий кормовой коэффициент).

Необходимо добавить, что по причине высокой себестоимости аквакультуры в установках замкнутого водоснабжения экономически оправдано выращивание в таких условиях, в основном, ценных видов рыб (осетровые). Основными критериями диверсификации производства продукции рыбоводства являются: высокая адаптивность выращиваемых объектов к абиотическим факторам среды, высокий биологический потенциал и технологичность объекта, востребованность на рынке и перерабатывающих предприятиях.

Несмотря на все затраты и сложности, разведение осетровых в УЗВ, благодаря высокому коэффициенту полезного действия весьма прибыльно и имеет ряд преимуществ перед выращиванием осетра в открытых водоёмах. В первую очередь,

это полный контроль над процессом выращивания рыбы, постоянный химический анализ воды, здоровье рыбы, дозировка корма, оптимальный температурный режим. Природные условия, таким образом, никак не влияют на ростовые показатели рыбы. Расход воды сводится к минимуму. Рыба ограждена от паразитов и инфекций. Существенно сокращаются затраты на приобретения кормов, поскольку имеется возможность постоянного контроля за их поеданием и культивированием живых кормов, например, дафнии, червь дождевой (гибрид «Старатель»), непосредственно совместно с разведением осетровых рыб. В результате организации оптимальных условий, прирост рыбы происходит вдвое, а может и втрое быстрее, чем в природных условиях.

### Библиографический список

1. Подлипенская, Л. Е. Оценка экологического состояния Исаковского водохранилища в современных условиях [Текст] / Л. Е. Подлипенская, Ю. С. Бакуменко // Экологический мониторинг и биоразнообразие : материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, г. Ишим / под. ред. А. Ю. Левых. — 2018. — С. 34–38.
2. Федорова, В. С. Оценка качества поверхностных вод водоёмов как объект рекреации [Текст] / В. С. Федорова, Ю. С. Бакуменко // Экологический вестник Донбасса. — 2021. — № 2. — С. 17–27.
3. Федорова, В. С. Использование малогабаритных ярусных установок замкнутого водоснабжения для исследования оптимальных условий подраживания мальков осетровых рыб [Текст] / В. С. Федорова, С. С. Швыдченко, Т. С. Олейник // Экологический вестник Донбасса. — 2021. — № 2. — С. 11–16.
4. Поддубная, И. В. Исследование гидрохимических параметров водной среды УЗВ при создании оптимальных условий для выращивания маточного поголовья осетровых рыб [Текст] / И. В. Поддубная, О. А. Гуркина, Р. С. Лексаков [и др.] // Актуальные проблемы и перспективы развития ветеринарной медицины, зоотехнии и аквакультуры : материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию Заслуженного деятеля науки РФ, Почётного работника ВПО РФ, доктора ветеринарных наук, профессора, Почётного профессора Саратовского ГАУ, профессора кафедры «Морфология, патология животных и биология» ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ Дёмкина Г. П». — 2016. — С. 289–292.
5. Михайлова, Ю. И. Резервы повышения экономической эффективности современных направлений осетроводства [Текст] / Ю. И. Михайлова // Проблемы современного товарного осетроводства : науч.-практич. конф. — Астрахань, 2000. — С. 25–34.
6. Плохинский, Н. А. Математические методы в биологии [Текст] : учебно-методическое пособие для студентов биологических факультетов университетов / Н. А. Плохинский. — МГУ, 1978. — 340 с.

© Федорова В. С.

© Швыдченко С. С.

*Рекомендована к печати к.э.н., доц., зав. каф. финансов  
ф-та экономики и бизнеса ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. Даля» Эккерт Е. А.,  
к.т.н., проф. каф. прикладной гидромеханики ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» Левченко Э. П.*

*Статья поступила в редакцию 11.11.2021.*

**PhD in Pharmacy Fyodorova V. S.** (SEI HE LPR “DonSTI”, Alchevsk, LPR, fvs.valeri@gmail.com),  
**PhD in Biology Shvydchenko S. S.** (SEI HE LPR “DonSTI”, Alchevsk, LPR, shvydchenko.1960@mail.ru)  
**ECONOMIC EFFICIENCY OF STURGEON FISH GROWING IN SMALL-SIZED  
RECIRCULATING WATER SUPPLY PLANTS**

*An economic effect assessment has been done for selling of marketable products obtained from sturgeon hybrids raised in a five-tier small-sized aquaponic plant with a recirculating water supply system. The calculated economic efficiency of growing and selling fish, which was determined considering all the production costs and selling prices of sturgeon fish in the Lugansk People’s Republic for the current period of time, confirms the prospects of this method not only in terms of increasing environmental protection, but also from the standpoint of profitability. The calculated data obtained in the course of the research indicate the practical possibility and economic feasibility of implementing the analyzed variant of using recirculating water supply plants for sturgeon growing.*

**Key words:** *sturgeon hybrids, small-sized recirculating water supply plant, economic efficiency, aquaponics, production.*



УДК 613:628.144.2+616.34-002

*Концесвитная Г. В.,  
Кононов К. Э.,  
Соболева Л. С.*

*(Луганская республиканская санитарно-эпидемиологическая станция,  
г. Луганск, [sesmzlnr@gmail.com](mailto:sesmzlnr@gmail.com)),*

*д.м.н. Капранов С. В.,  
Тарабцев Д. В.,  
Сухомлинова Т. Е.*

*(Алчевская городская санитарно-эпидемиологическая станция,  
г. Алчевск, [alch\\_ses\\_ok@mail.ru](mailto:alch_ses_ok@mail.ru))*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ И КАЧЕСТВА ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ОСТРЫМИ КИШЕЧНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ**

*Выполнена оценка влияния технического состояния водопроводных сетей и качества воды централизованного питьевого водоснабжения на заболеваемость населения острыми кишечными инфекциями. Установлено достоверное прямое влияние количества аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения и показателей эпидемической безопасности питьевой водопроводной воды (удельного веса проб воды не соответствующих установленным нормам) на заболеваемость населения острыми кишечными инфекциями. Разработаны мероприятия по профилактике указанной патологии в связи с санитарно-техническим состоянием водопроводных систем и качеством водопроводной воды.*

**Ключевые слова:** водопроводные сети, качество питьевой воды, острые кишечные инфекции.

**Постановка проблемы, обоснование ее актуальности.** Качество употребляемой питьевой воды является одним из важных факторов среды жизнедеятельности, влияющих на состояние здоровья населения и условия его проживания. Поэтому обеспечение жителей доброкачественной питьевой водой рассматривается как важная задача государства и общества. Под доброкачественностью питьевой воды понимается не только наличие у нее благоприятных органолептических свойств, безвредность химического состава, но также безопасность в радиационном и эпидемическом отношении.

За многолетний период специалистами изучено влияние различных показателей питьевой воды на состояние здоровья детского и взрослого населения. Доказана роль употребления питьевой воды с повышенными общей жесткостью и содер-

жанием сухого остатка, хлоридов, сульфатов на формирование у детей и подростков различных функциональных отклонений в состоянии здоровья, а у взрослых жителей — заболеваний системы пищеварения, кровообращения и связанной с ней дыхательной системы [1, 2].

Употребление питьевой воды с повышенным содержанием нитратов у детей увеличивает риск возникновения зоба и инфекционных заболеваний верхних дыхательных путей [3]. Опасными загрязнителями питьевой воды являются фенол и хлороформ, которые обладают высокой биологической активностью и способствуют развитию неблагоприятных (канцерогенных, мутагенных, иммунотоксических) эффектов [4, 5].

К массовым и тяжелым последствиям для здоровья населения может привести распространение водным путем возбудителей инфекционных заболеваний, особенно

различных кишечных инфекций. В Российской Федерации описано влияние микробного загрязнения водопроводной воды на заболеваемость детей острыми кишечными инфекциями (ОКИ) и построены регрессионные модели, устанавливающие количественные зависимости между показателями качества воды и заболеваемостью [6]. Одним из основных возбудителей, передаваемых в организм человека через воду, является кишечная палочка (*Escherichia coli*). Согласно данным, опубликованным за рубежом, наиболее опасным штаммом этого возбудителя является *E. coli* O157:H7, особенно для детей до 5 лет, у 15 % которых в случае инфицирования развивается гемолитико-уремический синдром [7].

**Постановка задачи.** В связи со значительной ролью водного фактора в распространении ОКИ представляется актуальной разработка и внедрение эффективных санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий по защите здоровья населения различных возрастных и социальных групп.

**Целью** настоящей работы явилось изучение влияния технического состояния водопроводных сетей и качества воды централизованного питьевого водоснабжения на заболеваемость населения острыми кишечными инфекциями с последующей разработкой адекватных профилактических мероприятий.

**Объект исследования** — закономерность влияния технического состояния водопроводных сетей и качества воды централизованного питьевого водоснабжения на заболеваемость населения ОКИ.

**Предмет исследования** — сведения об авариях на сетях централизованного питьевого водоснабжения, показатели эпидемической безопасности питьевой водопроводной воды, заболеваемость населения острыми кишечными инфекциями.

**Методы исследования.** Исследования выполнены специалистами государственной санитарно-эпидемиологической службы (СЭС) за период 2016–2020 гг. на

14 административных территориях (в 11 городах и 3 районах), входящих в состав Луганской Народной Республики (ЛНР). В работе использованы за каждый месяц отдельно 2016 г., 2017 г., 2018 г., 2019 г., 2020 г., а также в целом за указанный период следующие данные:

- количество аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения (I фактор);
- удельный вес проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих требованиям Государственных санитарных правил и норм «Гигиенические требования к питьевой воде, предназначенной для употребления человеком» (ГСанПиН 2.2.4.171–10) от 12.05.2010 по показателям эпидемической безопасности (II фактор);

- заболеваемость населения острыми кишечными инфекциями (на 100 000 жителей).

С использованием метода парной корреляции проведена оценка корреляционной связи между количеством аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения, удельным весом проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности, и заболеваемостью населения острыми кишечными инфекциями. Также оценка указанной связи была выполнена со сдвигом на 1 месяц (то есть сведения об авариях на водопроводных сетях и данные об удельном весе проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности за предыдущие месяцы, сравнивали с заболеваемостью ОКИ в последующие месяцы).

Кроме того, все месяцы периода 2016–2020 гг. в зависимости от степени выраженности изучаемых факторов (данные об авариях на водопроводных сетях и сведения об удельном весе проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности) были разделены на 3 основные группы. Так при оценке I фактора в первую группу включены месяцы с минимальным количеством аварий, во вторую группу — со сред-

ним и в третью группу — с максимальным количеством аварий на водопроводных сетях. При оценке II фактора в первую группу включены месяцы с минимальным удельным весом проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам, во вторую группу — со средним и в третью группу — с максимальным удельным весом проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемиологической безопасности.

Для обоих изучаемых факторов, а также для заболеваемости населения ОКИ проведен расчет минимальных ( $M_{\min}$ ), средних ( $M \pm m$ ) и максимальных ( $M_{\max}$ ) величин. Далее выполнено сравнение заболеваемости ОКИ в указанные группы месяцев с оценкой достоверности различия по критерию Стьюдента ( $t$ ).

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных исследований установлено, что за период 2016–2020 гг. в Луганской Народной Республике среднемесячное минимальное количество аварий на водопроводных сетях составило — 751, среднее —  $921,017 \pm 11,970$  и максимальное — 1116.

В результате помесечного корреляционного анализа за период 2016–2020 гг. и в отдельные годы (2016 г., 2017 г., 2018 г., 2019 г., 2020 г.) в целом по Луганской Народной Республике между количеством аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения и удельным весом проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих требованиям по показателям эпидемиологической безопасности, достоверной связи не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

За период 2016–2020 гг. среднемесячный минимальный удельный вес проб водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемиологической безопасности, составил — 0,9 %, средний —  $6,33 \pm 0,39$  % и максимальный — 12,7 %.

За период 2016–2020 гг. в республике в результате помесечного корреляционного анализа между количеством аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения и заболеваемостью населения ОКИ уста-

новлена прямая слабая достоверная связь ( $r = +0,27$ ,  $D = 7,29$  %),  $p < 0,05$ . При этом за 2019 г. между указанными показателями выявлена прямая средняя достоверная связь ( $r = +0,69$ ,  $D = 47,61$  %),  $p < 0,05$ .

На следующем этапе работы в республике в результате помесечного корреляционного анализа между удельным весом проб водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемиологической безопасности, и заболеваемостью населения ОКИ установлена прямая средняя достоверная связь за период 2016–2020 гг. ( $r = +0,48$ ,  $D = 23,04$  %) и прямая сильная достоверная связь за 2019 г. ( $r = +0,80$ ,  $D = 64,00$  %),  $p < 0,05$ .

В результате проведения более углубленного анализа в Луганской Народной Республике выявлена прямая средняя достоверная корреляционная связь между удельным весом проб водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемиологической безопасности и заболеваемостью населения ОКИ за период 2016–2020 гг. со сдвигом на 1 месяц ( $r = +0,50$ ,  $D = 25,00$  %),  $p < 0,05$ . При этом результаты лабораторных исследований питьевой воды за каждый определенный месяц сравнивали с данными о заболеваемости населения ОКИ в последующий месяц.

На следующем этапе исследований и статистической обработки данных установлено, что за период 2016–2020 гг. в те 20 месяцев, в которые зарегистрировано на водопроводных сетях среднее количество аварий —  $915,00 \pm 5,09$ , и в другие 20 месяцев, в которые зарегистрировано максимальное количество аварий —  $1028,30 \pm 11,02$ , достоверно выше заболеваемость населения ОКИ, соответственно,  $16,22 \pm 1,20$  и  $15,48 \pm 0,98$  на 100000 жителей, по сравнению с 20 месяцами с минимальным количеством аварий —  $819,75 \pm 7,92$ , для которых характерен минимальный уровень заболеваемости ОКИ —  $12,51 \pm 1,00$  ( $p$  от  $< 0,05$  до  $< 0,001$ ). Данные в таблице 1.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что увеличение количества аварий на водопроводных сетях питьевого водоснабжения приводит к росту

заболеваемости населения ОКИ. По нашему мнению, это обусловлено тем, что в результате аварийных ситуаций с нарушением целостности водопроводных труб происходит проникновение загрязнений в водопроводную воду с ухудшением ее качества.

Далее получены сведения о том, что за период 2016–2020 гг. в те 20 месяцев, в которых обнаружен в питьевой водопроводной воде самый высокой удельный вес проб, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности –  $9,75 \pm 0,32$  %, достоверно выше заболеваемость населения ОКИ —  $17,92 \pm 1,07$ , по сравнению с 20 месяцами с минимальным удельным весом проб, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности —  $2,87 \pm 0,21$  %, для которых характерен минимальный уровень заболеваемости ОКИ —  $12,17 \pm 0,77$  ( $p$  от  $<0,05$  до  $<0,001$ ). Данные также в таблице 1.

Следовательно, при ухудшении качества питьевой водопроводной воды по показателям эпидемической безопасности отмечается достоверное увеличение заболеваемости населения ОКИ.

На заключительном этапе работы методом парной корреляции с использованием месячных данных за период 2017–2020 гг., а также в отдельности за 2017, 2018, 2019 и 2020 годы выполнена оценка связи между количеством аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения (I фактор), удельным весом проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности (II фактор), и заболеваемостью населения острыми кишечными инфекциями (ОКИ). Аналогичная статистическая обработка выполнена также со сдвигом на 1 месяц. Полученные данные в таблице 2.

Таблица 1

Влияние количества аварий на водопроводных сетях, удельного веса проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности, на заболеваемость населения острыми кишечными инфекциями за период 2016–2020 гг. ( $n = 60$ )

Влияние на заболеваемость острых кишечных инфекций	Количество аварий на водопроводных сетях			$p_{1,2}$	$p_{1,3}$	$p_{2,3}$
	$\frac{M_{\min}-M_{\max}}{M \pm m}$					
	низкое $\frac{751-879}{819,75 \pm 7,92}$	среднее $\frac{879-956}{915,00 \pm 5,09}$	максимальное $\frac{956-1116}{1028,30 \pm 11,02}$	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$
I фактора*	$\frac{6,3-24,9}{12,51 \pm 1,00}$	$\frac{7,4-27,0}{16,22 \pm 1,20}$	$\frac{6,5-26,5}{15,48 \pm 0,98}$	$< 0,02$	$< 0,05$	$> 0,05$
Влияние на заболеваемость острых кишечных инфекций	Удельный вес проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности, %			$p_{1,2}$	$p_{1,3}$	$p_{2,3}$
	$\frac{M_{\min}-M_{\max}}{M \pm m}$					
	низкий $\frac{0,9-4,5}{2,87 \pm 0,21}$	средний $\frac{4,8-7,5}{6,38 \pm 0,19}$	максимальный $\frac{7,5-12,7}{9,75 \pm 0,32}$	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$
II фактора*	$\frac{6,5-19,9}{12,17 \pm 0,77}$	$\frac{6,3-26,5}{14,11 \pm 1,09}$	$\frac{11,7-27,0}{17,92 \pm 1,07}$	$> 0,05$	$< 0,001$	$< 0,001$

\*I фактор — количество аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения; II фактор — удельный вес проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности.

**ЭКОЛОГИЯ**

Таблица 2

Показатели корреляционной связи между количеством аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения (I фактор), удельным весом проб питьевой водопроводной воды, не соответствующих нормам по показателям эпидемической безопасности (II фактор), и заболеваемостью населения острыми кишечными инфекциями (ОКИ) за период 2017–2020 гг.

Города и районы	Коэффициенты парной корреляции (r) для оценки связи между следующими показателями:		
	I и II факторами	I фактором и заболеваемостью ОКИ	II фактором и заболеваемостью ОКИ
1	2	3	4
В целом по городам и районам	<u>В 2018 г.</u> (+0,64)	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,43 <u>за 2019 г.</u> +0,69	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,48 (+0,46) <u>за 2019 г.</u> +0,80
Луганск	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,39 (+0,49) <u>За 2018 г.</u> (+0,71) <u>За 2020 г.</u> (+0,68)	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,59 (+0,61)	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,41 (+0,49)
Алчевск	x	x	x
Антрацит	<u>За 2019 г.</u> +0,58	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,34 (+0,38)	x
Брянка	<u>За 2020 г.</u> +0,60	<u>За 2017–2020 гг.</u> (+0,31)	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,51 <u>За 2018 г.</u> +0,68 <u>За 2019 г.</u> +0,60
Кировск	x	x	x
Красный Луч	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,30 <u>За 2017 г.</u> (+0,62)	x	<u>За 2017 г.</u> (+0,71)
Краснодон с районом	x	<u>За 2020 г.</u> +0,59	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,45 <u>За 2018 г.</u> +0,72
Первомайск	x	<u>За 2018 г.</u> +0,68	x
Ровеньки	x	x	<u>За 2017 г.</u> +0,68
Свердловск с районом	x	x	x
Стаханов	x	x	<u>За 2017–2020 гг.</u> (+0,45) <u>За 2019 г.</u> +0,68 <u>За 2017 г.</u> (+0,74) <u>За 2020 г.</u> (+0,60)

## ЭКОЛОГИЯ

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Лутугинский район	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,31 <u>за 2019 г.</u> +0,71	<u>За 2017 г.</u> +0,60	х
Перевальский район	х	<u>За 2019 г.</u> +0,67	х
Славяносербский район	<u>За 2018 г.</u> (+0,71)	<u>За 2017–2020 гг.</u> +0,39	<u>За 2018 г.</u> +0,59

*Примечание:* в скобках указаны коэффициенты парной корреляции, полученные для оценки связи между факторами I и II, а также между указанными факторами и заболеваемостью населения ОКИ, полученные со сдвигом на 1 месяц; х — означает, что результаты оценки корреляционной связи между показателями недостоверны ( $p > 0,05$ ) и поэтому в таблице не приведены.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Согласно полученным данным, в целом по Луганской Народной Республике, в городах Луганске, Брянке и Славяносербском районе выявлена прямая достоверная корреляционная связь между всеми изучаемыми показателями. В Антраците и Лутугинском районе установлена прямая достоверная связь между факторами I и II, а также между I фактором и заболеваемостью населения ОКИ. В городе Красный Луч обнаружена прямая достоверная связь между факторами I и II, а также между II фактором и заболеваемостью населения ОКИ. В городе Краснодоне с одноименным районом определена прямая достоверная связь между I фактором и заболеваемостью населения ОКИ, а также между II фактором и заболеваемостью населения ОКИ. В городе Первомайске и Перевальском районе установлена прямая достоверная связь только между I фактором и заболеваемостью населения ОКИ, а в городах Ровеньки и Стаханов прямая достоверная связь только между II фактором и заболеваемостью населения ОКИ.

Согласно результатам проведенных исследований, за многолетний период уста-

новлено достоверное влияние количества аварий на сетях централизованного питьевого водоснабжения, а также показателей эпидемической безопасности питьевой водопроводной воды на заболеваемость населения острыми кишечными инфекциями. Учитывая выявленную роль водного фактора в формировании заболеваемости населения ОКИ, представляется важным разработка и внедрение эффективных организационных, санитарно-технических, противоэпидемических и других мероприятий по профилактике указанной патологии. К основным из этих мероприятий относятся следующие:

- своевременное проведение ремонта водопроводных сетей и сооружений с доведением их качества до установленных санитарно-технических требований;

- внедрение современных централизованных и локальных систем обеззараживания питьевой водопроводной воды с целью доведения ее качества по показателям эпидемической безопасности до норм ГСанПиН 2.2.4.171–10;

- использование для питья и хозяйственно-бытовых целей доброкачественной воды, соответствующей установленным нормам.

### Библиографический список

1. Капранов, С. В. Вода и здоровье [Текст] / С. В. Капранов, О. Н. Титамир. — Луганск : Янтарь. — 184 с.

2. Прокопов, В. О. Вплив мінерального складу питної води на хвороби системи кровообігу [Текст] / В. О. Прокопов, О. Б. Липовецька, М. Ю. Антомонов // Довкілля та здоров'я. — 2016. — № 1 (77). — С. 54–58.

3. Gupta, S. K. Recurrent acute respiratory tract infections in areas with high nitrate concentrations in drinking water [Text] / S. K. Gupta // Environmental Health Perspectives. — 2000. — Vol. 108. — P. 363–366.

4. Лук'яничук, С. В. Забруднення водного середовища : вплив на імунну систему організму [Текст] / С. В. Лук'яничук // Довкілля та здоров'я. — 2009. — № 3 (50). — С. 31–34.

5. Phenol and hydroquinone induce gene mutation in V79-derived cells expressing human xenobiotic-metabolising enzymes [Text] / Y. Liu, E. Muckel, J. Doehmer et al. // Nova Acta Leopoldina. — 2001. — № 329. — P. 231–237.

6. Бакуменко, Л. П. Статистический анализ влияния качества питьевой воды на здоровье населения региона [Текст] / Л. П. Бакуменко, П. А. Коротков // Прикладная эконометрика. — 2011. — № 2 (22). — С. 32–47.

7. The risk of the hemolytic-uremic syndrome after antibiotic treatment of *Echerichia coli* O157:H7 infections [Text] / C. S. Wong et al. // New England journal of medicine. — 2000. — № 342 (26). — P. 1930–1936.

© Концесвитняя Г. В.

© Кононов К. Э.

© Соболева Л. С.

© Капранов С. В.

© Тарабцев Д. В.

© Сухомлинова Т. Е.

Рекомендована к печати к.х.н., зав. КМНИЛ НЦМОС  
ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» Смирновой И. В.,  
к.м.н., доц. ГУ ЛНР «ЛГМУ им. Святителя Луки»,  
зам. главного врача ГС «Луганская республиканская СЭС» МЗ ЛНР Качур Н. В.

Статья поступила в редакцию 21.10.2021.

**Kontsevitnyaya G. V., Kononov K. E., Soboleva L. S.** (Lugansk Republican Sanitary and Epidemiological Department, Lugansk, [sesmzlnr@gmail.com](mailto:sesmzlnr@gmail.com)), **Dr. Med. Kapranov S. V., Tarabtsev D. V., Sukhomlinova T. E.** (Alchevsk Municipal Sanitary and Epidemiological Department, Alchevsk, [alch\\_ses\\_ok@mail.ru](mailto:alch_ses_ok@mail.ru))

#### ASSESSMENT OF INFLUENCE OF WATER PIPELINES TECHNICAL CONDITION AND CENTRALIZED DRINKING WATER QUALITY ON THE NUMBER OF ACUTE INTESTINAL INFECTIONS CASES AMONG THE POPULATION

*A real direct influence was found considering the number of drinking water pipeline accidents and epidemic safety indicators of drinking tap water (the proportion of water samples that do not meet the required standards) on the number of acute intestinal infections with the population. Measures have been developed to prevent this pathology in connection with the sanitary-technical state of water supply systems and the quality of tap water.*

**Key words:** drinking water pipeline, drinking water quality, acute intestinal infections.

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

---

**GEOECOLOGY**





УДК 504:064.45:338.2

к.т.н. Подлипенская Л. Е.,  
к.т.н. Проценко М. Ю.,  
Кусайко Н. П.

(ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР, lida.podlipensky@gmail.com)

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Проанализированы факторы, определяющие перевод техногенного образования в техногенное месторождение. Представлен подход к оценке целесообразности переработки горнопромышленных отходов производств черной металлургии с учетом экологической, экономической, социальной и институциональной составляющих.*

**Ключевые слова:** экология, техногенное образование, техногенное месторождение, горнопромышленные отходы, черная металлургия, целесообразность переработки отходов, экономическая оценка, экологическая оценка.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Металлургическая и горная отрасли — основа экономики Донбасса. Большая часть горнопромышленных отходов, представляющих угрозу окружающей среде, хранится в виде неких геологических образований, которые по своему количеству, технологическим свойствам и экономическим показателям могут быть использованы для удовлетворения практических нужд человека. Для обозначения таких образований в начале 70-х годов 20-го столетия академиком Н. В. Мельниковым были введены понятия «техногенные образования» и «техногенные месторождения», которые в данной статье интерпретируются следующим образом: «техногенное образование (ТО) — скопление на поверхности или в горных выработках Земли, в ее недрах, гидросфере или атмосфере продуктов, созданных человеком, а также минеральных веществ, искусственно отделенных от природного массива или подвергшихся изменению непосредственно в массиве в результате деятельности человека, являющихся отходами» [1]; «техногенные месторождения (ТМ) — это техногенные образования на поверхности Земли, по

количеству и качеству содержащегося в них минерального сырья пригодные для промышленного использования в настоящее время или в будущем по мере развития науки и техники и изменения экономических условий» [1].

К техногенным образованиям относятся отвалы горнодобывающих предприятий, хвостохранилища обогатительных фабрик, шлакозольные отвалы топливно-энергетического комплекса, шлаки и шламы металлургического производства, шламо-, шлакоотвалы химической отрасли и др.

Чтобы техногенное образование классифицировать как техногенное месторождение, необходимо обосновать целесообразность промышленного использования находящихся в нем полезных компонентов, для чего осуществляют анализ образования техногенного сырья по ряду признаков. На рисунке 1 представлены факторы Ф1–Ф5, которые, по мнению ряда авторов [2, 3], необходимо учитывать при рассмотрении техногенных образований как техногенных месторождений и вовлечении их в хозяйственный оборот. При этом наиболее важными являются технологические, экономические и экологические факторы.

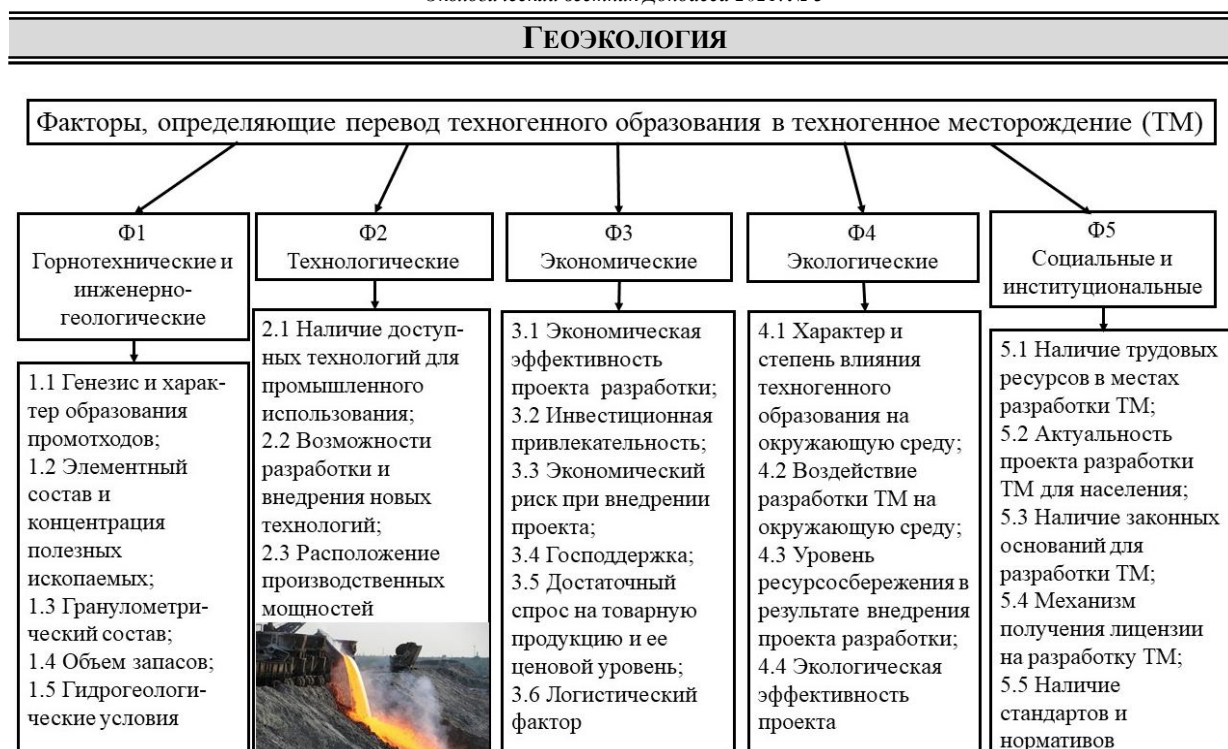


Рисунок 1 Характеристика факторов, определяющих перевод техногенного образования в техногенное месторождение

Техногенное месторождение, с одной стороны наносит ущерб окружающей среде путем загрязнения ее компонентов, а также через изъятие земель из использования в народном хозяйстве, а с другой стороны, при правильной организации переработки минерального сырья, содержащегося в нем в достаточной концентрации, может принести большую экономическую выгоду, снизить остроту экологических проблем и улучшить социальные условия в регионе. Особую озабоченность вызывают отходы обогатительного и металлургического переделов, поскольку их хранение требует специальных инженерных сооружений, а сами отходы содержат элементы и соединения, вредные для природы и здоровья человека. Количество их значительно меньше, чем вскрышных и вмещающих пород, но воздействуют они на экологическую ситуацию более пагубно.

Весьма актуальна проблема обращения с отходами горного производства и металлургических переделов в Луганской Народной Республике, где проблемы, связанные с горнопромышленными отходами,

имеют большую остроту по воздействию на окружающую среду, степени концентрации объектов размещения отходов (ОРО) в густонаселенных районах и необходимости изыскания местных вторичных ресурсов для обеспечения экологической и экономической безопасности территории. Вследствие этого задача обоснования выбора эффективных технологических решений в области переработки техногенных ресурсов в Луганской Народной Республике является актуальной.

**Объект исследования** — горнопромышленные отходы, которые могут рассматриваться как техногенные месторождения.

Под горнопромышленными отходами в данной работе понимаются отходы горного, обогатительного, металлургического, энергетического и других производств, которые рассматриваются (или могут рассматриваться) как ценное сырье для дополнительного получения полезных компонентов, строительных материалов, химической продукции, минеральных удобрений и другое. Такие отходы относятся к специфической группе геологических объ-

ектов, которые образовались в результате процессов техногенеза.

**Предмет исследования** — методика оценки целесообразности переработки горнопромышленных отходов, в частности металлургического производства чугуна и стали, в условиях Луганской Народной Республики.

**Цель работы** — разработать подход к оценке целесообразности переработки горнопромышленных отходов производств черной металлургии с учетом экологической, экономической, социальной и институциональной составляющих.

**Материалы и методы исследования.** В работе предложена методика оценки эколого-экономической целесообразности переработки горнопромышленных отходов. Использованы методы системного анализа, в частности метод экспертных оценок. Некоторые этапы предложенного в работе подхода продемонстрированы на примере анализа проекта по переработке техногенных отходов ферросплавного производства. Результаты оценок обработаны с помощью программы Microsoft Excel.

**1. Промышленные отходы как техногенные месторождения в Луганской Народной Республике.** По состоянию на 2017 г. на территории ЛНР накоплено более 1,5 млрд тонн промышленных отходов, при этом переработка их для дальнейшего вовлечения в хозяйственный оборот страны производится в небольшом объеме. В структуре промышленных отходов, которые могут рассматриваться как техногенные месторождения, в настоящее время преобладают отходы горнорудной отрасли и черной металлургии. Согласно информации Министерства природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР о расположении объектов хранения и захоронения отходов (объектов размещения отходов), внесенных в базу данных об объектах размещения отходов (БДОРО) по состоянию на 14.10.2021, а также их влиянии на состояние окружающей среды, среди 133

зарегистрированных ОРО имеется 85 объектов в виде породных отвалов угольных шахт и отходов черной металлургии, шламонакопителей, шламоотстойников и хвостохранилищ горно-перерабатывающих предприятий.

Для того, чтобы классифицировать описанные выше ОРО как техногенные месторождения, необходимо определить пригодность разработки образования для промышленного использования. Для этого проводят геологоразведочные работы на ОРО, выполняют лабораторные исследования образцов минерального сырья по химическому и гранулометрическому составу, анализируют возможные способы и методы переработки техногенного сырья, оценивают экономическую эффективность переработки отходов. То есть для установления принадлежности того или иного ОРО к классу техногенных месторождений ЛНР требуется провести соответствующую научно-исследовательскую работу.

**2. Отходы металлургического производства.** Крупнейшим производителем промышленных отходов в Луганской Народной Республике является Алчевский металлургический комбинат (АМК). Его отходы складываются в шлаковые отвалы, сбрасываются в шламоотстойники и направляются в шламонакопители. Переработка отходов в настоящее время осуществляется в небольшом объеме в виде сырья для шлакощелочной строительной индустрии и в качестве материала при отсыпке дорог. В то же время химический состав накопленных за долгое время твердых отходов АМК (шлам, окалина, шлаки доменного, мартеновского и конвертерного производств) представлен в значимых концентрациях такими веществами, как железо, марганец, кремний, хром, никель, редкоземельные металлы и т. д. (в основном в оксидной фазе). Это позволяет рассматривать металлургические шлаки как источник ценных химических элементов, необходимых в собственных производствах ЛНР, а также представляющих собой некий товарный продукт,

имеющий экспортное значение. В работе [4] показано, что производство железобитумов возможно и целесообразно из шихты, состоящей из техногенных отходов.

В то же время специфика состава отходов металлургического производства, находящихся в техногенных образованиях непосредственно в зоне контакта с природными компонентами окружающей среды и характеризующихся большими значениями кларков концентрации, вынуждает рассматривать техногенные образования как опасные источники загрязнения прилегающих территорий. Следовательно, переработка техногенных отходов горно-промышленного комплекса является актуальной не только с позиций ресурсосбережения, а и улучшения экологии региона.

**3. Эколого-экономический подход оценки целесообразности переработки техногенного месторождения.** Общая идея предлагаемого подхода заключается в том, что для каждого отдельного проекта переработки ТМ выполняется анализ экологической, экономической, институциональной и социальной эффективности по его сильным и слабым сторонам, причем как с помощью количественных оценок на основании выполненных исследований и расчетов, так качественных оценок, в том числе представленных с помощью теории нечетких множеств. Затем полученные оценки подставляются в матрицу оценок проекта переработки отходов, на основании которой делают вывод о целесообразности реализации проекта.

Основные этапы выполнения оценки целесообразности разработки техногенного месторождения:

Этап 1. Постановка задачи. Общая характеристика объекта исследования. Определение целей и задач исследования.

Этап 2. Физико-географическая характеристика территории исследования. Этот этап важен для оценки экологической составляющей эффективности проекта и заключается в сборе всех необходимых характеристик окружающей среды в пределах

воздействия производства по разработке ТМ, включая и нулевой вариант. На данном этапе целесообразно создание базы данных и разработка ГИС-сопровождения проекта.

Этап 3. Социально-экономическая характеристика территории исследования.

Этап 4. Определение геоморфологических параметров тела ТМ. Проведение исследований по изучению физико-механических свойств техногенного сырья, его химического и гранулометрического состава.

Этап 5. Выбор способов разработки техногенного месторождения. Отбор проектов переработки отходов для эколого-экономического анализа. Выбор критериев оценки экономической и экологической составляющих эффективности проекта. Составление и анализ матрицы эколого-экономических, социальных и институциональных эффектов в начальном приближении для каждого проекта.

Этап 6. Оценка воздействия отобранного проекта переработки отходов на окружающую среду. Определение показателей экологической эффективности проекта.

Этап 7. Определение показателей экономической эффективности проекта.

Этап 8. Характеристика социальных эффектов от внедрения проекта.

Этап 9. Сводный эколого-экономический анализ проекта. Построение конечной матрицы эколого-экономического анализа проекта.

Этап 10. Этап принятия решения. Сравнение разных проектов с помощью матриц эколого-экономического анализа. Выбор окончательного проекта отработки ТМ.

**4. Экономическая эффективность проекта переработки отходов.** Вопросы оценки экономической эффективности переработки техногенного сырья рассматривались в работах В. М. Бусырова, О. Е. Чуркина [5], О. А. Романовой, Д. В. Сиротина [6] и др. В данной работе предлагается использовать комплекс различных методов экономической эффективности проекта по формулам работ [5–7] в той комбинации, для расчета показателей которых имеются

достоверные данные. По каждому из представленных ниже методов сформулированы критерии, при которых инвестиционный проект по переработке техногенного сырья может быть принят к внедрению.

*Метод чистой приведенной стоимости (NPV):*

$$NPV = -IC + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

где  $NPV$  — чистая приведенная стоимость (Net Present Value);

$IC$  — сумма начальных вложений (инвестиций);

$n$  — количество периодов, на которое рассчитан проект;

$CF_t$  — ожидаемый денежный поток в  $t$ -ый период;

$r$  — ставка дисконтирования.

Критерий, при котором проект считается выгодным:  $NPV > 0$ .

Если  $NPV = 0$ , проект требует дополнительного анализа, при отрицательных значениях  $NPV$  проект из рассмотрения исключают. Метод  $NPV$  получил наибольшее практическое применение и стал одним из главных индикаторов, по которому принимают или отвергают проект.

*Метод внутренней нормы рентабельности (IRR):*

$$IRR = r^*, \quad (2)$$

где  $IRR$  (Internal Rate of Return) — внутренняя норма доходности;

$r^*$  — ставка процента, при которой  $NPV$  равно нулю. Данный показатель находят путем решения нелинейного уравнения  $NPV(r^*) = 0$ . Это означает, что при такой ставке процента инвестор сможет возместить свои первоначальные инвестиции. В программе Excel данный показатель может быть вычислен с помощью встроенной функции «ВСД».

Критерий оценки инвестиционного проекта:  $IRR > r_k$ . Это означает, что проект можно принять к внедрению, если величина  $IRR$  проекта больше ставки кредита  $r_k$ .

*Доходный метод (по [7]):*

$$D = (C - C)Q_p, \quad (3)$$

$$Q_p = C_{cp} \cdot Q_{mc} / 100, \quad (4)$$

$$Q_{mc} = V \cdot \gamma, \quad (5)$$

где  $D$  — доход от эксплуатации ресурса (полезного компонента техногенного месторождения), руб.;

$C$  — цена реализации единицы ресурса, руб./т;

$C_{cp}$  — издержки добычи единицы ресурса, руб./т;

$Q_p$  — запас ресурса в техногенном месторождении, т;

$Q_{mc}$  — запас техногенного сырья, сосредоточенного в ТМ, т;

$V$  — объем техногенного сырья, м<sup>3</sup>;

$\gamma$  — удельный вес техногенного сырья, т/м<sup>3</sup>;

$C_{cp}$  — среднее значение содержания ресурса в техногенном сырье, %.

Если при переработке отходов извлекаются и реализуются в товарных продуктах несколько полезных компонент, то определяют общий доход от эксплуатации техногенного месторождения как сумму доходов по каждому из учитываемых в разработке компоненту.

Данный метод используют при сравнении нескольких проектов, он позволяет оценить суммарный эффект от применения выбранного способа разработки техногенного месторождения.

Поскольку все показатели, рассчитываемые по формулам (1–3), имеют разные размерности и трактовки, то для принятия решения целесообразно их унифицировать и привести к единой шкале значений. Нами используется система нелинейной унификации со шкалой [0, 1]. Приемы подобной унификации разных показателей разработаны ранее в работах [8–9].

**5. Экологическая эффективность проекта переработки отходов.** Под экологической эффективностью понимается соотношение экологических результатов

от внедрения природоохранных мероприятий и затрат на внедрение этих мероприятий. Экологический результат — это снижение количества вредных веществ, поступающих в окружающую среду, их концентрации, увеличение количества и качества земельных и лесных ресурсов и т. п. Существует множество методов оценки изменения качества окружающей среды в результате определенных природоохранных мероприятий, рассмотренных в работах [1, 8, 9] и др.

Для оценки экологической эффективности от внедрения проекта переработки техногенных отходов отобраны следующие показатели (или группы показателей):

*а. Показатели, являющиеся экономическими инструментами управления природопользованием и охраной окружающей среды:*

– плата за выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу; сбросы ЗВ в природные водные объекты; загрязнение литосферы. Экологический эффект от разработки техногенных месторождений будет проявляться в уменьшении уровня загрязнения природных сред, и, следовательно, уменьшении суммы экологических платежей;

– ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных факторов выражается прежде всего в деградации почв и земель, загрязнении земель химическими веществами, выведение земель из хозяйственного оборота. Оценка величины ущерба определяется по формуле [1]:

$$V_{зем} = Hc \cdot S \cdot Kэ \cdot Kос, \quad (6)$$

где  $Hc$  — норматив стоимости земель, тыс. руб./га;

$S$  — площадь почв и земель, деградировавших в отчетном периоде времени, га;

$Kэ$  — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

$Kос$  — коэффициент для особо охраняемых территорий.

Экологический эффект от разработки техногенных месторождений будет проявляться в возвращении всей земли или ее части в приемлемом состоянии в хозяйственное использование;

*б. Показатели, характеризующие опасность загрязнения компонент окружающей среды:*

– индексы загрязнения атмосферы (ИЗА), гидросферы (ИЗВ), почвы (Zc). Экологический эффект от реализации проекта переработки отходов характеризуется уменьшением данных индексов, что свидетельствует о снижении антропогенного воздействия ТМ на окружающую среду;

– экологический риск, который для экологически эффективных проектов разработки ТМ значительно снижается;

*в. Показатель интенсивности воздействия техногенного образования на окружающую среду (по методике работы [1]).*

Занимаемая площадь техногенного образования также играет важную роль в интенсивности потоков рассеяния, так как определяет расход фильтрационного потока и величину пылевыделения.

По выявленным факторам разработана индексация техногенного минерального образования, представленная в таблице 1. Сочетание значений четырех индексов дает 81 класс, каждый из которых характеризуется своими особенностями влияния объекта на окружающую среду.

Для оценки общей интенсивности потоков воздействия ТМО определяется итоговый признак:

$$B = k_s \cdot k_{\gamma_{yd}} \cdot k_d \cdot k_{\Sigma K_k}. \quad (7)$$

Классифицируют техногенный объект по интенсивности воздействия на окружающую среду следующим образом:

– если значение  $B$  не превышает 9, то объект считается неопасным;

– если  $B$  находится в интервале от 9 до 27, то объект считается умеренно опасным;

– если  $B$  больше 27, то объект считается опасным.

Таблица 1

## Шкалы оценки показателей

Показатель, характеризующий техногенное минеральное образование (ТМО)	Ед. изм.	Коэффициент оценки интенсивности воздействия	Количество баллов в зависимости от интервала значений показателя		
			1	2	3
Площадь поверхности земли, занимаемой ТМО, $S$	га	$k_s$	0–10	10–100	>100
Удельная площадь поверхности ТМО, $\gamma_{уд}$	м <sup>2</sup> /т	$k_{\gamma_{уд}}$	0–100	100–10000	>10000
Минералогический признак ТМО, $d$		$k_d$	нерудный	рудный оксидный	рудный сульфидный
Суммарный кларк концентрации определяемых веществ, $\sum K_k$		$k_{\sum K_k}$	0–10	10–100	>100

Представленные показатели используются для оценки экологической эффективности проекта как каждый в отдельности, так и в интегральном виде, для чего они должны быть подвергнуты операции унификации [8].

**6. Матричный подход к эколого-экономической оценке отработки техногенного месторождения.** Определение экономической и экологической оценок проекта по переработке минерального сырья из техногенного месторождения и переход к унифицированным характеристикам (в данном случае в интервале значений [0, 1]) позволяют выполнить комплексную эколого-экономическую оценку проекта в пространстве нескольких критериев. Наибольшей визуальностью обладают двумерные оценки, которые используются в матричном и графическом подходах для интерпретации результатов и подготовки их для выбора оптимального решения.

Представим матричный метод на примере эколого-экономической оценки проекта по переработке отходов ферросплавного производства. Результаты исследований [10] физико-химического состава минерального сырья шлакового отвала предприятия по производству ферросплавов показали, что по содержанию железа, марганца и др. данные отходы после переплава могут быть переработаны в товарные продукты, такие как ферромарганец и ферросилиций. Образовавшийся после вторичной переработки

шлак может использоваться в дорожном строительстве и при производстве строительных материалов.

Однако сравнительно высокие показатели содержания полезных компонент в отходах ферросплавного производства не дают достаточных оснований считать данный шлаковый отвал техногенным месторождением. Требуется более глубокий анализ финансовой прибыльности проекта по отработке отвала и оценка его экологических и социальных преимуществ согласно подходу, представленному выше.

В рамках настоящей статьи на примере разработки отвала шлаков Стахановского завода ферросплавов рассмотрим особенность составления и анализа матрицы эколого-экономических эффектов в начальном приближении. Подобный подход нами применялся в работе [9] при исследовании эколого-экономической целесообразности проектов угольной отрасли. Суть подхода заключается в группировании факторов экономического, экологического, социального и институционального направлений по группам с оцениванием их сильных и слабых сторон в отношении рассматриваемого проекта, а также определением соответствующих рисков.

Как следует из проделанного анализа (рис. 1), технологические факторы являются одними из определяющих перевод техногенного образования в техногенное месторождение. В настоящей статье для



проекта разработки выбран такой способ переработки шлаков ферросплавного производства, как дуговое глубинное восстановление (ДГВ). В работах ряда авторов [10–12] обосновывается эффективность применения технологии ДГВ марганца и кремния с использованием в качестве основного сырья различных марганец- и кремнийсодержащих материалов, таких как шлак и шлам от производства ферросиликомарганца и ферросилиция, песок, кварцит и т. д. Одним из основных преимуществ метода ДГВ является ресурсосбережение вследствие использования в качестве шихты бедных руд, шлаков, шламов, отходов и вторичных материалов для замены дорогостоящего первичного рудного сырья.

Принципиальная схема технологий обработки расплавов по методу ДГВ представлена на рисунке 2. Данная технология предусматривает расположение в тигле или ковше 1 графитового контактного электрода 2 и рудно-восстановительного блока 3, который снабжен комбинированным токопроводящим электродом 4, вокруг которого набита рудно-восстановительная смесь 5, состоящая из восстановителя, связки и сырья, в состав которого входит ценный элемент. Рудно-восстановительный блок и графитовый контактный электрод подключаются к источнику питания и располагаются в тигле или ковше 1 ниже уровня шлака 6. В области пусковой полости «каверне» 7 горит электрическая дуга 8, от которой поступает необходимая энергия для протекания физико-химических процессов, реакций восстановления оксидов и растворения элементов в обрабатываемом расплаве 9.

Данный метод был успешно реализован на нескольких машиностроительных и литейных предприятиях для раскисления и легирования железоуглеродистых расплавов. Опробованная технология ДГВ марганца и кремния из отходов от ферросплавного производства показала свою достаточно высокую эффективность (степень извлечения марганца 70–80 %, кремния до 37 %), в сравнении с традиционной технологией,

предусматривающей использование дорогостоящих ферросплавов и лигатур [11]. Кроме того, более низкая себестоимость такого вида обработки позволяет получить значительный экономический эффект и положительное влияние на экологию.

В данной статье выполняется скрининговая (предварительная) оценка целесообразности разработки отвала ферросплавных шлаков по проекту, в котором предусматривается:

1. Извлечение из отвального шлака марганца и кремния методом ДГВ и возвращение их в металлургический передел;
2. Складирование шлака, полученного после переплава, на место временного хранения для дальнейшей реализации его в дорожном строительстве.

Результаты оценки представляются в виде матрицы (табл. 2), которая позволяет систематизировать имеющуюся информацию о сильных и слабых сторонах данного проекта, а также о потенциальных возможностях и угрозах в экологической сфере конкретного региона. Построение матрицы в начальном приближении основывается не столько на количественных оценках проекта, сколько на качественном анализе, как правило, экспертной информации, которая при достаточной квалификации экспертов помогает определить актуальность предложенного проекта в условиях конкретной территории и правильно спланировать и оптимизировать последующие этапы исследований.

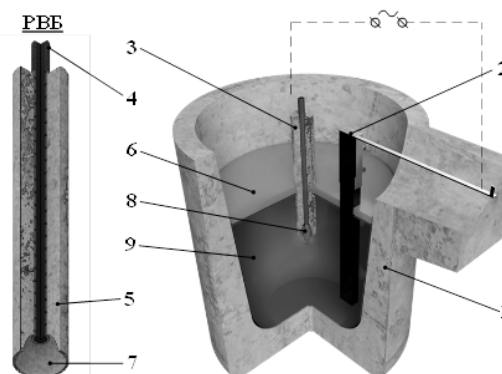


Рисунок 2 Принципиальная схема реализации процесса ДГВ [12]

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

На данном этапе анализа эколого-экономической целесообразности реализации проекта по переработке шлаковых отвалов ферросплавного производства в условиях неопределенности и слабой структурированности исследуемых объектов и внешней среды, экспертное оценивание — эффективный инструмент получения информации и обоснования управленческих решений. Предварительное решение о разработке проекта переработки шлакового отвала и его внедрении может быть принято при разных уровнях исходных данных:

- на основании информации в качественной форме, представленной в таблице 2;
- на основании информации, представленной в таблице 2, но с экспертными

оценками в количественной форме. В этих случаях используют особый тип порядковых шкал — вербально-числовые шкалы. Их особенность состоит в том, что они позволяют измерить степень интенсивности какого-либо свойства, имеющего субъективный характер. В состав вербально-числовой шкалы входят содержательное (словесное) описание выделенных градаций и соответствующие им (градациям) числовые значения.

Наиболее известна широко применяемая на практике шкала Харрингтона, которая представлена в таблице 3 в модифицированном нами виде с учетом особенностей изучаемой в работе предметной области.

Таблица 2

Эколого-экономический анализ целесообразности реализации проекта

	Экономические аспекты	Экологические аспекты	Социальные и институциональные аспекты
<b>Сильные стороны</b>	1. Получение прибыли от реализации вторичного продукта. 2. Уменьшение экологических платежей за счет уменьшения воздействия ТМ на окружающую среду. 3. Уменьшение транспортных расходов предприятия в связи с близостью источника минерального сырья из ТМ и предприятия по его переработке. 4. Сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений.	1. Уменьшение накопления отходов и, как результат, — уменьшение воздействия отвала на окружающую среду. 2. Уменьшение санитарно-защитной зоны за счет уменьшения площади отвала. 3. Ресурсосбережение минерального сырья за счет переработки шлакового отвала. 4. Благоустройство местности за счет выравнивания территории и фитомелиорации нарушенных земель.	1. Создание новых рабочих мест и увеличение доходов населения. 2. Увеличение налоговых отчислений от новой деятельности по разработке ТМ. 3. Улучшение условий жизни населения за счет улучшения состояния окружающей среды после частичной ликвидации шлакового отвала.
<b>Слабые стороны</b>	1. Возможность убытков при реализации производственной деятельности по переработке отходов. 2. Дополнительные затраты по переработке, складированию отходов (шлаков) в результате реализации проекта.	Дополнительное воздействие при реализации проекта на компоненты окружающей среды: 1) атмосферу; 2) гидросферу; 3) литосферу, а также: 4) шумовое воздействие.	1. Отсутствие законодательной базы по эксплуатации шлакового отвала как ТМ. 2. Ухудшение условий жизни населения при ухудшении состояния окружающей среды в процессе отработки шлакового отвала.
<b>Риск</b>	1. Риск неполучения прибыли. 2. Риск нестабильности ситуации, способствующей уменьшению прибыли или остановке процесса переработки отходов.	1. Риск экологический при ухудшении качества компонент окружающей среды от деятельности по разработке отвала.	1. Социальный риск. 2. Канцерогенный риск. 3. Неканцерогенный риск.

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Таблица 3

Шкала экспертных оценок проекта переработки техногенных отходов

№	Интервал числовых значений (по Харрингтону)	Содержательное описание градаций для оценки (по трактовке авторов):		
		риска	сильных сторон проекта	слабых сторон проекта
1	[0; 0,2]	очень низкий	сильная сторона практически незаметна	слабая сторона практически незаметна
2	(0,2; 0,37]	низкий	сильная сторона проявляется на уровне ниже среднего	слабая сторона проявляется на уровне ниже среднего
3	(0,37; 0,64]	средний	сильная сторона проявляется на среднем уровне	слабая сторона проявляется на среднем уровне
4	(0,64; 0,8]	высокий	сильная сторона проявляется на уровне выше среднего	слабая сторона проявляется на уровне выше среднего
5	(0,8; 1]	очень высокий	сильная сторона проявляется на высоком уровне	слабая сторона проявляется на высоком уровне

Например, такой экологический аспект, как «уменьшение накопления отходов и как результат — уменьшение воздействия отвала на окружающую среду» (табл. 2) был оценен экспертами величиной 0,25. Это соответствует невысокому экологическому эффекту проекта, поскольку при извлечении ценных компонентов отвалы новых шлаков сохраняются. Слабая сторона «Дополнительные затраты по переработке, складированию отходов в результате реализации проекта» получила оценку 0,55, что отражает необходимость дополнительных затрат на складирование вторич-

ных отходов после переработки шлаков ферросплавного производства. Аналогичным образом экспертами была выполнено оценивание по всем позициям таблицы 2 для категорий «сильные» и «слабые стороны проекта».

После усреднения значений оценок по каждой группе методом простой средней сформирована оценочная матрица проекта (табл. 4). Интегральные оценки (для сильных сторон проекта — 0,46, для слабых сторон — 0,45), полученные усреднением по каждой строке таблицы 4, говорят о паритете сильных и слабых сторон проекта.

Таблица 4

Матрица экспертных оценок целесообразности реализации проекта

Стороны проекта	Оценка проекта / уровень оценки по аспектам:		
	экономический	экологический	социальный и институциональный
Сильные	0,67 / <i>выше среднего</i>	0,24 / <i>ниже среднего</i>	0,46 / <i>средний</i>
Слабые	0,40 / <i>средний</i>	0,50 / <i>средний</i>	0,45 / <i>средний</i>

На основании результатов скрининговой оценки экспертами проекта (табл. 4) можно сделать следующие выводы:

– рассматриваемый проект переработки шлаков ферросплавного производства по своим сильным сторонам имеет оценку уровня выше среднего для экономических аспектов, а для социальных и институциональных эффектов — на среднем уровне;

– в экологическом аспекте сильные стороны выражены на уровне ниже среднего, так как основные технологические процессы по разработке шлакового отвала связаны с извлечением из него полезных компонентов, после чего остаются вторичные отходы переработанных шлаков:

– поскольку имеет место дополнительные воздействия на атмосферу и шум при

разработке ТМ, то это усиливает слабые стороны проекта в экологических аспектах;

– нежелательные социальные последствия по оценкам экспертов находятся на среднем уровне и связаны с тем, что при переработке отходов шлак, полученный после переплава, складывается во временный отвал и, следовательно, доставляет неудобства для населения.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Таким образом, политика ресурсосбережения и повышения экологической безопасности в промышленно развитых регионах требует взвешенного подхода к оценке техногенных образований как источников ценного минерального сырья.

Рекомендуется для предварительной оценки проекта по переработке техногенного месторождения использовать:

– отдельные группы показателей по экологическим, экономическим, социальным и институциональным аспектам, значения которых могут определяться экспертными методами;

– матричный подход для анализа целесообразности переработки сырья, который предполагает формирование многомерных оценок.

На данный момент предложенная технология дугового глубинного восстановления марганца и кремния из отвального шлака производства ферросплавов является актуальной, поскольку имеет высокую степень извлечения полезных компонент при достаточно низкой себестоимости обработки.

Учитывая, что рассмотренный проект имеет наиболее сильные позиции в экономическом плане, а экологические проблемы, связанные с образованием вторичного отвала шлаков в результате переработки отходов, решены частично, необходимо внедрять комплексные методы переработки техногенного сырья, которые позволили бы полностью ликвидировать шлаковые отходы металлургического производства.

### Библиографический список

1. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду [Текст] / С. И. Мормилъ [и др.] ; под ред. Ю. А. Боровкова. — Екатеринбург : НИИ-Природа, ДПР по Уральскому региону, АО «ВНИИЗарубежгеология», Геологическое предприятие «Девон», 2002. — 206 с.
2. Кныш, В. А. Эффективное управление горнопромышленными отходами как условие рационального недродопользования [Текст] / В. А. Кныш, М. А. Невская // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. — 2015. — № 4 (26). — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnoe-upravlenie-gornopromyshlennymi-otходami-kak-uslovie-ratsionalnogo-nedrodopolzovaniya> (14.11.2021).
3. Спиридонов, И. Г. Горно-промышленные отходы и экологическая безопасность [Текст] / И. Г. Спиридонов, Е. Н. Левченко // Разведка и охрана недр. — 2018. — № 10. — С. 15–24.
4. Оценка возможности производства железофлюса на основе техногенных отходов [Текст] / И. Ф. Русанов, С. В. Куберский, М. Ю. Проценко, С. Р. Завгородний // Сборник научных трудов ДонГТИ. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — № 22 (65). — С. 37–45.
5. Бусырев, В. М. Оценка стоимости запасов и эффективности освоения техногенных месторождений [Текст] / В. М. Бусырев, О. Е. Чуркин // ГИАБ. — 2016. — № 6. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-stoimosti-zapasov-i-effektivnosti-osvoeniya-tehnogennyh-mestorozhdeniy> (14.10.2021).
6. Романова, О. А. Методы определения эколого-экономической эффективности переработки техногенных образований Урала [Текст] / О. А. Романова, Д. В. Сиротин // Экономика региона. — 2021. — № 1. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-opredeleniya-ekologo-ekonomicheskoy-effektivnosti-pererabotki-tehnogennyh-obrazovaniy-urala> (14.10.2021).

7. Баранчик, В. П. Экономика природопользования [Текст] : учеб.-метод. пособ. для студ. спец. 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / В. П. Баранчик, С. А. Касперович. — Минск : БГТУ, 2014. — 422 с.

8. Кудрик, И. Д. Система унифицированных индикаторов как инструмент оценки экологических ситуаций прибрежных зон [Текст] / И. Д. Кудрик, А. В. Ошкадер, Л. Е. Подлипенская // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России : XIII международная научно-практическая конференция. — Пенза : Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. — С. 44–47.

9. Подлипенская, Л. Е. Подход к исследованию эколого-экономической целесообразности проектов угольной отрасли [Текст] / Л. Е. Подлипенская, Н. П. Кусайко // Сергеевские чтения : материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Пермь, 02–04 апреля 2019 года. — Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. — С. 117–122.

10. Анализ состава отходов ферросплавного производства [Текст] / М. Ю. Проценко, М. И. Воронько, В. И. Проценко, В. Ю. Ангелов // Сборник научных трудов ДонГТИ. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — № 23 (66). — С. 56–61.

11. Куберский, С. В. Использование метода дугового глубинного восстановления для извлечения кремния из песка в железоуглеродистые расплавы [Текст] / С. В. Куберский, М. Ю. Проценко, М. И. Воронько, И. А. Белан // Сб. науч. трудов ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТУ», 2019. — Вып. № 57. — С. 37–45.

12. Проценко, М. Ю. Использование отходов конвертерного и ферросплавного производств для внепечной обработки железоуглеродистых расплавов [Текст] / М. Ю. Проценко, М. И. Воронько // Экологический вестник Донбасса. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — Вып. 1. — С. 43–49.

© Подлипенская Л. Е.

© Проценко М. Ю.

© Кусайко Н. П.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. МЧМ ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» Диментьевым А. В., зам. начальника ЦЛК Филиала № 1 «АМК» ООО «ЮГМК» Тарасовым В. Н.**

Статья поступила в редакцию 20.11.2021.

**PhD Podlipenskaya L. Ye., PhD Protsenko M. Yu., Kusayko N. P. (SEI HE LPR “DonSTI”, Alchevsk, LPR, lida.podlipensky@gmail.com)**

#### **ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC PERFORMANCE OF MINERAL RAW MATERIALS PROCESSING OF A MAN-CAUSED DEPOSIT**

*Factors determining the transition of a man-caused formation into a technogenic deposit have been analyzed. An approach to assessing the feasibility of mining and ferrous metallurgy waste processing is presented, taking into account the environmental, economic, social and institutional components.*

**Key words:** man-caused formation, man-caused (technogenic) deposit, mining waste, ferrous metallurgy, feasibility of waste processing, economic assessment, environmental assessment.

УДК 621.785

Крамаренко А. А.,  
Лысенко И. Л.,  
Коптева А. К.,  
Сергейчук О. В.,  
Живлюк А. В.

(Минприроды ЛНР, г. Луганск, ЛНР, [minprirody@mprlnr.su](mailto:minprirody@mprlnr.su))

## К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Работа посвящена анализу и оценке состояния рек на территории Луганской Народной Республики, их зависимости от сбросов угледобывающих предприятий. Проведено сравнение основных компонентов, формирующих расход рек, таких как природное наполнение и сброс шахтных вод, по состоянию на 1993 и 2019 гг., указаны основные причины снижения уровня воды в реках ЛНР. Предложены варианты урегулирования водообеспечения республики.*

**Ключевые слова:** расход реки, природное наполнение реки, приток, сброс шахтных вод, модуль стока, суммарный модуль инфильтрационного питания (ИП) и поверхностного стока (ПС).

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** В связи со значительным снижением водности рек и водохранилищ питьевого и технического назначения в 2020 г. Минприроды ЛНР выполнен сравнительный анализ и оценка состояния рек на территории Луганской Народной Республики в 1993 и 2019 гг., определена роль сбросов угледобывающих предприятий в балансе водных объектов.

### Постановка задачи:

1. Определить величину сокращения годового объема расхода воды в реках Луганщины по состоянию на 1993 и 2019 гг.

2. Проанализировать изменения, произошедшие в формировании баланса рек за период с 1993 по 2019 гг.

3. Установить основные причины снижения расхода воды в реках ЛНР.

**Целью** настоящей работы является анализ состояния рек ЛНР, исходя из понимания их сущностного состояния и степени зависимости их от техногенного воздействия.

**Объект исследования** — реки ЛНР.

**Предмет исследования** — взаимосвязи между основными компонентами, формирующими расход рек, такими как природное наполнение и сброс шахтных вод.

**Задачи** исследования:

– анализ изменения годового объема расхода воды в реках Луганщины по состоянию на 1993 и 2019 гг.;

– определение изменений в соотношении основных компонентов баланса рек: природного питания и сброса шахтных вод.

**Методика исследования гидрологических и гидрогеологических показателей** основывалась на действующем в Украине и РФ ГОСТ 19179–73 «Гидрология суши. Термины и определения» [2], а также действующем в Украине СНиП 2.01.14–83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [13] и учебнике А. М. Владимирова «Гидрологические расчеты» [1], а также монографии под редакцией М. С. Каганера «Ресурсы поверхностных вод СССР» [10].

Гидрологические расчеты включали в себя расчет величины сокращения годового объема расхода воды в реках ЛНР и вычисление процента его сокращения.

Исходные данные для расчетов получены из формы 2 ТП (водхоз) ГУП ЛНР «Лугансквода»; данные по водопритокам в действующие и закрытые шахты и сбросам шахтных вод в гидрографическую сеть предоставлены Минтопэнерго ЛНР, ГУП ЛНР «Углереструктуризация», взяты из материалов ГОАО «Луганскгипрошахт» [6].

Данные о шахтных сбросах за 1978 г. взяты из отчета «Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов Ворошиловградской области Украинской ССР» [17]; они приводятся для сравнения по отдельным рекам, так как в то время СССР занимал первое место в мире по объемным показателям добычи угля и удерживал первенство включительно по 1979 г. Максимальная добыча угля была достигнута в 1971 г., когда шахтами области было выдано на-гора 69,2 млн т угля (В. А. Овчаренко «Основной энергоноситель Украины» [19]).

Для расчетов приняты параметры 2019 г., по количеству осадков этот год был более приближен к 1993 г. — 538 мм в 1993 г. и 601 мм в 2019 г., в то время как в 2020 г., по данным Луганской метеостанции, выпало всего 286,8 мм осадков.

Объем годового стока (тыс. м<sup>3</sup>/год) рассчитывался через модуль стока (л/с с 1 км<sup>2</sup>) и площадь водосбора реки (км<sup>2</sup>). Модуль стока принят по данным справочника под редакцией М. С. Каганера «Ресурсы поверхностных вод СССР» [10] (табл. 1).

Другие сведения о модулях стока и расходах рек, встречающиеся в источниках, носят обобщенный характер [7–9, 15] либо же высчитываются по рекам-аналогам.

Согласно СП 33-101-2003 [14] для расчетов расходов рек необходимы наблюдения периодов 15–30 лет и свыше 30 лет (п. 5.21); при отсутствии постов наблюдений на реке допускается выбор пункта-аналога по таким критериям, как синхронность в колебаниях речного стока и «пространственная связанность рассматриваемой гидрологической характеристики, которую количественно выражают через матрицу парных коэффициентов корреляции или пространственную корреляционную функцию, представляющую собой зависимость коэффициентов парной корреляции стока рек от расстояния между центрами тяжести водосборов» (п. 6.3). В то же время регулярные замеры расходов рек проводятся только на 6 гидропостах МЧС ЛНР на четырех реках (С. Донец, Лугань, Ольховая, Нагольная),

которые приводятся в таблице 3 за 2019 г. Для других малых рек ЛНР нет статистических данных для расчетов, а существующие пункты не могут являться аналогами не только из-за отсутствия синхронности в колебаниях речного стока или разной площади водосборного бассейна, но и потому, что сток каждой реки и ее притоков в разной степени зависит от сбросов шахтных вод. В отчете Л. С. Рыбниковой, к примеру, в качестве рек-аналогов для Миусика приняты р. Ольховая (пос. Алексеево-Орловка, ДНР), р. Лугань (пос. Калиново, ЛНР), р. Айдар (пгт Белолуцк, Украина) и др., в питании которых либо вообще не участвуют сбросы шахтных вод, либо же не учтено их количество, объемы сбросов, количество и перспективы работы шахт и ВОКов в будущем.

Замеры расходов рек, выполненные сотрудниками Минприроды ЛНР, осуществлялись согласно приказу Минприроды ЛНР № 331 от 19.11.2020 «О создании рабочей группы по организации комплексного анализа данных мониторинга водных ресурсов». Работы проводились в соответствии с Руководством по гидрологической практике [11, 12], издание Всемирной метеорологической организации 2011–2012 гг.

#### **Изложение материала и его результаты.**

**1. Факторы, влияющие на состояние поверхностных вод в Луганской Народной Республике.** Состояние поверхностных вод в Луганской Народной Республике определяется и зависит в той или иной степени от следующих факторов:

- климатических условий и количества выпадаемых осадков за год;
- геологического строения территорий бассейнов малых рек;
- геоморфологического строения территории Луганской Народной Республики;
- расчленённости рельефа и взаимосвязи рельефа с геолого-структурным строением;
- подработки подземными выработками действующих и закрытых шахт долин малых рек и площади их водосбора;
- изменения рельефа бассейна реки от-вально-карьерными комплексами;

– особенностей условий формирования запасов подземных вод и их взаимосвязей с поверхностными водоёмами (водами);

– способов и форм добычи подземных вод;

– количества организованных сбросов очищенных вод в гидрографическую сеть бассейнов рек (работа горнодобывающих, горноперерабатывающих, металлургических и других предприятий ЛНР);

– сбалансированности водоотбора из поверхностных и подземных источников при регулировании водопотребления.

Формирование и развитие гидросферы в Луганской Народной Республике имеет свои особенности:

– степной, умеренно-континентальный климат с малым количеством осадков;

– рельеф всхолмлённый, с развитой, глубоко врезанной овражно-балочной сетью. В южной части Луганской Народной Республики слабо-гористый;

– низкая естественная водность малых рек обеспечивается поверхностными стоками (ПС) и инфильтрационным питанием подземных вод (ИП);

– интенсивная добыча полезных ископаемых с периодически меняющейся технической политикой в угледобыче;

– наличие на малых реках искусственных гидротехнических сооружений;

– ликвидация водоотливных комплексов при закрытии угледобывающих предприятий.

Исходя из вышперечисленного, для оценки состояния рек ЛНР при дальнейшем принятии управленческих решений выполнен сравнительный анализ состояния рек, с учетом их субъектестественного состояния и степени зависимости от техногенного воздействия.

**2. Сравнительный анализ состояния поверхностных вод в Луганской Народной Республике в 1993 и 2019 гг.** По данным метеонаблюдений, среднегодовое количество осадков по Луганску составляет 429,7 мм/год [15]. При этом в 1993 г. количество выпавших осадков составило 538 мм, в 2019 г. — 601 мм.

По данным ГОАО «Луганскгипрошахт» [6], установлены объёмы воды, направлявшиеся за год в речную сеть угледобывающими предприятиями, по состоянию на 1993 год: река С. Донец (бассейн р. Дон) — 166440 тыс. м<sup>3</sup>/год, р. Кундрючья (бассейн р. Дон) — 19298 тыс. м<sup>3</sup>/год, р. Миус (бассейн Азовского моря) — 78165 тыс. м<sup>3</sup>/год. В реки бассейна реки Тузлов (приток р. Дон) сброс не осуществлялся.

По данным Минприроды ЛНР (форма 2-ТП водхоз), установлены годовые объёмы воды, направленные в речную сеть угледобывающими предприятиями ЛНР, по состоянию на 2019 год — река С. Донец (бассейн р. Дон) — 58140 тыс. м<sup>3</sup>/год, р. Кундрючья (бассейн р. Дон) — 8620 тыс. м<sup>3</sup>/год, р. Миус (бассейн Азовского моря) — 56191 тыс. м<sup>3</sup>/год. Сведения приведены в таблице 2.

По состоянию на 1993 год сброс откачиваемых вод в речную сеть осуществляли 87 угольных шахт, размещённых в пределах территории ЛНР. По состоянию на 2019 год сброс в речную сеть осуществлялся 45 шахтами (включая действующие водоотливные комплексы (ВОК) закрытых шахт), при этом по всем объектам объёмы откачиваемой воды сократились.

Сброс откачиваемых вод осуществлялся в 23 речных объекта. На 16 реках из 23 находятся сооружённые в советский период хозяйствования водные и водозаборные объекты народного хозяйства ЛНР различной степени важности.

В части этих 16 объектов будет происходить формирование проблем социального и экологического характера. По всем рекам ЛНР наблюдается сокращение объёмов направляемых сбросов откачиваемых вод из шахт. По таким рекам, как Лугань (прямой сброс), Лозовая, Камышеваха, Ломоватка, Белая, Ольховая, Б. Каменка, М. Каменка, Каменка уменьшение направляемых сбросов составляет 75–90 %, реки Луганчик, Ломоватка — 100 %. Исключение составляли притоки рек Медвежья (+3 %) и Ровенек (+32 %), что не меняет общую картину поступления



воды в бассейновые реки Б. Каменка и Нагольняная (–43 % и –3 % соответственно).

Расчёт годовых объёмов воды в реках ЛНР по состоянию на 1993 и 2019 годы (табл. 3), определяемых по модулю стока, показывает, что питание наиболее важных рек на 1993 г. осуществлялось в значительной степени за счёт шахт: р. Лугань — 68,5 % стока составляли шахтные воды, река Большая Каменка — 38,7 % стока составляли шахтные воды. По отдельным притокам сбросы шахтных вод составляли более 50 % стока (Лозовая — 99,8 %, Белая — 50,6 %). По расчетам доля шахтных сбросов в общем объеме стока реки Кундрючьей в 1993 г. составила 108 %, что может указывать как на неточность приведенного модуля стока, так и на поглощение воды старыми горными выработками, подрабатывающими пойму реки, или же потребление воды населением (п. Бирюково).

По другим малым рекам отсутствуют сведения о модулях стока, о расходах, либо же они единичны и не могут использоваться в расчетах (табл. 2). Поэтому вычислить долю шахтных сбросов не представляется возможным.

Доля естественной наполняемости водоемов за счёт поверхностного стока и инфильтрационного питания имеет сезонные и природно-циклические колебания в зависимости от количества выпадаемых осадков при неизменных геолого-геоморфологических условиях. По состоянию на 1993 год (начало массового закрытия шахт) естественная наполняемость отдельных водотоков (балок) составляла менее 10 % от общего количества воды. На 2019 год, в связи с сокращением сбросов шахтных вод в поверхностные водотоки, водность отдельных рек сократилась также на 75–90 %.

Расчётные показатели наполняемости рек, встречающиеся в отдельных источниках (паспортах водохранилищ) на момент их составления, далеки от фактических измерений. Так, по реке Белая расчётная величина расхода реки в районе посёлка Бугаёвка Перевальского района ЛНР по данным Правил эксплуатации Исаковского гидроузла [9], со-

ставляет 3600 м<sup>3</sup>/час (среднегодовой расход принят за 1,0 м<sup>3</sup>/сек.) По результатам 33 оперативных замеров сотрудниками Минприроды ЛНР, ГУП ЛНР «Востокгеология» и Научного центра мониторинга окружающей среды ДонГТИ, г. Алчевск, расход воды в реке Белая у пос. Бугаёвка с апреля 2020 г. по март 2021 г. включительно (333 мм осадков за указанный период, ранее замеры не проводились) составлял 945 м<sup>3</sup>/час, при этом сброс шахты «Фашевская» в 2020 г. составлял 316 м<sup>3</sup>/час, водоотлив шахты «Романовская» прекратил работу с апреля 2020 г. Расходы свыше 3 000 м<sup>3</sup>/час отмечены только в марте 2021 г. после таяния снега и в июне 2021 г. после ливней.

По данным геологоразведочных работ, расход реки Белой в с. Селезнёвка в августе месяце 1947 года (58 мм осадков) составлял 300 м<sup>3</sup>/час, по данным 1952 г. (46 мм осадков) — 100–200 м<sup>3</sup>/час, что близко к естественному стоку рек. В этот период шахты Донбасса только восстанавливались. Массовое строительство шахт в СССР началось в 1956 г., когда было принято постановление Совета Министров СССР и ЦК КПСС «О неотложных мерах по развитию угольной промышленности Украинской ССР» и в кратчайшие сроки было построено 37 шахт [19].

В сентябре 2020 г. при 0 мм осадков и сбросах шахты «Фашевская» 357 м<sup>3</sup>/час расход реки Белой в месте впадения в Исаковское водохранилище, п. Бугаёвка, составлял 33 м<sup>3</sup>/час (проведено 4 замера). В верховье реки с. Городище расход воды в реке Белой в сентябре 2020 г. составлял в среднем 178 м<sup>3</sup>/час (проведено 2 замера; замеры выполнялись специалистами ГУП ЛНР «Востокгеология» в рамках проведения мониторинга состояния окружающей природной среды Исаковского водохранилища и прилегающих территорий). Выше сброса шахты «Фашевская» русло реки Белой было сухое. Потери воды в реке связаны не только с испарением и отбором воды населением, но также с подработкой отдельных участков поймы горными работами закрытых шахт.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Таблица 1

Модули стока рек по разным источникам

№ п/п	Река	Расчет по замерам Минприроды ЛНР и Научного центра мониторинга окружающей среды ДонГТУ, за период с апр. 2020 г. по апр. 2021 г.	Расчет по замерам в ГП МЧС ЛНР за 2015-2020 гг.	Рыбникова Л.С. "Оценка фактического состояния и развития водного баланса территорий горных отвалов гидрозашитных (ликвидируемых) шахт Краснолучского ГКК ... - Екатеринбург, 2020 г.	Правила эксплуатации Исаковского гидроузла (2002 г.), Елизаветовского водохранилища (2016 г.)	Схема комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов Ворошиловградской области... - Ворошиловград, 1975 г.	Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Под ред. Каганера М.С. - Ленинград, 1967 г.
		333 мм осадков - за указанный период	474 мм - среднегодное за указанный период	500 мм осадков - как среднее многолетнее		414 мм осадков - 1945-1971 гг.	500 мм осадков - как среднее
1	Белая	0,56 до Исаковского вхр.			2,20 до Исаковского вхр.		
2	Луганчик					2,72	1,27
3	Лугань (ниже г. Луганск)		0,90	2,96		1,51	1,50
4	Ольховая (г. Луганск)		0,48	2,13	2,00 до Елизаветовского вхр.	0,87	1,61
5	Лозовая						3,91
6	Б. Каменка (Верхнегерасимовка)			2,82		1,71	2,12
7	Крепенькая (х. Чугуно-Крепинка)			4,87			
8	Млус (Дмитровка)			3,03			
9	Млусик			3,60			
10	Кундрючья						2,74
11	Нагольная (ГП-1 Дьяково)		1,70				
12	Северский Донец						2,46

Таблица 2

Объем сброса шахтных вод в водные объекты, находящиеся на современной территории Луганской Народной Республики, в 1993 и 2019 гг.

№ п/п	Название реки	Приголки принимающие сбросы шахтных вод	Шахта	Среднегодовой объем сбрасываемой воды на 1993 г.			Среднегодовой объем сбрасываемой воды на 2019 год			Разница объемов сброса воды до закрытия и на 2019 г. м <sup>3</sup> /час	Разница объемов сброса воды до закрытия и на 2019 г. %	Примечание
				тыс.м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /час	м <sup>3</sup> /сек	тыс. м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /час	м <sup>3</sup> /сек			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>I. Бассейн р. Дон</b>												
<b>II. Бассейн р. Северский Донец</b>												
1	Лугань	Лугань, прямой сброс	1. Луганская №1	262				257	*			На реке Лугань расположены Хорошанский, Родаковский водозабор, водозабор Говоруха, ВНС-3, ВНС-4
2			2. Луганская (пос.Донецкий)	296				0				
3			3. Черкасская	250				532	**			
4			4. Славяносербская	230				0				
5			5. Голубовская	700				0				
6			6. Первомайская	350				0				
7			7. им. Кирова	100				0				
8			8. Бежановская	90				0				
9			9. Ц. Ирмино	750				0				
10			10. им. Менжинского	303				0				
			<b>ИТОГО</b>	<b>29180</b>	<b>3331</b>	<b>0,93</b>	<b>6912</b>	<b>789</b>	<b>0,22</b>	<b>-2542</b>	<b>-76</b>	
11	Лозовая		1. Никанор-Новая	305				303	*			Хорошанский водозабор
12			2. Никанор	544				362	**			
13			3. Вергелёвская	292				288	*			
14			4. Комиссаровская	890				0				
15			5. Анненская	590				0				
16			6. Замковская	296				0				
17			7. Криворожская	150				0				
18			8. № 47	110				0				
19			9. им. Артёма	524				0				
20			10. им. Дзержинского	220				0				

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21		Ломоватка	<b>ИТОГО</b>	<b>34348</b>	<b>3921</b>	<b>1,09</b>	<b>8348</b>	<b>953</b>	<b>0,26</b>	<b>-2968</b>	<b>-76</b>	
22		Белая	<b>ИТОГО</b>	<b>2409</b>	<b>275</b>	<b>0,08</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-275</b>	<b>-100</b>	
23		1.Романовская			1000			775				Исаковское вдхр., Луганский водозабор,
24		2. Перевальская			534			0				
25		3. им. Коопера			430			0				
26		4. Фашевская			590			384	**			
27		<b>ИТОГО</b>	<b>ИТОГО</b>	<b>22373</b>	<b>2554</b>	<b>0,71</b>	<b>10153</b>	<b>1159</b>	<b>0,32</b>	<b>-1395</b>	<b>-55</b>	водозабор Горняк
28		5. 19 съезда КПСС			229			228	*			
29		6. Белореченская			240			175	*			Луганский водозабор
30		7. Схидкарбон (с 20011 г.)						17				
31		<b>ИТОГО</b>	<b>ИТОГО</b>	<b>4108</b>	<b>469</b>	<b>0,13</b>	<b>3679</b>	<b>420</b>	<b>0,12</b>	<b>-49</b>	<b>-10</b>	
32		<b>ВСЕГО по р. Белая</b>	<b>ВСЕГО по р. Белая</b>	<b>26481</b>	<b>3023</b>	<b>0,84</b>	<b>13832</b>	<b>1579</b>	<b>0,44</b>	<b>-1444</b>	<b>-48</b>	
33		1. им. Ильича			400			0				
34		2. им. Чеснокова			383			0				
35		3. Максимовская			560			0				
36		4. Краснопольевская			704			0				
37		5. Брянковская			370			248	**			
38		<b>ИТОГО</b>	<b>ИТОГО</b>	<b>21173</b>	<b>2417</b>	<b>0,67</b>	<b>2172</b>	<b>248</b>	<b>0,07</b>	<b>-2169</b>	<b>-90</b>	
39		1. Лутугинская			150			132	**			Елизаветовское вдхр., Менчи- куровский водозабор, Луганское вдхр., ВНС-1, ВНС-1а
40		2. Штеровская			380			0				
41		<b>ИТОГО</b>	<b>ИТОГО</b>	<b>4643</b>	<b>530</b>	<b>0,15</b>	<b>1156</b>	<b>132</b>	<b>0,04</b>	<b>-398</b>	<b>-75</b>	
42		<b>ВСЕГО по р. Луганы</b>	<b>ВСЕГО по р. Луганы</b>	<b>118234</b>	<b>13497</b>	<b>3,75</b>	<b>32421</b>	<b>3701</b>	<b>1,03</b>	<b>-9796</b>	<b>-73</b>	
43	Б. Каменка	1. им. Баракова			0	(43)		0	(103)			
44		2. Молодотвардейская			0	(274)		0	(211)			
45		3. им. С. Тюленна			670	(670)		261	(261)			
46		4. Ореховская			127			0				
47		5. Таловская			100			0				
48		6. Суходольская -Восточная			75			0				
49		7. им. Молодой Гвардии			200			0				

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
43			8. Энгельсовская		200			0				
44			9. Донецкая		150			0				
45			10. Краснодонецкая-Южная		60			0				
46			<b>ИТОГО</b>	<b>13858</b>	<b>1582</b>	<b>0,44</b>	<b>2286</b>	<b>261</b>	<b>0,07</b>	<b>-1321</b>	<b>-84</b>	
47		Мал. Каменка	1. им. Фрунзе		520			544	*			Каменское вдхр.
48			2. им. Вахрушева		420			357	*			
			3. им. газ. Луганская Правда		425			0				
49		Медвежья	<b>ИТОГО</b>	<b>11957</b>	<b>1365</b>	<b>0,38</b>	<b>7893</b>	<b>901</b>	<b>0,25</b>	<b>-464</b>	<b>-34</b>	
50			1. им. Космонавтов		375			382	*			
51			2. Клевская № 2		30			0				Верхне-краснянское вдхр.
			3. им. В.В. Володарского		180			220	**			
52		Должик	<b>ИТОГО</b>	<b>5125</b>	<b>585</b>	<b>0,16</b>	<b>5274</b>	<b>602</b>	<b>0,17</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	
			1. Центросоюз		260			206	*			
53			2. им. Войтова		305			60				Курганский став
54			3. Свердловская		145			375	**			
55		Верхнее Провалье	<b>ИТОГО</b>	<b>6220</b>	<b>710</b>	<b>0,2</b>	<b>5615</b>	<b>641</b>	<b>0,18</b>	<b>-69</b>	<b>-10</b>	
56			1. Красный Партизан		500			371	*			
57			2. Богучарская-1, 2		160			160	**			
			3. Майская		282			0				
			<b>ИТОГО</b>	<b>8252</b>	<b>942</b>	<b>0,26</b>	<b>4652</b>	<b>531</b>	<b>0,15</b>	<b>-411</b>	<b>-44</b>	
58	Луганчик	<b>ВСЕГО по р. Б. Каменка</b>		<b>45412</b>	<b>5184</b>	<b>1,44</b>	<b>25719</b>	<b>2936</b>	<b>0,82</b>	<b>-2248</b>	<b>-43</b>	Первозвановское вдхр.
59		Луганчик	1. Ленинка		319			0				Краснянский, Новосветловский водозаборы 1, 2
			2. Самсоновская -Западная		0			0	(33)			
			<b>ВСЕГО по р. Луганчик</b>	<b>2794</b>	<b>319</b>	<b>0,09</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-319</b>	<b>-100</b>	
			<b>ВСЕГО бассейн реки Северский Донец</b>	<b>166440</b>	<b>19000</b>	<b>5,28</b>	<b>58140</b>	<b>6637</b>	<b>1,84</b>	<b>-12363</b>	<b>-65</b>	
<b>II. Бассейн р. Кундрючья</b>												
60	Кундрючья	Кундрючья	1. «Маяк» (№ 71)		299			0				Бирюковское,
61		прямой сброс	2. им. Свердлова		73			158	*			Должанское вдхр.

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
62			3. Должанская-Капитальная	1087				54 *				
			<b>ИТОГО</b>	<b>12781</b>	<b>1459</b>	<b>0,41</b>	<b>6421</b>	<b>733</b>	<b>0,2</b>	<b>-726</b>	<b>-50</b>	
63		Бургуста	1. Красный Партизан	500				251 *				
64			2. Одесская-1, 2	244				0				
			<b>ИТОГО</b>	<b>6517</b>	<b>744</b>	<b>0,21</b>	<b>2199</b>	<b>251</b>	<b>0,07</b>	<b>-493</b>	<b>-66</b>	
		<b>ВСЕГО по р. Кундрючья</b>		<b>19298</b>	<b>2203</b>	<b>0,61</b>	<b>8620</b>	<b>984</b>	<b>0,27</b>	<b>-1219</b>	<b>-55</b>	
	<b>ВСЕГО</b>	<b>бассейн реки Дон</b>		<b>185738</b>	<b>21203</b>	<b>5,89</b>	<b>66760</b>	<b>7621</b>	<b>2,11</b>	<b>-13582</b>	<b>-64</b>	
		<b>(сброс в р. Северский Донец и р. Кундрючья)</b>										
<b>И. Бассейн Азовского моря</b>												
<b>II. Бассейн реки Миус</b>												
65	Миус	Миус	1. Миусинская		299			230				
66		прямой сброс	2. Красноточская		620			117 **				
67			3. № 3-4 Яновская		260			0				
68			4. Елизаветовска		30			0				
69			5. Алмазная		176			0				
70			6. Садово-Хрустальская		46			0				
71			7. Запорожская		300			0				
			<b>ИТОГО</b>	<b>15164</b>	<b>1731</b>	<b>0,48</b>	<b>3040</b>	<b>347</b>	<b>0,1</b>	<b>-1384</b>	<b>-80</b>	
72		Миусик	1. Краснокутская		525			458 **				Яновское влдр.
			<b>ИТОГО</b>	<b>4599</b>	<b>525</b>	<b>0,15</b>	<b>4012</b>	<b>458</b>	<b>0,13</b>	<b>-67</b>	<b>-13</b>	
73		Крепенская	1. им. 50-летия Советской Украины		600			0				
74			2. шх. Центральная		521			634 **				
75			3. Партизанская		148			198 **				
76			4. Крепенская		166			0				
77			5. Новопавловская		61			49,5				
78			6. ЦП "Восход" (с 2017 г)		0			9				

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			<b>ИТОГО</b>	<b>13105</b>	<b>1496</b>	<b>0,42</b>	<b>7801</b>	<b>890,5</b>	<b>0,25</b>	<b>-605,5</b>	<b>-40</b>	
80	Нагольная											
81	Нагольная прямой сброс		1. № 2 им. Дзержинского 2. Харьковская		370 400			304 382				
			<b>ИТОГО</b>	<b>6745</b>	<b>770</b>	<b>0,21</b>	<b>6009</b>	<b>686</b>	<b>0,19</b>	<b>-84</b>	<b>-11</b>	
82	Ровенёк		1. ш/у № 5 (бывш. №71 Индустрия) 1-2 Ровеньковская		395			242				
83			2. Ворошиловская		700			296				
			<b>ИТОГО</b>	<b>9592</b>	<b>1095</b>	<b>0,3</b>	<b>12676</b>	<b>1447</b>	<b>0,4</b>	<b>352</b>	<b>32</b>	
84	Ореховая		1. Комсомольская		841			742				
			<b>ИТОГО</b>	<b>7367</b>	<b>841</b>	<b>0,23</b>	<b>6500</b>	<b>742</b>	<b>0,21</b>	<b>-99</b>	<b>-12</b>	
85	Юськина		1. № 2 «Дуганская»		50			0				
86			2. №81-Киевская		995			779				
			<b>ИТОГО</b>	<b>9154</b>	<b>1045</b>	<b>0,29</b>	<b>6824</b>	<b>779</b>	<b>0,22</b>	<b>-266</b>	<b>-25</b>	
			<b>ИТОГО р. Нагольная</b>	<b>32859</b>	<b>3751</b>	<b>1,04</b>	<b>32009</b>	<b>3654</b>	<b>1,02</b>	<b>-97</b>	<b>-3</b>	
87	Хрустальная		1. Квятинская		184			271		87	47	
88			2. Хрустальная		208			215		7	3	
89			3. им. газеты Известия		1028			579				
			<b>ИТОГО</b>	<b>12439</b>	<b>1420</b>	<b>0,39</b>	<b>9329</b>	<b>1065</b>	<b>0,3</b>	<b>-355</b>	<b>-25</b>	
	<b>ВСЕГО по р. Миус</b>			<b>78165</b>	<b>8923</b>	<b>2,48</b>	<b>56191</b>	<b>6415</b>	<b>1,78</b>	<b>-2508,5</b>	<b>-28</b>	
	<b>ВСЕГО бассейн Азовского моря</b>			<b>78165</b>	<b>8923</b>	<b>2,48</b>	<b>56191</b>	<b>6415</b>	<b>1,78</b>	<b>-2508,5</b>	<b>-28</b>	

Примечание:

\* - шахта действующая;

\*\* - шахта закрыта, работает водоотливной комплекс (ВОК)

Краснодонуголь - цифра слева - данные по форме 2ГП-водхоз, в скобках - приток.  
В реки бассейна реки Тузлов (приток р. Дон) сброс не осуществлялся

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Таблица 3

Шахтные сбросы в балансе рек ЛНР

Бассейн реки	Притоки бассейна реки	Площадь водосбора бассейна реки, измеренная по карте масштаба 1:100 000, (в т.ч. на территории др. государств), км <sup>2</sup>	Модуль стока по данным справочника Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Пол. реч. Казанера М. С. - Ленинград, 1967 г. л/с с 1 км <sup>2</sup>	Объем стока, рассчитанный через модуль стока, тыс.м <sup>3</sup> /год	Шахтные сбросы в балансе рек в 1978 г. <sup>***</sup>		Шахтные сбросы в балансе рек в 1993 г. <sup>****</sup>		Шахтные сбросы в балансе рек в 2019 г. <sup>*****</sup>		Расход рек в 2019 г. по данным замеров на гидропостях МЧС ЛНР, тыс.м <sup>3</sup> /год
					Сброс шахт, тыс.м <sup>3</sup> /год	Доля шахтных сбросов в общем объеме стока реки, %	Сброс шахт, тыс.м <sup>3</sup> /год	Доля шахтных сбросов в общем объеме стока реки, %	Сброс шахт, тыс.м <sup>3</sup> /год	Доля шахтных сбросов в общем объеме стока реки, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лугань (до устья)		3650	1,50	172660	143482	83,1	118234	68,5	32421	18,8	107153
	в т.ч. Ольховая	816	1,61	41431	-	-	4643	11,2	1156	2,8	11768
	Лозовая	279	3,91	34402	-	-	34348	99,8	8348	24,3	
	Белая,	755	2,20	52381	-	-	26481	50,6	13832	26,4	нет сведений
	в т.ч. Белая до Исаковского впадр.	441	2,20	30596			22373	73,1	10153	33,2	
Большая Каменка (до устья)		1756	2,12	117400			45412	38,7	25719	21,9	нет сведений
Луганчик (до устья)		627	1,27	25112			2794	11,1	0	0,0	нет сведений
Кундрючья (до границы с РФ)		137	2,74	11838			12781	108,0	6421	54,2	нет сведений
Миус (нет сведений о сбросах в правобережные притоки)			нет сведений		58510		78165		56191		нет сведений
	в т.ч. Нагольная (до устья)	960	нет сведений		36099		32859		32009		Гидропост МЧС ЛНР в с. Дьяково 45230,00

\* Правила эксплуатации Исаковского гидроузла. - 2002 г.  
 \*\* Количество осадков за 1978 г. - 384 мм  
 \*\*\* Количество осадков за 1993 г. - 538 мм  
 \*\*\*\* Количество осадков за 2019 г. - 601 мм



**Выводы и предложения.** Таким образом, современное состояние рек стремится к естественному состоянию и расчётные показатели естественного стока будут близки к фактическим замерам.

Естественная малая водность рек не обеспечит функционирование водных инженерно-технических сооружений и поставит под угрозу работу водозаборов, расположенных на малых реках и обеспечивающих республику питьевой водой.

Учитывая важность проводимых исследований для решения хозяйственных и экологических проблем, связанных с водообеспечением в Республике, предлагается:

– с целью урегулирования водообеспечения республики по аналогии с Донецкой Народной Республикой разработать проект «Гидрощит» для защиты поверхностных и подземных вод от истощения и обеспече-

ния жизнедеятельности человека, функционирования промышленности, сельского хозяйства путём строительства погружных водоотливных комплексов;

– в целях комплексного регулирования водных ресурсов, направленного на их рациональное использование и защиту от истощения, организовать изучение малых рек путем развертывания сети наблюдательных пунктов за их гидрологическим состоянием и проведения гидрогеологической съемки их зон водосбора;

– при проведении научно-исследовательских работ по гидропрогнозам закрывающихся шахт определить приоритетом прогнозирование развития процессов, влекущих за собой причинение вреда окружающей природной среде и, в частности, состоянию водных ресурсов.

#### Библиографический список

1. Владимиров, А. М. Гидрологические расчеты [Текст] / А. М. Владимиров. — Ленинград, Гидрометеиздат, 1990. — 366 с.
2. ГОСТ 19179–73. Гидрология суши. Термины и определения [Текст] : утв. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 29 октября 1973 г. № 2394. — Введ. 1975-01-01. — М. : Изд-во стандартов, 1988. — 34 с.
3. Должиков, П. Н. Региональные изменения геомеханических и гидрогеологических условий на полях закрытых шахт [Текст] / П. Н. Должиков, Л. Н. Дмитриева, Р. Н. Сергиенко // 210 лет начала систематического государственного геологического исследования Донбасса : тезисы докладов научной конференции / под ред. Крамаренко А. А. — Донецк : Донбасс, 2011. — С. 47–49.
4. Дрозд, Г. Я. Техничко-экологические проблемы Донбасса и их решение [Текст] : монография / Г. Я. Дрозд. — Луганск: Ноулидж, 2020. — 432 с.
5. Каталог-классификатор существующих прудов и водохранилищ Луганской области [Текст]. — ОАО «Луганскводпроект», 1998. — 18 с.
6. Герасимов, Е. С. Геолого-экономическая оценка закрывающихся шахт Луганской области [Текст] : отчет о геологическом изучении недр. В 10-ти книгах / Е. С. Герасимов. — Луганск, 2009.
7. Оценка фактического состояния и развития водного баланса территорий горных отводов гидрозакритных (ликвидируемых) шахт Краснолучского ТГК («Хрустальская», им. газеты «Известия», «Краснолучская», «Краснокутская», «Княгининская», «Центральная») с учетом возможности использования шахтных вод для хозяйственных нужд с разработкой оптимальной схемы расположения водоотливных систем : отчет о НИР (закл.). В 2-х книгах. Книга 1 [Текст] / исполн. : Рыбникова Л. С. — Екатеринбург, 2020. — 268 с.
8. Правила эксплуатации Елизаветинского водохранилища Алчевского управления ГУП ЛНР «Лугансквода» [Текст]. — 2016. — 51 с.
9. Правила эксплуатации Исаковского гидроузла [Текст]. — 2002. — 20 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья [Текст] / под ред. М. С. Каганера. — Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1967. — 492 с.

11. Руководство по гидрологической практике. Том II. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов [Текст] / Всемирная Метеорологическая Организация. — 6-е изд. — Женева, 2011. — 322 с.
12. Руководство по гидрологической практике. Том I. Гидрология: от измерений до гидрологической информации [Текст] / Всемирная Метеорологическая Организация. — 6-е изд. — Женева, 2012. — 312 с.
13. СНиП 2.01.14–83. Определение расчетных гидрологических характеристик [Текст] / Госстрой СССР. — М. : Стройиздат, 1985. — 36 с.
14. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик [Текст] / ГГИ Росгидромета. — М. : Госстрой России, 2004. — 73 с.
15. Изменения климата Луганщины и их прогнозирование. Основания для оптимизма [Текст] : монография / И. Д. Соколов, М. В. Орешкин и др. — Луганск : ФЛП Пальчак А. В., 2017. — 200 с.
16. Схема комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов Ворошиловградской области. Гидрологическое и инженерно-геологическое обоснование. Книга I [Текст] : отчет / Запорожгидроводхоз. — Ворошиловград, 1975. — 227 с.
17. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов Ворошиловградской области Украинской ССР. Часть II. Природные условия. Книга 2. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия [Текст] : отчет / Запорожгидроводхоз. — Ворошиловград, 1982. — 129 с.
18. Фисуненко, О. П. Природа Луганской области [Текст] / О. П. Фисуненко, В. И. Жадан. — Луганск, 1994. — 233 с.
19. Овчаренко, В. А. Основной энергоноситель Украины [Текст] / В. А. Овчаренко // 210 лет начала систематического государственного геологического исследования Донбасса : тезисы докладов научной конференции / под ред. Крамаренко А. А. — Донецк : Донбасс, 2011. — С. 17–19.

© Крамаренко А. А.

© Лысенко И. Л.

© Коптева А. К.

© Сергейчук О. В.

© Живлюк А. В.

*Рекомендована к печати к.пед.н., доц. каф. географии ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ» Чикиной Ю. Ю.,  
директором НЦМОС ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» Кусайко Н. П.*

Статья поступила в редакцию 23.09.2021.

**Kramarenko A. A., Lysenko I. L., Kopteva A. K., Sergeychuk O. V., Zhivlyuk A. V.** (Ministry of Natural Resources of the LPR, Lugansk, LPR, [minprirody@mprlnr.su](mailto:minprirody@mprlnr.su))

#### **TO THE ISSUE OF THE SURFACE WATER STATE IN LUGANSK PEOPLE'S REPUBLIC**

*The work is devoted to analysis and assessment of rivers' state on the territory of Lugansk People's Republic, their dependence on water discharge from coal mines. A comparison is made for the main components forming the rivers' flow, such as natural filling and mine water discharge, as of 1993 and 2019; the main reasons for water level fall in the rivers and reservoirs of the LPR are indicated. Variants of water supply regulation in the republic are offered.*

**Key words:** river flow, natural river filling, inflow, mine water discharge, flow module, total module of infiltration feeding (IP) and surface runoff (PS).



**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ  
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

---

**REGIONAL ECOLOGY  
AND NATURE MANAGEMENT**



УДК 669.053.4.087

к.х.н. Смирнова И. В.

(КМНИЛ НЦМОС ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР, kamerton\_i@mail.ru),

Шелепенко В. В.

(Филиал № 1 «АМК» ООО «ЮГМК», г. Алчевск, ЛНР, shelepenkovl@gmail.com)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

*Работа посвящена проблеме переработки и характеристике методов извлечения ценных компонентов из металлургических шлаков. Наиболее подробно рассмотрены методы гидро-электрометаллургии, а именно — амальгамной металлургии, открывающей широкие перспективы не только в области переработки металлосодержащих отходов, но и в области получения металлов высокой чистоты, что является также одной из проблем современной техники.*

**Ключевые слова:** металлургические шлаки, химический состав шлаков, пирометаллургия, гидрометаллургия, амальгамная металлургия, амальгамные электроды, извлечение металлов.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Проблема переработки отвальных шлаков и извлечения из них металлических компонентов с последующим использованием их в качестве вторичного сырья является одной из актуальных в металлургии. Эта проблема имеет несколько аспектов. Во-первых, металл, извлеченный из металлического шлака, значительно дешевле металла, извлеченного из руды в результате целого ряда технологических переделов. Во-вторых, после извлечения из шлака металлы могут быть полезно утилизированы.

Особое значение комплексное использование сырья имеет для черной металлургии, где при выплавке чугуна, стали и ферросплавов неизбежно образуется большое количество технологических отходов. Из них 80 % приходится на шлаки, которые образуются из пустой породы железорудных материалов, флюсов, золы топлива, а также продуктов окисления металла и примесей.

Комплексная переработка отвалов металлургических шлаков является актуальной не только с экономической, но и с экологической точки зрения. Полезная переработка шлаковых отвалов дает возможность уменьшить занимаемую отвалами территорию или, по крайней мере, не расширять ее до необъятных пределов, то есть

улучшает экологическую обстановку и в отвальной зоне, и вокруг нее.

**Постановка задачи.** Основная задача данной работы — краткий обзор методов переработки отходов металлургического производства, а именно — металлургических шлаков.

**Целью** данной работы является краткая сравнительная характеристика методов переработки металлургических шлаков.

**Объект исследования** — металлургические шлаки.

**Предмет исследования** — методы извлечения полезных компонентов из металлургических шлаков.

**Изложение материала и его результаты.** Ключевыми предприятиями черной металлургии Луганской Народной Республики являются Алчевский металлургический комбинат (АМК) и Стахановский завод ферросплавов. Работа Стахановского завода ферросплавов тесно связана с функционированием АМК: продукция завода входит в число важнейших видов металлургического сырья, используемого для повышения качества стали.

Алчевский комбинат — металлургический комбинат с полным технологическим циклом и собственным коксохимическим производством. АМК производит чугун перелдельный, литейный; слябы литые, за-

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

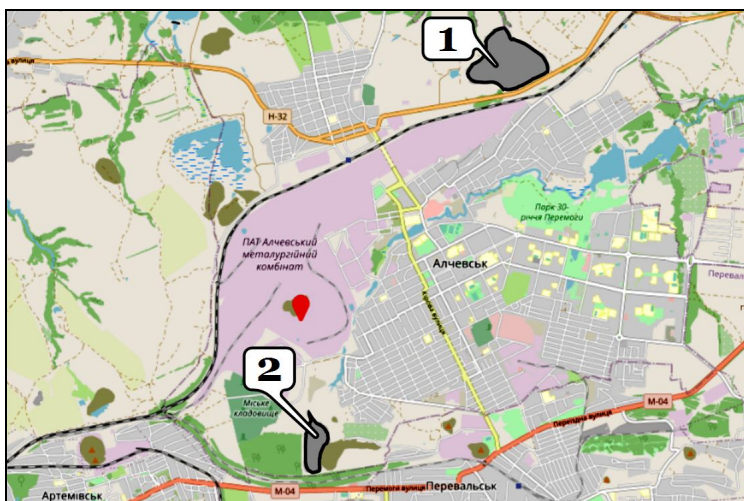
готовку трубную, квадратную; прокат толстолистовой, полосу стальную, двутавры стальные, швеллеры стальные с параллельными гранями полка, уголок равнополочный, профиль СВП для крепи горных выработок, прокат круглый, шлак.

Стахановский завод ферросплавов — крупнейший производитель ферросилиция в Республике. Основная продукция: ферросилиций марок ФС20, ФС25, ФС45, ФС65, ФС75, ФС90, ферромарганец марки ФМн78 и ферросиликомарганец марок МнС17РБ, МнС17Р45.

На Алчевском металлургическом комбинате доменные и сталеплавильные шлаки выливают в отдельные отвалы (рис. 1).

До 2008 года на АМК сталь производили в мартеновских печах и в отвал сливали мартеновский шлак. Начиная с 2008 года, после ввода в эксплуатацию кислородно-конвертерного цеха, отвал сталеплавильного шлака наполнялся конвертерным шлаком.

Шлаковый отвал Стахановского ферросплавного завода показан на рисунке 2.



1 — отвал сталеплавильного шлака: мартеновского и конвертерного; 2 — отвал доменного шлака

Рисунок 1 Шлаковые отвалы Алчевского металлургического комбината



1 – отвал ферросплавного шлака

Рисунок 2 Шлаковый отвал Стахановского ферросплавного завода

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Шлаки играют важную роль в физико-химических процессах металлургического производства: они очищают металл от нежелательных примесей, предохраняют его от вредного воздействия газовой среды печи (т. е. от окисления и газонасыщения).

Доменные шлаки формируются из флюса, золы кокса и железосодержащих материалов. В состав шлаков также могут входить титан, ванадий, хром, марганец, кобальт, никель, медь и цинк. Шлакообразующими оксидами являются SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, а также сульфиды металлов, преобладающим из которых является сульфид кальция CaS. В таблице 1 представлен типичный состав доменного шлака [1].

В таблице 2 приведен химический состав отвального доменного шлака согласно технологической инструкции Алчевского металлургического комбината 2018 года ТИ 229-Д-031-14-2018 «Переработка доменного шлака с получением отвального доменного шлака по ТУ У В.2.7-27.1-26416904-204:2012».

Сталеплавильные шлаки представляют собой расплав оксидов, образующихся при взаимодействии с кислородом примесей, содержащихся в чугунах и металлургиче-

ском ломе, компонентов ферросплавов, шлакообразующих, вносимых в сталеплавильную ванну для корректировки состава, миксерного и доменного шлака, поступающих с чугуном, а также от футеровки плавильных агрегатов.

В таблице 3 представлен типичный состав сталеплавильных шлаков: мартеновского и конвертерного [1].

В таблице 4 приведен химический состав отвального сталеплавильного конвертерного шлака согласно технологической инструкции Алчевского металлургического комбината 2018 года ТИ 229-СТ-ККП-0117-15-2018 «Переработка сталеплавильных шлаков с получением отвального сталеплавильного шлака по ТУ У В.2.7-27.1-26416904-204:2012».

Производство ферросплавов основано на процессах восстановления элементов из оксидов, входящих в состав руды или концентрата, и сопровождается неизбежным образованием шлака. Восстановителем служат углерод, кремний, алюминий. Количество и свойства шлака зависят от технологии процесса, вида и качества используемого сырья, марки выпускаемого сплава, состава футеровки плавильного агрегата.

Таблица 1

Типичный состав доменного шлака

Компонент	Содержание, %	
	Среднее	Диапазон
CaO	39,0	34,0 ... 43,0
SiO <sub>2</sub>	36,0	27,0 ... 38,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,0	7,0 ... 12,0
MgO	12,0	7,0 ... 15,0
FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5	0,2 ... 1,6
MnO	0,44	0,15 ... 0,76

Таблица 2

Химический состав отвального доменного шлака согласно ТИ АМК

Компонент	Содержание, %
Кальций и его соединения в пересчете на CaO	36,0 ... 50,0
Кремний и его соединения в пересчете на SiO <sub>2</sub>	34,0 ... 51,0
Магний и его соединения в пересчете на MgO	3,0 ... 15,0
Алюминий и его соединения в пересчете на Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,0 ... 10,0
Марганец и его соединения в пересчете на MnO	0,05 ... 2,0
Титан и его соединения в пересчете на TiO <sub>2</sub>	не более 4,0



## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 3

Химический состав сталеплавильных шлаков

Компонент	Содержание, %	
	Мартеновский шлак	Конвертерный шлак
CaO	38,0 ... 53,0	40,0 ... 55,0
SiO <sub>2</sub>	15,0 ... 20,0	7,0 ... 18,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0 ... 9,0	2,0 ... 6,0
MgO	8,0 ... 11,0	6,0 ... 10,0
MnO	4,0 ... 9,0	13,0 ... 14,0
FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,0 ... 16,0	12,0 ... 28,0
FeO	0,6 ... 1,5	9,0 ... 17,0

Таблица 4

Химический состав отвального сталеплавильного шлака согласно ТИ АМК

Компонент	Содержание, %
CaO	30,0 ... 55,0
SiO <sub>2</sub>	10,0 ... 30,0
MgO	3,0 ... 20,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 ... 27,0
MnO	0,1 ... 8,0

Существенным источником образования шлака являются невосстановленные оксиды ведущего элемента. Кроме того, со шлаком уносятся металлические включения, количество которых зависит от физико-химических свойств жидкого шлака при температурах выпуска. В шлак переходят примеси шихтовых материалов — руды, восстановителя, флюсующих, рафинирующих и других добавок, используемых при производстве ферросплавов. В результате

разрушения огнеупорной футеровки плавильных агрегатов и приемников расплавов в шлак поступает некоторая часть оксидов алюминия, кремния и других элементов, входящих в состав футеровки.

Количество шлака в различных технологических процессах изменяется в весьма широких пределах.

Типичный состав отвального шлака доменного ферромарганца представлен в таблице 5 [1].

Таблица 5

Химический состав шлаков от производства марганцевых ферросплавов

Компонент	Процентное содержание компонента в зависимости от типа производства				
	Доменный ферромарганец	Электропечной ферромарганец		Силикомарганец	Марганец металлический
		флюсовый	бесфлюсовый		
Mn	6,0 ... 10,0	11,0 ... 14,0	35,0 ... 40,0	13,0 ... 18,0	14,0 ... 17,0
SiO <sub>2</sub>	29,0 ... 32,0	32,0 ... 36,0	27,0 ... 29,0	45,0 ... 50,0	27,0 ... 30,0
CaO	40,0 ... 45,0	36,0 ... 40,0	9,0 ... 10,0	12,0 ... 19,0	43,0 ... 47,0
MgO	7,0 ... 10,0	2,0 ... 5,0	1,0 ... 3,0	2,0 ... 5,0	2,0 ... 5,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,0 ... 9,0	4,0 ... 6,0	3,0 ... 5,0	6,0 ... 9,0	2,0 ... 4,0
FeO	0,7 ... 0,9	0,3 ... 0,6	0,7 ... 0,9	0,4 ... 0,7	0,1 ... 0,6
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	—	1,0 ... 2,0	—	2,0 ... 5,0	1,0 ... 2,0

Переработка металлургических шлаков получила широкое распространение в мире. На современных металлургических заводах не только утилизируются все образующиеся шлаки, но и постепенно разрабатываются старые шлаковые отвалы. Переработка и использование шлаков в настоящее время представляют собой самостоятельную подотрасль металлургического производства.

Использование вторичных ресурсов характеризуется высокими показателями экономической эффективности. Во многих случаях при выделении материалов из отходов выход и степень извлечения целевого продукта выше, чем при использовании первичного сырья; процесс включает меньшее число стадий, уменьшается расход энергии, сокращаются производственные площади и территории, отводимые под отвалы, снижаются трудовые затраты.

Можно выделить три подхода к утилизации отходов: прямое использование, переработка с извлечением полезных компонентов, уничтожение. Наиболее рациональны первые два, но не все отходы можно переработать.

Несмотря на наличие полезных компонентов, на настоящем этапе может не существовать эффективных технологий их извлечения. Такие отходы дешевле и безопаснее уничтожить.

Основные направления прямого использования шлаков черной металлургии представлены на рисунке 3.

Вопросы извлечения из металлургических шлаков полезных компонентов — металлов входят в проблематику металлургии, как науки о промышленных способах получения металлов как из руд, так и из других металлосодержащих продуктов.

Все используемые при производстве металлов процессы подразделяются на две группы:

- 1) пирометаллургические процессы (восстановление при высоких температурах);
- 2) гидрометаллургические процессы (восстановление из растворов солей).

Пирометаллургическими процессами являются обжиг, доменная плавка, мартевская плавка, плавка в конвертерах, дуговых и индукционных печах. Пирометаллургия — основа производства чугуна, стали, свинца, меди, цинка и др.

Если пирометаллургия основана на химических процессах, протекающих в расплаве сырья при высоких температурах, и для разделения его компонентов используется различное их сродство к шлакообразующим, кислороду или к сере, то гидрометаллургия основана на извлечении соединений металлов из руд и концентратов водными растворами различных реагентов при низких температурах. При селективном действии реагентов в раствор переходят главным образом полезные компоненты; пустые породы практически не растворяются в реагентах. Этим гидрометаллургия выгодно отличается от пирометаллургии, при которой переплавляется вся масса руды. Такое отличие особенно важно при переработке бедных руд, содержание полезного компонента в которых мало.

Сравнительные характеристики пирометаллургии и гидрометаллургии приведены в таблице 6.

Одним из существенных преимуществ гидрометаллургических методов по сравнению с металлургическими переделами является также то, что они часто позволяют более полно перерабатывать бедные и полиметаллические руды с раздельным получением всех полезных компонентов, а основного — в виде продукта высокой чистоты. Стоимость попутно получаемых продуктов является весьма важным экономическим фактором, определяющим рентабельность гидрометаллургического производства по сравнению с пирометаллургическим. К достоинствам гидрометаллургии относится также упрощение переработки по сравнению с пирометаллургией, меньшие затраты физического труда. Применение гидрометаллургических методов во многих случаях существенно снижает загрязнение окружающей среды вредными отходами.

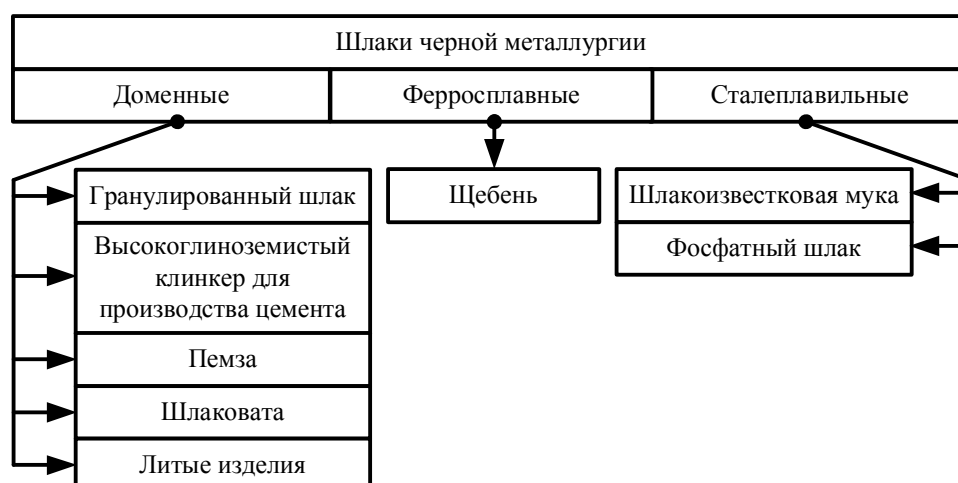


Рисунок 3 Основные направления прямого использования шлаков черной металлургии

Таблица 6

Сравнительные характеристики металлургических методов

Пирометаллургия	Гидрометаллургия
<b>Преимущества</b>	
– высокая производительность	– возможность переработки «бедного» сырья; – возможность комплексной переработки сырья; – возможность автоматизации и механизации процессов; – простота аппаратного оформления; – социальный фактор (более комфортные условия работы); – экологичность; – низкие энергозатраты
<b>Недостатки</b>	
– невозможность переработки «бедного» сырья; – загрязнение окружающей среды; – высокие энергозатраты	– низкая производительность; – большой расход воды и необходимость решения проблемы сточных вод

Гидрометаллургическими называются процессы извлечения металлов из руд, концентратов, промежуточных продуктов и отходов металлургического производства, а также из вторичного сырья в водную фазу при их обработке водными растворами химических реагентов с последующим выделением из растворов металлов или их соединений. Гидрометаллургические процессы протекают преимущественно при температурах ниже 300 °С.

В зависимости от типа перерабатываемого сырья, свойств металлов и их соединений, цели процесса в гидрометаллургии-

ческой практике используются различные подготовительные и основные процессы и операции [2]:

1. Подготовка рудного сырья к выщелачиванию. К подготовительным операциям относятся:

– механическая обработка рудного сырья (дробление, измельчение, классификация) с целью вскрытия ценных минералов и создания большой удельной поверхности выщелачиваемой твердой фазы;

– агломерация (окускование) тонкодисперсных материалов с целью укрупнения и получения частиц с пористой структурой;

– обработка исходного материала с изменением химического состава сырья с целью получения более пригодных для гидрометаллургической переработки соединений.

2. Выщелачивание — извлечение растворимого компонента из твердой фазы в водный раствор.

3. Разделение твердой и жидкой фаз (операции отстаивания, декантации, сгущения и фильтрации).

4. Подготовка растворов к выделению из них металлов или чистых соединений:

– очистка растворов от примесей (рафинарование);

– концентрирование раствора по извлекаемому компоненту (упаривание, применение процессов ионного обмена или жидкостной экстракции).

5. Выделение из растворов металлов или их соединений (цементация, осаждение труднорастворимых соединений, электролиз и т. д.).

Механическая обработка и агломерация не ставят целью изменение химического состава материалов. Для направленного изменения химического состава и свойств сырья применяется окислительный, хлорирующий, сульфатизирующий и другие виды обжига. Кроме обжига находят применение спекание с солями и щелочными реагентами.

Технология получения металлов, включающая и гидрометаллургические переделы с процессами электроэкстракции, и процессы электрорафинирования, носит общее название — гидроэлектрометаллургия.

Гидроэлектрометаллургия — область металлургии, охватывающая промышленные способы получения металлов и сплавов с помощью электрохимических процессов [3]. Гидроэлектрометаллургическими способами получают многие металлы: Cu, Ni, Zn, Cd, Co, Mn, Pb, Sn, Bi, Sb, Cr.

Гидроэлектрометаллургические процессы делятся на три группы:

- 1) электрорафинирование;
- 2) электроэкстракция;

3) цементация, или контактное вытеснение металла.

Электроэкстракция — выделение металла из раствора электрохимическим путем. Руду или концентрат растворяют, затем ведется электролиз с нерастворимыми анодами (в отличие от электрорафинирования).

Основным процессом электрорафинирования и электроэкстракции является электролиз.

Электролиз — совокупность процессов электрохимического окисления-восстановления, происходящих на погруженных в электролит электродах при прохождении электрического тока.

На катоде происходит восстановление ионов металла:  $M^{z+} + z\bar{e} = M^0$ .

На аноде протекает окисление металла в случае растворимого анода  $M^0 - z\bar{e} = M^{z+}$  или компонентов электролита в случае нерастворимого анода.

В гидроэлектрометаллургии используют твердые электроды из металлов и сплавов и жидкие электроды из ртути и ее сплавов (амальгамная металлургия).

Достоинства гидроэлектрометаллургических методов:

- получение металлов высокой чистоты;
- возможность переработки бедных руд;
- комплексная переработка руд.

Одним из возможных путей дальнейшего развития гидроэлектрометаллургических методов является амальгамная металлургия, открывающая широкие перспективы не только в области переработки бедных полиметаллических руд, но и в области получения металлов высокой степени чистоты, что является также одной из проблем современной техники.

Особенность амальгамной электрохимии, лежащей в основе амальгамной металлургии, заключается в селективном переходе металлов из раствора в ртутный электрод и в селективном же извлечении тех же металлов из полученного амальгамного электрода в виде растворов соответствующих солей.

Выделение металла из амальгамы с одновременным получением соответствующего ему особо чистого соединения производится путем электролиза с использованием амальгамы в качестве анода [4].

Амальгамные электроды имеют высокий коэффициент диффузии основного компонента и микропримесей, порядка  $0,03 \dots 0,06 \text{ см}^2/\text{ч}$  при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , который позволяет применять значительные плотности тока, отличаются строгой последовательностью в переходе металлов из раствора в амальгаму и наоборот. Они обладают также идеально гладкой и однородной поверхностью с постоянной площадью контакта с электролитом, что исключает побочные реакции (адсорбцию, пассивацию и другие) и обуславливает постоянство потенциала системы. Сочетание большого удельного веса амальгам со сравнительно высокой растворимостью в ртути многих металлов позволяет в небольшом объеме амальгамного электрода концентрировать значительные количества основного металла либо микропримесей.

Особенностью амальгамной электрохимии является дифференцирующее действие катодного и анодного ртутного электродов по отношению к металлам. Щелочные и щелочноземельные металлы выделяются на ртутном катоде с образованием соответствующих амальгам только из нейтральных, щелочных и неводных растворов, а также буферных растворов органических кислот. Скандий, иттрий, лантан и лантаноиды растворяются в ртутном катоде только из буферных растворов органических кислот. Металлы подгрупп титана и ванадия, молибден, вольфрам и уран осаждаются только из неводных растворов. Амальгамы этих металлов неустойчивы в нейтральных и кислых водных растворах и разлагаются с образованием гидроокисей. Всего несколько металлов — медь, цинк, кадмий, литий, таллий, висмут, железо, свинец и олово — выделяются на

ртутном катоде из растворов любой кислотности.

При анодном растворении амальгам и плотностях тока, не превышающих предельные, происходит поэтапное выделение металлов в раствор: первыми переходят из амальгамы в раствор металлы, имеющие наиболее электроотрицательный потенциал.

Таким образом, многокомпонентные металлосодержащие системы подлежат утилизации и/или переработке с одновременным получением из них ценных металлов.

Для извлечения ценных компонентов, находящихся в металлосодержащих отходах в небольших количествах, наиболее привлекательным видится амальгамный метод (с использованием ртутно-плёночных электродов ограниченного объёма), позволяющий проводить электродные процессы при низких температурах (до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Анализ изложенного материала позволяет сделать следующие выводы:

1. Вопросы извлечения металлов из металлургических шлаков составляют проблематику промышленных способов получения металлов не только из руд, но и из других металлосодержащих продуктов.

2. Амальгамная металлургия, являясь одним из наиболее перспективных направлений развития гидроэлектрометаллургии, открывает широкие перспективы не только в области переработки бедных полиметаллических руд, но и в области получения металлов высокой чистоты.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение физико-химических параметров процессов амальгамного извлечения металлов из многокомпонентных систем с использованием ртутно-плёночных электродов ограниченного объёма. Это позволит разработать низкзатратные технологии извлечения металлов из металлургических шлаков и снизить техногенное воздействие предприятий переработки металлосодержащих отходов на окружающую среду.

**Библиографический список**

1. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии [Текст] : монография / К. Г. Пугин, Я. И. Вайсман, Б. С. Юшков, Н. Г. Максимович. — Пермь : Перм. гос. техн. ун-т, 2008. — 316 с.
2. Луганов, В. А. Основы гидрометаллургических процессов [Текст] : учебное пособие / В. А. Луганов, А. О. Байконурова, Е. Н. Сажин. — Алматы : КазНТУ, 2005. — 219 с.
3. Иванова, Н. П. Гидроэлектрометаллургия [Текст] / Н. П. Иванова, И. А. Великанова. — Минск : БГТУ, 2010. — 103 с.
4. Бухман, С. П. Амальгамные методы получения и рафинирования металлов с применением биполярных электродов [Текст] /С. П. Бухман, Б. А. Сотников, Ю. А. Стекольников // Вестник ТГТУ. — Томск, 2009. — Том 15. — № 4. — С. 861–871.

© Смирнова И. В.© Шелепенко В. В.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. ММК ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» Изюмовым Ю. В., глав. метрологом Филиала № 1 «АМК» ООО «ЮГМК», нач. цеха КИПиА Сидоровым П. Н.**

Статья поступила в редакцию 08.11.2021.

**Ph.D. in Chemistry Smirnova I. V.** (KMSRL SCEM SEI HE LPR “DonSTI”, Alchevsk, LPR, kamerton\_i@mail.ru), **Shelepenko V. V.** (Branch office No. 1 “AISW” LLC “USMC”, Alchevsk, LPR, shelepenkovl@gmail.com)

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF METALLURGICAL SLAG PROCESSING METHODS**

*The work is devoted to the problem of processing and characterizing the methods for extracting valuable components from metallurgical slags. Methods of hydroelectric metallurgy are considered in most detail, namely, amalgam metallurgy, which open up broad prospects not only in the field of processing metal-containing wastes, but also in the field of obtaining high-purity metals, which is also one of the problems of modern technology.*

**Key words:** metallurgical slags, chemical composition of slags, pyrometallurgy, hydrometallurgy, amalgam metallurgy, amalgam electrodes, metal recovery.

УДК 504.062:69.003

*к.т.н. Левченко Э. П.,  
Макаревич А. Г.  
(ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР)*

## ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ г. АЛЧЕВСКА

*Рассмотрены вопросы влияния строительных отходов на окружающую среду. Представлены перспективные направления переработки строительного мусора на базе промышленности г. Алчевска с учетом имеющихся преимуществ.*

**Ключевые слова:** *строительные отходы, переработка, окружающая природная среда, загрязнение, структура отходов.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** В последнее время все больший урон экологии окружающей среды наносят так называемые строительные отходы. Это наглядно наблюдается вблизи черты городской застройки — овраги, поля и балки все больше теряют свой естественный первозданный вид и превращаются в несанкционированные свалки.

Образующиеся строительные отходы состоят из тяжелого и легкого железобетона, кирпича, каменных материалов, утеплителей, гипсолита, древесины, картона, бумаги, полимерных материалов, раствора, битума, асфальта, замусоренного грунта и тому подобного. Например, во многих развитых странах такого понятия, как строительный мусор практически не существует, так как он подвергается переработке и служит повторным сырьем. В Австрии перерабатывается около 87 % отходов строительства и сноса зданий. В Германии строительная промышленность на добровольных основах сократила отходы в 2 раза, при этом 70 % из них повторно перерабатывается. В Испании (Фландрии) существуют прямые запреты на свалки с целью вторичной переработки строительных отходов, что вызвано высокой плотностью населения и дефицитом площадей полигонов.

Особую проблему строительный мусор создает на территории Донбасса, что усугубляется следствием действий военного

характера. Известно [1], что разрушительному воздействию при этом подверглись 217 образовательных объектов, 45 медицинских учреждений, 51 культурно-спортивное здание. Также пострадало 81 административное здание, 14 больших торговых заведений и 132 промышленных объекта. Пришло в негодность около 962 км автомобильных дорог и 24 моста. Имеющиеся жилые здания в своей основной массе отслужили отведенный им срок, поэтому население самостоятельно занимается активным реконструированием окон, дверей и внутриквартирной отделки, из-за чего специально организованные властями места сбора твердых бытовых отходов (ТБО) постоянно пополняются строительным мусором, не предназначенными для вывоза на имеющиеся полигоны ТБО.

Строительный мусор представляет собой все виды отходов, возникающих при сносе, демонтаже, строительстве и ремонте сооружений и зданий. Как правило, он включает куски бетона, кирпичи, металлическую арматуру, блоки, битое или цельное стекло, обрезки и остатки материалов.

Несмотря на то, что строительные отходы относятся к 4–5 классу опасности и наносят незначительный вред, однако они сильно нарушают эстетичность окружающей среды и не исключают выделение тяжелых металлов, солей, газообразующих смесей, возникновение кислотных и щелочных остатков.

**Объектом исследования** является потенциальная возможность создания предприятия по переработке строительных отходов на базе имеющихся промышленных объектов г. Алчевска.

**Предмет исследования** — особенности организации объекта по переработке строительных отходов с учетом ресурсов металлургических отвалов.

**Задачи исследования** — выявление особенностей образования и утилизации строительного мусора, его влияния на окружающую среду и поиск путей рациональной переработки и повторного использования.

**Методика исследований.** Аналитические методы изучения объектов образования строительного мусора, его возможной классификации и получения вторичных сырьевых компонентов.

**Изложение материала и его результаты.** По разновидности различают 3 группы строительного мусора [3]:

I — крупногабаритный, образующийся на первом этапе работ (арматура, бетонные блоки, кирпичи);

II — среднегабаритный, появляющийся при использовании стройматериалов (упаковочные пленки, пластиковые панели, обрезки, остатки клея, лака, смолы);

III — мелкогабаритный, возникающий при отделочных работах (куски обоев, пыль, штукатурка).

По агрегатному состоянию выделяют такие типы строительного мусора:

твердый — характеризуется небольшой инертностью и экологической безопасностью;

жидкий — отличается повышенной взрывоопасностью и неблагоприятным воздействием на экосистему;

газообразный — наиболее опасный тип, обладающий высокой пожароопасностью.

По степени горючести отходы классифицируют на следующие категории:

A — газы и пары, возгораемые при комнатной температуре;

B — пары ацетона и лакокрасочных материалов;

B — волокна горючих твердых остатков, пыль, древесина, алюминий;

Г — топливо, масла, защитные покрытия;

Д — кирпич и бетон.

Создание благоприятной и эстетичной архитектурно-градостроительной среды жизнедеятельности человека и сохранение природных систем возможно только на основе соблюдения экологических требований в процессе инвестиционно-строительной деятельности, формирования экологически ориентированной модели управления инвестиционными проектами. Решение указанных задач обуславливает необходимость совершенствования механизма регулирования инвестиционно-строительной деятельности на основе развития нормативно-правовых и усиления экономических аспектов экологического сопровождения строительной продукции. Обеспечение устойчивого развития территорий, сбалансированный учет экологических, экономических, социальных факторов при реализации градостроительных проектов, наряду с соблюдением требований охраны окружающей среды и экологической безопасности, являются ключевыми принципами нормативных правовых актов, разрабатываемых в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности [3].

В мирное время строительные отходы, как правило, подлежали захоронению. Однако значительное появление разрушений и вызванное этим повышенное образование отходов в регионе в последнее время, а также дефицит свободных земель под их захоронение определяют необходимость поиска иных, более рациональных способов утилизации. Кроме того, при захоронении теряется огромное количество сырья, которое впоследствии легко может быть преобразовано в ценные материалы. Усредненная структура строительных отходов от сноса и повреждения жилых зданий приведена в таблицах 1, 2 [4].



**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Таблица 1

Виды отходов при сносе и реконструкции зданий, %

	Стекло	Каменные	Кровельные	Дерево	Штукатурка	Металл	Мусор
При сносе	0,1	78,1	1	0,7	4,7	0,4	15
При ремонте	0,5	41	7	11,5	14	–	26

Таблица 2

Распределение строительных отходов по территориям ЛНР

Объект урбанизации		Количество населения, чел	Масса отходов, т	Объем отходов, м <sup>3</sup>
Города ЛНР	Луганск	440982	4410	22049
	Красный Луч	120135	1201	6007
	Алчевск	107984	1080	5399
	Свердловск	96074	960	4804
	Краснодон	101076	1010	5054
	Стаханов	89117	891	4456
	Ровеньки	81792	818	4090
	Антрацит	75895	759	3795
	Брянка	51813	518	2691
	Первомайск	37706	377	1885
	Кировск	32725	327	1636
Районы ЛНР	Перевальский	59116	692	3456
	Лутугинский	65740	655	3274
	Славносербский	53465	535	2673
	Антрацитовский	29825	298	1491
	Краснодонский	28797	288	1440
	Свердловский	11610	115	580
	Попаснянский	5927	60	297
Станично-Луганский	2738	25	137	

В последнее время с учетом большой изношенности зданий и сооружений, как промышленного, так и бытового назначения, практически на всех урбанизированных территориях, в том числе и в городе Алчевске, наблюдается значительное количество строительных отходов [5], составляющих около 5 % от общей массы твердых бытовых отходов [3], обращение с которыми до сих пор не налажено на государственном уровне, включая необходимую законодательную и исполнительную базы, которые четко могли бы регламентировать эту проблему.

Таким образом возникает дополнительная техногенная нагрузка на окружающую

среду, так как строительные отходы не должны приниматься на городские полигоны твердых бытовых отходов, что находит свое негативное проявление, например, в засорении ближайших от города природных ресурсов. Значительное число несанкционированных свалок наблюдается в районах, граничащих с городской застройкой (рис. 1), что создает неблагоприятную среду для отдыха на природе и существования живых организмов.

Такая ситуация довольно сильно распространена в полях и посадках вдоль трассы Перевальск — Луганск, в районе Исаковского водохранилища, Орловых прудов и тому подобных районах (рис. 2).



Рисунок 1 Загрязнение природных ресурсов



Рисунок 2 Строительный мусор

Анализ ситуации показывает, что обычными запретительными мерами ее решение невозможно, так как не налажен самый главный принцип утилизации подобного мусора — его переработка. А отсутствие правильного и эффективного экологического воспитания или формализм в этом направлении не дает каких-либо значимых результатов.

В этой связи на основе анализа географического положения и накопления техногенных отходов предлагается решить комплексную задачу управления строительными отходами на основе имеющихся ресурсов и возможностей в городе Алчевске.

Благодаря наличию огромных перерабатывающих сырьевых гигантов, таких как Филиал № 1 «Алчевский металлургический комбинат» (АМК) общества с огра-

ниченной ответственностью «Южный горно-металлургический комплекс (ЮГМК)» (бывший ПАО АМК), предлагается задействовать имеющиеся базы для утилизации строительных отходов.

Так как утилизация отходов на Филиале № 1 «АМК» ЮГМК значительно ниже среднего уровня, но они обладают существенными вяжущими свойствами, на основе переработки шлаков в комплексе со строительными отходами можно покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах и на 10...30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, при этом экономия капитальных вложений достигает 35...50 % [6].

В качестве промышленных площадок для организации технической переработки отходов рекомендуется задействовать территории в районе городского кладбища, где производится отбор железосодержащих материалов из металлургического шлака (рис. 3), а также (или) в месте расположения шлаковой горы в районе пос. Васильевка (рис. 4). Эти предложения аргументируются тем, что на указанных промплощадках находится огромное количество шлака, из которого уже производятся различные строительные материалы, при этом задействована техника: экскаваторы, тракторы, грейдеры, магнитные сепараторы, конвейеры, вибрационные грохоты и др. [7]. Необходима лишь некоторая доукомплектация.

Прием строительного мусора рационально осуществлять на бесплатной основе с освещением данных условий в местной прессе и социальных сетях, что снизит вероятность вывоза отходов на несанкционированные свалки ввиду риска штрафных санкций за загрязнение окружающей среды и обеспечит постоянное пополнение данного предприятия бесплатным сырьем. Кроме того, можно привлекать потенциальных покупателей вторичных строительных материалов льготной ценовой политикой, с учетом объемов сданного ими

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

сырья для переработки, так как строительные подрядные организации и частные лица очень часто организуют свою деятель-

ность в тесной связи с разборкой зданий или их отдельных элементов с последующими отделочными работами.



Рисунок 3 Панорама окрестностей шлаковой горы в районе городского кладбища



Рисунок 4 Остатки комплекса промышленных сооружений в районе Васильевки

С учетом значительных капитальных затрат на данное перерабатывающее производство возможно на начальном этапе ограничиться закупкой лишь самого необходимого оборудования и техники, которое можно пополнять и расширять по мере дальнейшего развития хозяйственной деятельности.

Осуществление предложенного проекта возможно путем государственной поддержки на финансовом и законодательном уровнях, а также за счет частного инвестирования.

Отходы строительной древесины возможно перерабатывать в щепу, а также изготавливать из них топливные брикеты (пеллеты) — спрессованные в гранулы предварительно измельченные древесные компоненты, обладающие большой теплоотворной способностью. Кроме того, их можно применять как органику в сельском хозяйстве, например, для создания эффекта «теплых грядок» при выращивании различных сельскохозяйственных культур.

Спрос на строительные материалы гарантируется необходимостью капитальных ремонтов в основном отслужившего свой срок жилого фонда, восстановлением и строительством дорог и мостов, а также восстановлением разрушенных зданий и сооружений в результате проведения боевых действий в Луганской Народной Республике.

Таким образом, рациональная организация производства на основе регенерации строительных отходов позволит обеспечить город Алчевск и прилегающие населенные пункты, а также Луганскую Народную Республику в целом качественным строительным сырьём и материалами при одновременном снижении негативного воздействия отходов на природную окружающую среду вблизи города и прилегающих к нему территорий [7].

Наиболее целесообразным можно считать организацию переработки строительного мусора на базе ранее созданного предприятия ООО «Интерпром», некогда образованного для переработки шлаковых отвалов ПАО «Алчевский металлургический комбинат», а ныне Филиал № 1 «АМК» ЮГМК.

Таким образом, в масштабах г. Алчевска достаточно организовать вывоз строительных отходов в указанные районы, предварительно осуществив договоренность об условиях приемки, переработки и реализации получаемых при этом продуктов. Кроме того, необходимо решить попутные задачи, связанные с закупкой дополнительной техники, к которой относится [3] техника для дробления негабаритов, (например, на основе гидромолота), щековые, конусные и молотковые дробилки, оборудование по приготовлению растворобетонных смесей и другое подобное оборудование.

В результате такого подхода можно получать песочные смеси и наполнители для штукатурных и бетонных работ, гравий, выделять металлическую арматуру, которую утилизировать в металлургическое производство, но лучше наладить из нее выпуск строительных конструкций, например, сеток для бетонирования. Кроме того, предварительно полученные материалы могут служить добавками для строительных смесей, используемых при изготовлении кирпича, шлакоблока, тротуарной плитки и тому подобных изделий.

Экспериментальные исследования показывают, что ориентировочный гранулометрический состав готового продукта после дробления некоторых строительных отходов в щековой дробилке при однотипных условиях отвечает графическим зависимостям, приведенным на рисунке 5. Следовательно, вторичный готовый продукт может использоваться, например, в качестве наполнителя при бетонных работах и приготовлении асфальтобитумных смесей.

Измельченный продукт можно использовать в качестве песчаных фракций (рис. 6). При этом по сравнению с обычным песком, форма частиц которого имеет скругленные грани, грани вторичного песка являются четко выраженными, следовательно, бетон, приготовляемый с его помощью, будет обладать повышенным сцеплением частиц внутренней структуры, а значит его прочностные свойства будут выше обычных строительных изделий.

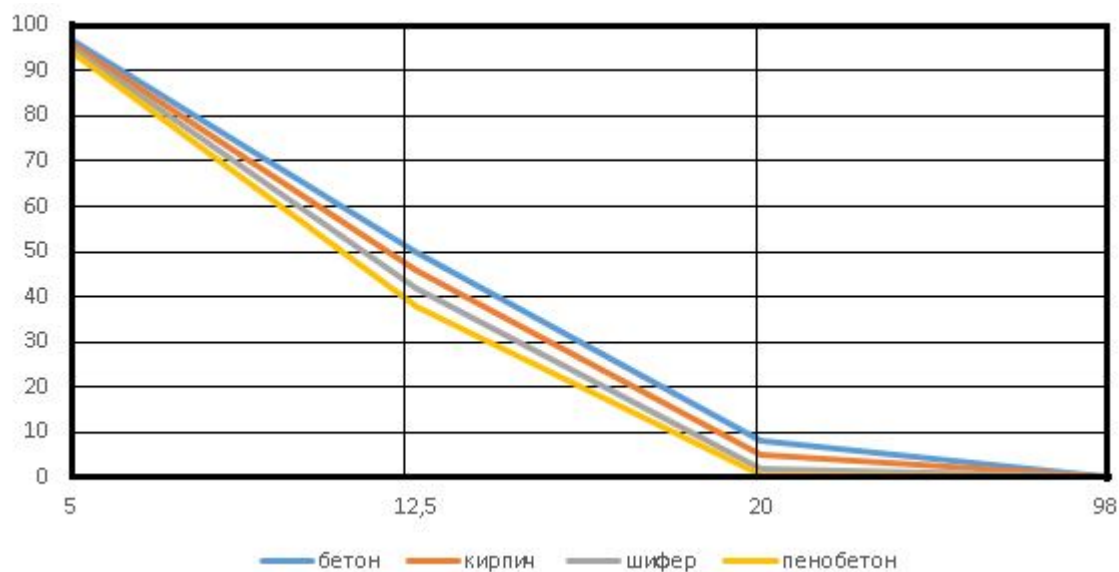


Рисунок 5 Примерный фракционный состав вторичного щебня после щековой дробилки

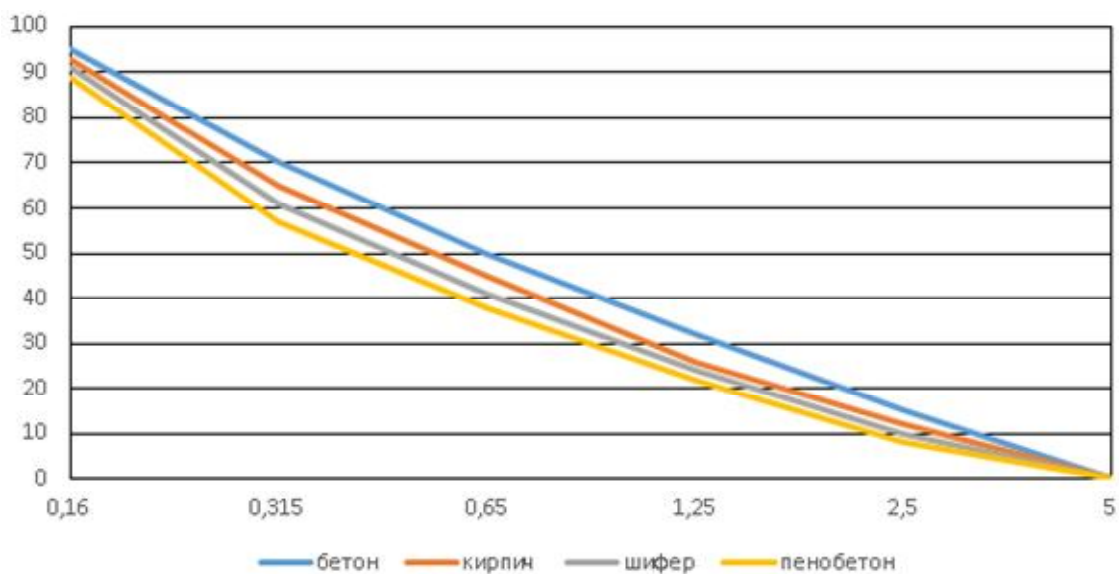


Рисунок 6 Примерный фракционный состав вторичного песка

Благодаря наличию большого количества шлака возможно производить материалы самых любых свойств на основе подбора нужной концентрации сырьевых компонентов, что повысит спрос населения и эффективность переработки уже накопленных ранее металлургических отходов.

Так как шлаковые отвалы располагаются в достаточном отдалении от городской застройки, то решение задачи сохранения состояния воздушного бассейна не потребует

особых усилий, поскольку приземные концентрации загрязняющих веществ, образующихся при работе технологического оборудования проектируемого производства, не будут превышать нормативных показателей.

При этом необходимость обеспечения нормативного состояния атмосферного воздуха в районе расположения предполагаемого предприятия должна всесторонне учитывать соблюдение регламента технологического процесса; выполнение в период не-

благоприятных метеорологических условий мероприятий организационно-технического характера (снижение активности работы предприятия, ограничение погрузочно-разгрузочных работ и т. д.) с целью сокращения выбросов в атмосферу; организацию движения большегрузного транспорта, минуя селитебную зону, что позволит сохранить существующее в поселках дорожное покрытие и не будет вызывать запыленности атмосферного воздуха населенных пунктов; осуществление контроля за соблюдением нормативов ПДВ от источников выбросов загрязняющих веществ; осуществление контроля за состоянием атмосферного воздуха в районе размещения предприятия на границах санитарно-защитной и в селитебной зоне; с целью пылеподавления проведение орошения при всех процессах, сопровождающихся пылеобразованием; установку водяных завес и предварительное увлажнение в массиве.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Санитарная очистка и уборка современного города должна раз-

виваться на основе прогнозируемых решений по сбору, транспортировке, захоронению и переработке отходов, объединенных по целям и задачам в схему санитарной очистки. Такой проект служит программным документом, который определяет направления развития данной отрасли. Очистка городов от строительных отходов является неотъемлемой частью общей схемы санитарной очистки населенных мест от промышленных и бытовых отходов.

Основными требованиями к организации схемы очистки города от строительных отходов должны выступать как экологическая безопасность, так и минимальные затраты с получением максимальной прибыли от реализации вторичных строительных материалов.

Все это определяет необходимость создания в городе четкой системы сбора, транспортировки и утилизации строительных отходов, обеспечивающей общую экологическую безопасность и минимальные затраты при их утилизации.

### Библиографический список

1. Дрозд, Г. Я. Переработка и утилизация разрушенных войной строительных объектов в Донбассе [Текст] / Г. Я. Дрозд // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Вып. 5 (50). — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — С. 111–118.
2. Дрозд, Г. Я. Шлакощелочная строительная индустрия — возможная перспектива Луганщины [Текст] / Г. Я. Дрозд // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Вып. 6 (49). — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — С. 77–82.
3. Дрозд, Г. Я. Шлакощелочная строительная индустрия — возможная перспектива для Луганщины [Текст] / Г. Я. Дрозд // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — Вып. 6 (49). — С. 83–89.
4. Олейник, С. П. Единая система переработки строительных отходов [Текст] / С. П. Олейник. — М. : СвР-Аргус, 2006. — 300 с.
5. Дрозд, Г. Я. Развитие сектора обращения с твердыми бытовыми отходами на Луганщине — настоятельная необходимость [Текст] / Г. Я. Дрозд // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — Вып. 50. — С. 119–124.
6. Падалка, С. И. Пути решения утилизации строительных отходов [Текст] / С. И. Падалка, М. С. Карпенко // Сборник научных работ ДонНАБА. — Краматорск : ДонНАБА, 2016. — № 2. — С. 2–7.
7. Сумской, С. И. Экологизация строительных отходов г. Алчевска [Текст] / С. И. Сумской, Э. П. Левченко // Материалы 4-й международной научно-практической конференции. Том 4. Перспективные направления развития экологии и химической технологии. — Донецк, 2018. — С. 107–110.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. экологии и БЖД ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»  
Полипенской Л. Е.,  
д.м.н., главным врачом ГС «Алчевская городская СЭС» Капрановым С. В.*

*Статья поступила в редакцию 29.09.2021.*

**Ph.D. in Engineering Levchenko E. P., Makarevich A. G. (SEI HE LPR “DonSTI”, Alchevsk, LPR)  
OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR CONSTRUCTION WASTE PROCESSING ON  
THE EXAMPLE OF ALCHEVSK**

*The issues of the Construction and Demolition Wastes effect (CDW effect) on the environment are considered. The perspective directions of CDW processing on the basis of Alchevsk industry taking considering the existing advantages are presented.*

**Key words:** *Construction and Demolition Wastes (CDW), processing, environment, pollution, waste structure.*

## **ТРЕБОВАНИЯ**

### **к рукописям статей в научный журнал «Экологический вестник Донбасса»**

Научные статьи, предоставляемые в редакцию, должны соответствовать требованиям, составленным на основании требований ВАК МОН ЛНР и базового издательского стандарта по оформлению статей ГОСТ 7.5–98 «Журналы, сборники, информационные издания».

Научный журнал «Экологический вестник Донбасса» издаётся 4 раза в год. Научный журнал формирует редакционная коллегия: 94204, г. Алчевск, ул. Чапаева, 51г, ауд. 219, ДонГТИ; тел.: (072)-180-54-84; (072)-137-20-51; e-mail: eco.donbass@mail.ru; секретарь редакционной коллегии Подлипенская Лидия Евгеньевна.

#### **Тематика разделов:**

- Экология.
- Геоэкология.
- Региональная экология и природопользование.
- Природоохранное законодательство.
- Краткие сообщения.

Представляемые в статье материалы должны быть актуальными, отвечать новым достижениям науки и техники, иметь практическую значимость, соответствовать направленности журнала и представлять интерес для широкого круга специалистов.

Название статьи должно быть лаконичным и понятным, включать в себя объект и предмет исследований, иметь прямое отношение к области исследований и её результатам.

#### **Обязательные элементы статьи:**

- 1) постановка проблемы, обоснование её актуальности;
- 2) анализ последних исследований и публикаций по данной проблеме, вскрытие их недостатков и противоречий;
- 3) выделение нерешённых ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья;
- 4) формулирование цели, идеи, объекта и предмета исследований, постановка задач исследований;
- 5) описание и обоснование принятой методики исследований;
- 6) изложение основного материала теоретических и (или) экспериментальных исследований с обоснованием достоверности полученных научных результатов;
- 7) выводы о научной новизне и практической ценности результатов, направление дальнейших исследований.

По решению редколлегии в каждом номере журнала может быть опубликовано не более одной статьи обзорного характера, включающей большую часть рекомендованных выше основных элементов.

Редакция оставляет за собой право отклонять рукописи обзорного и компилятивного характера с нечётко сформулированными научными результатами, новизна и достоверность которых недостаточно обоснованы.

Результаты работы не должны предоставляться в виде тезисов.

Ответственность за нарушение авторских прав, несоблюдение действующих стандартов и недостоверность приведённых в статье данных полностью несут авторы статьи.

Текст статьи предоставляется на электронном носителе и в печатном виде, сопроводительная документация только в печатном виде (скан-копия).

Статья должна сопровождаться:

- внутренней рецензией члена редколлегии и внешней рецензией, заверенной печатью организации;



– лицензионным договором с автором(и).

Рекомендуемое количество авторов статьи — до 3-х человек. При необходимости, по решению редколлегии, количество авторов может быть увеличено до 5-ти.

Языки предоставления статей: русский, английский.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

Текст рукописи статьи от 5 до 10 страниц в книжной ориентации на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с полями: верхнее, нижнее — 27 мм; левое, правое — 24 мм. Различать колонтитулы чётных и нечётных страниц: от края до верхнего колонтитула — 2 см; от края до нижнего колонтитула — 2 см. Страницы не нумеруются. Рукопись статьи оформляется с применением редактора **MS Word в формате, полностью совместимом с Word 97–2003**: шрифт — Times New Roman, размер — 12 пт, интервал — одинарный, выравнивание — по ширине, абзацный отступ — 0,5 см.

Функция «Автоматическая расстановка переносов» должна быть **активирована**. Весь материал подаётся в чёрно-белом оформлении (без градиентов серого или цветовой палитры).

**Не допускается** использование списков (маркированных и нумерованных) и элементов «Надпись». **Запрещено использование стилей!**

### *Оформление статей*

Статья подаётся отдельным файлом «*Статья.doc*».

УДК проставляется вверху, выравнивание по левому краю, шрифт полужирный, без абзацного отступа. УДК можно определить самостоятельно с помощью классификатора <https://teacode.com/online/udc>. Проверить корректность расшифровки известного УДК можно здесь — <http://scs.viniti.ru/udc/Default.aspx>.

Через один интервал — учёная степень, фамилия, инициалы, разделённые пробелом. С новой строки в круглых скобках через запятую — название организации, название города, страны, e-mail автора. Шрифт полужирный, курсив, выравнивание по правому краю, без абзацного отступа.

С новой строки — название статьи. Выравнивание по центру, шрифт Arial, полужирный, видоизменение — все прописные, без абзацного отступа, интервал перед и после абзаца — 12 пт, с запретом автоматического переноса слов в абзаце. **Не допускается** набор всего названия заглавными буквами (Caps Lock).

С новой строки — краткая аннотация на языке публикации: размер шрифта — 11 пт, курсив. В аннотации сжато излагается формулировка задачи, которая решена в статье, и приводятся полученные основные результаты.

После аннотации с новой строки — ключевые слова (6–8 слов на языке статьи), курсивом, размером 11 пт, интервал после абзаца — «Авто». Фраза «Ключевые слова:» выделяется полужирным начертанием.

С новой строки — текст статьи в **две колонки** одинаковой ширины, промежуток между колонками — 0,5 см.

Слова «рисунок» и «таблица» при упоминаниях в тексте пишутся полностью (пример: «... на рисунке 2 ...»), а в ссылках в конце предложения — сокращённо в скобках (примеры: «... схема инвертора (рис. 2).», «... получены экспериментальные данные (табл. 4).»).

После текста статьи полужирным шрифтом размером 11 пт располагается заголовок «Библиографический список»: интервал перед абзацем — 12 пт, после абзаца — 8 пт, выравнивание по левому краю.

Библиографический список оформляется согласно ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» размером 11 пт, курсивом и должен быть составлен в порядке упоминания в тексте. Ссылки на литературу в тексте статьи заключаются в квадратные скобки. Рекомендованное количество ссылок — не более восьми источников. Для статей обзорного характера — количество ссылок принимается по решению редколлегии.

Через один интервал — учёная степень, фамилия, инициалы, полное название организации, название статьи, аннотации и ключевые слова на оставшемся языке из двух (русский, украинский), размером шрифта 11 пт.

Учёная степень, фамилия, инициалы оформляются полужирным шрифтом, без абзацного отступа, выравниванием по левому краю. В круглых скобках курсивом через запятую — название организации, название города, страны, e-mail автора.

С новой строки, без абзацного отступа, выравниванием по левому краю — название статьи заглавными буквами.

С новой строки — краткая аннотация курсивом.

С новой строки — ключевые слова курсивом. Фраза «Ключевые слова:» выделяется полужирным начертанием.

#### **Оформление аннотаций отдельным файлом**

Аннотация и ключевые слова дополнительно подаются отдельным файлом «*Аннотация.doc*», размером шрифта 11 пт.

Учёная степень, фамилия, инициалы оформляются полужирным шрифтом, без абзацного отступа, выравниванием по левому краю. В круглых скобках курсивом через запятую — название организации, название города, страны, e-mail автора. С новой строки, без абзацного отступа, выравниванием по левому краю — название статьи заглавными буквами.

С новой строки — краткая аннотация курсивом.

С новой строки — ключевые слова курсивом. Фраза «Ключевые слова:» выделяется полужирным начертанием.

**Не допускается** внедрение в текст аннотации объектов (формул, рисунков и т. д.).

#### **Оформление рефератов отдельным файлом**

Реферат подаётся отдельным файлом «*Реферат.doc*»: размер шрифта — 11 пт, без абзацного отступа, выравнивание — по левому краю. Функция «Автоматическая расстановка переносов» должна быть **выключена**.

Фамилия, имя, отчество оформляются полужирным шрифтом.

С новой строки — учёная степень, должность.

С новой строки — название подразделения.

С новой строки через запятую — название организации, название города, страны, e-mail автора, AuthorID автора (при наличии регистрации в РИНЦ).

Через интервал повторить данные для каждого автора.

Через интервал — название статьи (полужирным начертанием).

Через интервал — текст реферата. Реферат объёмом от 200 до 300 слов исключительно общепринятой терминологии должен быть структурированным и содержать следующие элементы: цель, методика, результаты, научная новизна, практическая значимость. Фразы «Цель.», «Методика.», «Результаты.», «Научная новизна.», «Практическая значимость.» (на русском языке), «Мета.», «Методика.», «Результати.», «Наукова новизна.», «Практична значущість.» (на украинском языке), «Aim.», «Technique.», «Results.», «Scientific novelty.», «Practical significance.» (на английском языке) размещаются с новой строки и выделяются полужирным начертанием. Реферат не должен повторять название статьи.

Через интервал — ключевые слова курсивом. Фраза «Ключевые слова:» выделяется полужирным начертанием.

**Не допускается** внедрение в текст реферата объектов (формул, рисунков, и т. д.).

#### **Рисунки**

Рисунки вставляются в текст единым объектом и могут быть представлены: – *растровыми форматами* — gif, tiff, jpg, bmp и им подобными (качество 300 dpi);

– векторными форматами — emf, wmf (графики, диаграммы).

Рисунки, выполненные в программах Corel, CAD, Word и др., переводятся в один из описанных выше форматов, предпочтительно векторный.

Графический материал следует располагать непосредственно после текста, в котором он упоминается впервые, или на следующей странице. Все позиции, обозначенные на рисунке, должны быть объяснены в тексте и нанесены слева направо, сверху вниз. Перед рисунком интервал 12 пт. Выравнивание по центру, ширина в одну колонку (большие рисунки располагают на ширину страницы вверху или внизу). Рисунки размещают в тексте (не в таблицах), обтекание рисунка — «в тексте». Все рисунки подаются дополнительно отдельными файлами.

Допускается размещение пояснительных данных под иллюстрацией (подрисуночный текст) с выравниванием по центру, без абзацного отступа, размером 10 пт.

Под каждым рисунком (подрисуночным текстом) располагается надпись в формате «Рисунок № Название» с выравниванием по центру без абзацного отступа, интервалом перед и после абзаца — «Авто», размером шрифта 11 пт, с запретом автоматического переноса слов в абзаце. Статья не должна заканчиваться рисунком. Рекомендуется, чтобы площадь, занятая рисунками, составляла не более 25 % общего объема статьи.

### Формулы

Абзац, содержащий формулы, должен иметь следующие параметры: выравнивание по левому краю, без абзацного отступа, интервал перед и после абзаца 6 пт, позиции табуляции — 3,93 см по центру (для расположения формулы) и 7,85 см по правому краю (для расположения номера формулы). Формулы целиком (включая размерности) выполняются с помощью редактора формул **Microsoft Equation 3** или **MathType** математическим стилем, обычное начертание шрифта (нормальный), со следующими размерами:

Full (обычный).....	12 pt
Subscript/Superscript (крупный индекс) .....	9 pt
Sub-Subscript/Superscript (мелкий индекс) .....	7 pt
Symbol (крупный символ).....	14 pt
Sub-Symbol (мелкий символ).....	12 pt
Формат .....	по центру
Междустрочный интервал .....	200 %

**Недопустимо** масштабирование и размещение формул в табличном формате. В одном блоке формулы, попадающем на границу колонок, допускается только одна строка (многострочные формулы разбиваются на блоки). Упоминание элементов формул в тексте статьи также выполняется в редакторе формул.

### Таблицы

Все таблицы располагаются после упоминания в тексте и должны иметь нумерационный заголовок и название (размер шрифта 11 пт). Нумерационный заголовок (*Таблица 1*) выравнивается по правому краю над таблицей, курсив, интервал перед абзацем — 12 пт. С новой строки помещают название выравниванием по центру, без абзацного отступа, с запретом автоматического переноса слов в абзаце; интервал после абзаца — 6 пт.

Таблица выравнивается по центру контейнера, в книжной ориентации, шириной в 1 колонку (большие таблицы располагаются на ширину страницы вверху или внизу). Текст в таблице оформляется размером шрифта 11 пт или 12 пт без абзацного отступа. **Не допускается** заливка ячеек таблицы цветом. **Запрещается** располагать таблицу в альбомной ориентации. После таблицы отступается один интервал.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Экология

- Федорова В. С., Швыдченко С. С.*  
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ  
В МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ..... 5
- Концесвитняя Г. В., Кононов К. Э., Соболева Л. С., Капранов С. В., Тарабцев Д. В.,  
Сухомлинова Т. Е.*  
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ  
И КАЧЕСТВА ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ОСТРЫМИ КИШЕЧНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ ..... 16

### ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Подлипенская Л. Е., Проценко М. Ю., Кусайко Н. П.*  
ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ..... 25
- Крамаренко А. А., Лысенко И. Л., Коптева А. К., Сергейчук О. В., Живлюк А. В.*  
К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ  
РЕСПУБЛИКЕ ..... 37

### РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Смирнова И. В., Шелепенко В. В.*  
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ ..... 53
- Левченко Э. П., Макаревич А. Г.*  
ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ  
НА ПРИМЕРЕ г. АЛЧЕВСКА ..... 62

## CONTENT

### ECOLOGY

- Fyodorova V. S., Shvydchenko S. S.*  
ECONOMIC EFFICIENCY OF STURGEON FISH GROWING IN SMALL-SIZED  
RECIRCULATING WATER SUPPLY PLANTS ..... 5
- Kontsevitnyaya G. V., Kononov K. E., Soboleva L. S., Kapranov S. V., Tarabtsev D. V.,  
Sukhomlinova T. E.*  
ASSESSMENT OF INFLUENCE OF WATER PIPELINES TECHNICAL CONDITION AND  
CENTRALIZED DRINKING WATER QUALITY ON THE NUMBER OF ACUTE INTESTINAL  
INFECTIONS CASES AMONG THE POPULATION ..... 16

### GEOECOLOGY

- Podlipenskaya L. Ye., PhD Protsenko M. Yu., Kusayko N. P.*  
ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC PERFORMANCE OF MINERAL  
RAW MATERIALS PROCESSING OF A MAN-CAUSED DEPOSIT ..... 25
- Kramarenko A. A., Lysenko I. L., Kopteva A. K., Sergeychuk O. V., Zhivlyuk A. V.*  
TO THE ISSUE OF THE SURFACE WATER STATE IN LUGANSK PEOPLE'S REPUBLIC ..... 37

### REGIONAL ECOLOGY AND NATURE MANAGEMENT

- Smirnova I. V., Shelepenko V. V.*  
COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF METALLURGICAL SLAG PROCESSING  
METHODS ..... 53
- Levchenko E. P., Makarevich A. G.*  
OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR CONSTRUCTION WASTE PROCESSING  
ON THE EXAMPLE OF ALCHEVSK ..... 62

**UDC 502:504.06**

**Ecological Bulletin of Donbass**

**Scientific Journal**

Issue 3 2021

**Establishers:  
SEI HE "DonSTI" (LPR) supported by  
Ministry of Natural Resources  
and Environmental Safety of LPR**

*Certificate of Ministry of Communications  
and Mass Media of the LPR  
for mass media registration  
III 000174 dated 19.01.2021*

*Recommended by academic council  
of SEI HE "DonSTI"  
(Record № 4 dated 26.11.2021)*

Format 60×84 $\frac{1}{8}$   
Conventional printed sheet 9,63  
Order № 234  
Circulation 100 copies  
Publishing office is not responsible for  
material content giving by author  
for publishing

Address of editorial office, publishing  
and establishing:  
SEI HE "Donbass State Technical Institute"  
Lenin avenue, 16, Alchevsk, LPR  
94204  
E-mail: [info@dstu.education](mailto:info@dstu.education)  
Web-site: <http://www.dstu.education>

PUBLISHING AND PRINTING CENTER,  
Room 2113, tel/fax 2-58-59  
Certificate of State registration for mass  
media publisher, owner and distributor  
MI-SGR ID 0000055 dated 05.02.2016

**Editor-in-chief**

Vishnevskiy D. A. — PhD in Engineering, Ass. Prof.,  
Rector

**Deputy chief editor**

Kuberskiy S. V. — PhD in Engineering, Prof.,  
Vice-Rector for Science

**Editorial board:**

Degtyaryov Yu. A. — Minister of Natural Resources  
and Environmental Safety of LPR

Pyatkova N. P. — PhD in Economics, Ass. Prof.

Ladysh I. A. — Doctor of Agricultural Sciences,  
Ass. Prof.

Zinchenko A. M. — PhD in Economics, Ass. Prof.

Kusayko N. P. — Head of SMCE

Smirnova I. V. — PhD in Chemistry

Levchenko E. P. — PhD in Engineering, Ass. Prof.

Protsenko N. Yu. — PhD in Engineering, Ass. Prof.

Shvydchenko S. S. — PhD in Biology, Ass. Prof.

**Secretary of Editorial board**

Podlipenskaya L. Ye. — PhD in Engineering,  
Ass. Prof.

For research scientists, PhD seekers, students  
of higher educational institutions, scientific  
institutions, environmental specialists and ecologists,  
governmental institutions.

Issue language:  
Russian, English

Computer layout  
*Ismailova L. M.*

© SEI HE "DonSTI", 2021  
© Chernyshova N. V., graphic, 2021