



ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ECOLOGICAL BULLETIN OF DONBASS

№4

Экологический вестник Донбасса



Экологический вестник Донбасса

Научный журнал
Выходит 4 раза в год
Основан в марте 2020 г.
Выпуск 4 2022

Ecological Bulletin of Donbass

Scientific Journal
Publication Frequency: 4 times a year
Established: March, 2020
Issue 4 2022

Алчевск
2022

УДК 502:504.06

Экологический вестник Донбасса

Научный журнал

Выпуск 4 2022

**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 № 7 от 25.03.2022)*

Формат 60×84¹/₈
Усл. печат. л. 9,13
Заказ № 101
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
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

Вишне夫斯基 Д. А. — д.т.н., доц., ректор

Заместитель главного редактора

Смекалин Е. С. — к.т.н., доц.,
проректор по научной работе

Редакционная коллегия:

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

Ладыш И. А. — д.с.-х.н., доц.

Борщевский С. В. — д.т.н., проф.

Шутов М. М. — д.э.н., проф.

Шелихов П. В. — к.б.н., доц.

Зубова Л. Г. — д.т.н., проф.

Зубов А. Р. — д.с.-х.н., проф.

Капранов С. В. — д.м.н.

Зинченко А. М. — к.э.н., доц.

Кусайко Н. П. — директор НЦМОС

Подлипенская Л. Е. — к.т.н., доц.

Левченко Э. П. — к.т.н., доц.

Проценко М. Ю. — к.т.н., доц.

Швыдченко С. С. — к.б.н., доц.

Калинихин О. Н. — к.т.н., доц.

Секретарь редакционной коллегии

Смирнова И. В. — к.х.н.

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», 2022
© Чернышова Н. В., художественное
оформление обложки, 2022

ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY

УДК: 639.3.03:330.131.5

к.фарм.н. Федорова В. С.,
к.б.н. Швыдченко С. С.,
Олейник Т. С.,
Барбескумпэ В. В.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, fvs.valeri@gmail.com)

ВЫРАЩИВАНИЕ ТОВАРНЫХ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В работе представлена рабочая модель экспериментальной малогабаритной бассейновой установки замкнутого водоснабжения для изучения оптимальных условий выращивания товарных осетровых и других видов рыб. В статье описана конструкция бассейновой установки и технологическая схема выращивания осетровых рыб, созданная в лаборатории гидроэкологии и гидробиологии Государственного образовательного учреждения высшего образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический институт».

Ключевые слова: установка замкнутого водоснабжения, обратная вода, способы очистки воды, биофильтр, биоплато, осетровые рыбы.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Продолжающееся антропогенное загрязнение водоемов, их обмеление, бесконтрольный вылов рыбы привели к резкому сокращению рыбных запасов и подрыву биоразнообразия ихтиофауны в Луганской Народной Республике. Военный конфликт, происходящий в Донбасском регионе, еще сильнее усугубил экологическую ситуацию на данной территории.

В настоящее время происходит постепенное восстановление рыбного хозяйства (на сегодняшний момент из почти 500 водоемов на территории нашей Республики свыше 170 водных объектов сдано в аренду под рыборазведение). Тем не менее дефицит в свежей экологически чистой рыбной продукции отечественного производства по-прежнему остается актуальным. Следует отметить, что прудовые хозяйства частично решают вопросы с поставкой свежей рыбы на отечественный рынок, речь идет главным образом о карповых рыбах (каarp, карась, толстолобик, амур). Что же касается ценных видов рыб (осетровые, форель, клариевый сом), то прудовые хозяйства в нашем регионе из-за природных условий не в состоянии их выращивать. Осетро-

вые являются уникальными рыбами. Пережившие миллионы лет эволюции, они адаптировались к самым разнообразным экологическим условиям, а в настоящее время находятся на грани полного исчезновения. Они представляют собой экологически разнovidную и наиболее хозяйственно ценную группу рыб. Вследствие этого состояние популяций и проблемы видового сохранения вызывают особый интерес ученых. Чрезмерное снижение численности и промысловых запасов осетровых рыб является общемировой тенденцией. Возобновить поголовья осетровых в нужном объеме позволит искусственное воспроизводство при использовании новых современных биотехнологий. Один из способов выращивания ценных видов рыб — использование установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) как высокоэффективных по рыбоводным показателям — выживаемости и темпам роста [1–3].

Постановка задачи. Использование УЗВ позволяет в контролируемых условиях с соблюдением экологически чистых технологий выращивать ценные виды рыб [4]. Указанный способ дает возможность перенести производство объектов аквакультуры в городские условия, частично решать проблему сохранения и возобновления

рыбных запасов Республики путем зарыбления водоемов на ее территории.

Цель работы — создание экспериментальной малогабаритной бассейновой УЗВ для изучения оптимальных условий выращивания товарных осетровых и других видов рыб, культивирования хозяйственно ценных объектов аквакультуры.

Объектом исследования использовались осетровые виды рыб и их гибриды, в частности, стерлядь (*Acipenser ruthenus*), бестер (гибрид двух видов рыб семейства осетровых, полученный путем искусственного скрещивания белуги со стерлядью), различных возрастных групп, выращиваемых в условиях бассейновой аквакультуры. Перечисленные виды осетровых рыб являются одними из наиболее распространенных видов, выращиваемых в современной аквакультуре.

На кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности Государственного образовательного учреждения высшего образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический институт» (ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ») организована лаборатория гидроэкологии и гидробиологии, которая оборудована комплексом действующих мини-установок замкнутого водоснабжения для проведения исследований по выращиванию различных видов рыб. Цех для выращивания товарной рыбы, расположенный в аудитории 6.108 лаборатории, оборудован двумя функционально независимыми УЗВ. Еще два независимые УЗВ-комплекса находятся в стадии монтажа в аудитории 6.110.

В составе УЗВ аудитории 6.108 пластиковые бассейны $\varnothing=3000$ мм, $h=750$ мм и $\varnothing=2000$ мм, $h=750$ мм; УЗВ, расположенные в аудитории 6.110, имеют в своем составе два пластиковых бассейна $\varnothing=3000$ мм, $h=750$ мм (рис. 1).

По краям бассейнов расположена пластиковая сетка ($h=250$ мм) для предотвращения выпрыгивания рыбы и, следовательно, ее травмирования и преждевременной гибели. Сетка крепится на пластиковых трубах $\varnothing=20$ мм.

Аэрация воды в бассейнах осуществляется многоканальной воздуходувкой. Подача воды в бассейны осуществляется циркуляционными насосами по пластиковым трубам $\varnothing=32$ мм. Вода из бассейнов самотеком выходит через сливное отверстие в центре дна, закрытое перфорированной пластиковой крышкой. В сливное отверстие впаяна канализационная пластиковая труба $\varnothing=110$ мм. Труба выведена за стенку бассейна, затем под углом 90° поднята на высоту бассейна. Для контроля уровня воды в бассейнах верхняя часть трубы заканчивается тройником $\varnothing=110$ мм, от которого под углом 90° отведена труба к биофильтру. Данная конструкция позволяет поддерживать высоту воды в бассейнах на уровне 650–700 мм и обеспечивает перелив воды из бассейнов самотеком в блок ее очистки. Трубы сверху имеют крышку, что позволяет производить удаление скапливающихся в трубе отходов при помощи сифона (рис. 2).

Система очистки УЗВ представляет собой приемные резервуары размерами $l=1200$ мм, $b=1000$ мм, $h=750$ мм, изготовленные из пластиковых емкостей «Еврокуб». Всего в ауд. 6.108 размещены четыре резервуара для очистки оборотной воды: по два на каждую УЗВ (рис. 3).

Первый резервуар служит биофильтром. На входе биофильтры оборудованы подвесными механическими фильтрами, представляющими собой послойно уложенные поролон и синтепон. Эти материалы достаточно эффективно улавливают твердые частицы и взвеси, но требуют двукратной в сутки промывки. В биофильтрах используется плавающая пластиковая биозагрузка (бутылочные крышки). Из биофильтра вода переливом проходит через механический фильтр (поролон и синтепон) и поступает в биоплато размерами $l=1200$ мм, $b=1000$ мм, $h=750$ мм (рис. 4).

В составе биоплато — различные высшие водные растения (ряска, яванский мох и т. д.) для удаления из оборотной воды

нитратов и других метаболитов, выделяемых рыбами. Из биоплато вода при помощи циркуляционного насоса по пластиковым трубам $\varnothing = 32$ мм подается в бассейны с рыбой. Насосы работают через таймеры времени, что позволяет их использование как в непрерывном режиме, так и через определенные интервалы времени. Для предотвращения засорения насоса на входной трубе установлен сетчатый фильтр.

Ниже представлены экспериментальные партии осетровых рыб (бестер, стерлядь, стербел), содержащиеся в УЗВ цеха выращивания товарной рыбы (рис. 5).

При зарыблении бассейнов УЗВ донными рыбами (осетровые, сом) учитывают не объем бассейнов, а площадь дна. Размещение в бассейнах УЗВ садков позволяет увеличить количество высаживаемой донной рыбы в 1,5 раза. Наличие садков позволяет также выращивать различные виды рыб в поликультуре, либо одновременно содержать разновозрастные партии рыб, что предотвращает их конкуренцию за пищу. В цехе выращивания товарной рыбы (аудитории 6.108 и 6.110) предусмотрены садки для установки их в бассейнах УЗВ. Размеры садка $\varnothing = 2000$ мм, $h = 300$ мм (рис. 6).



Рисунок 1 Бассейны УЗВ цеха выращивания товарной рыбы

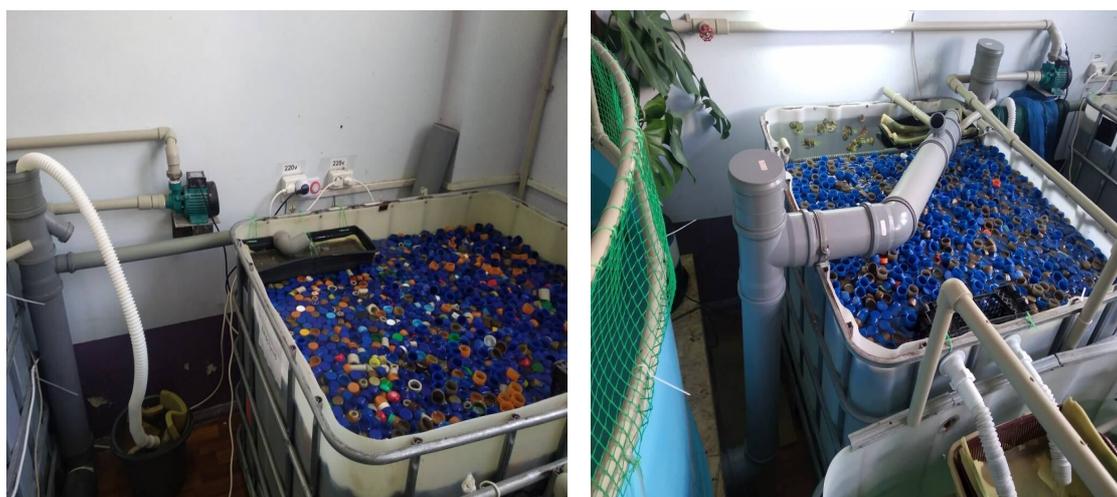


Рисунок 2 Система сброса оборотной воды из бассейнов с рыбой на очистку в цехе выращивания товарной рыбы



Рисунок 3 Комплекс очистки воды в УЗВ цеха выращивания товарной рыбы



Рисунок 4 Биофильтры и биоплато в УЗВ цеха выращивания товарной рыбы

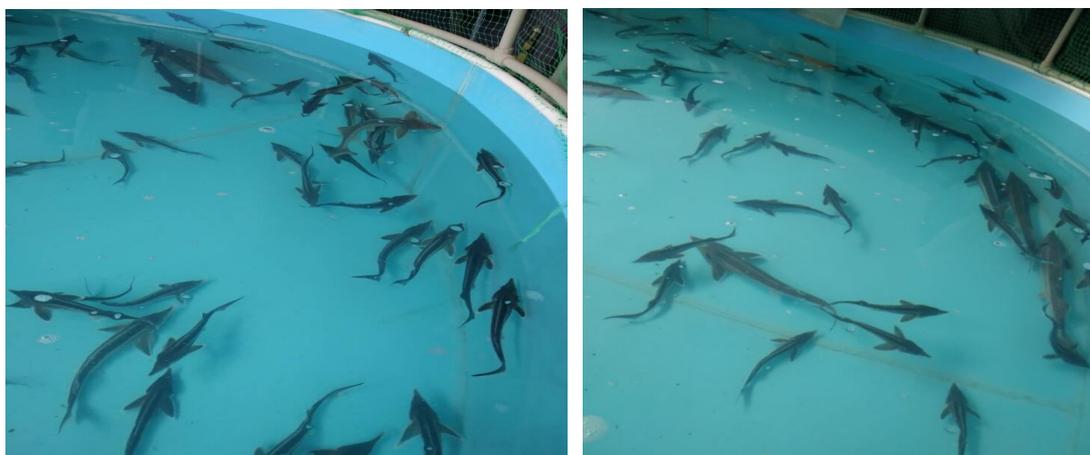


Рисунок 5 Осетровые рыбы (бестер, стерлядь, стербел) в бассейнах цеха выращивания товарной рыбы (возраст — один год)



Рисунок 6 Садок для бассейна УЗВ

Каркас изготовлен из пластиковых труб $\varnothing=20$ мм. Стенки обтянуты пластиковой садовой решеткой с ячейей 10×10 мм. Дно обтянуто капроновой сеткой с ячейей $\varnothing=0,1$ мм. Для предотвращения всплытия садка трубы каркаса заполнены песком, к каркасу прикреплены грузила из камней.

Садок, во избежание перемещения по периметру бассейна из-за подачи воды, крепится за ограждающую сетку бассейна, тем самым фиксируется его положение по центру бассейна.

С целью поддержания необходимой температуры в системе замкнутого водобеспечения, помещение оборудовано оконным кондиционером для охлаждения воздуха в летнее время и обогревателем УФО для нагрева воздуха в зимний период. В случае отключения электроэнергии задействуется резервная система электропитания: к цеху подведены источники питания от дизельного электрогенератора, который показал на практике свою эффективность.

Ввод в эксплуатацию УЗВ-комплекса начинается с запуска биофильтра. Он может проводиться как с использованием специальных культур бактерий, так и без них. Бактериальные культуры в наших ис-

следованиях не применяли. Водопроводную воду пропускали через угольный фильтр и отстаивали в течение 3-х суток. Затем осуществляли заселение бассейнов карасями. Они наименее прихотливы, потребляют много корма, выделяют большое количество экскрементов и слизи. Вся система УЗВ проходила тестирование в рабочем порядке три недели до выхода на постоянный режим.

Контроль стадий запуска биофильтра осуществляли по показателям концентрации азотистых веществ. Сначала возрастали концентрации аммиака/аммония, затем их концентрации снижались, но увеличивалось содержание нитритов. После регистрации снижения уровня нитритов начинало повышаться содержание нитратов. Биофильтр считался вышедшим на рабочий режим после достижения уровня нормативных показателей нитритов. После запуска биофильтра карасей отсаживали, а в систему запускали осетровых рыб. Плотность посадки составляла 20 кг/м^2 . Водообмен — 1 объем в час. Температура колебалась в пределах 18 ± 20 °С. рН — 7,2–7,8. Кормление 4 раза в сутки. Норма кормления — 4–6 % в сутки от общей массы рыбы в бассейне. Состав кормов: дождевой червь — 20 %, фарш трес-

ки — 30 %, килька — 50 %. Продолжительность выращивания от массы 30 г до массы 800 г — десять месяцев.

Контроль параметров воды осуществляли с использованием капельных экспресс-тестов. В контрольных точках отбора делались замеры температуры воды, содержания в воде растворенного кислорода, а также следующие показатели: *pH*, *КН*, *GH*, *NH₃-NH₄*, *NO₂*, *NO₃*, *Cl₂*, *CO₂*, *сульфаты*, *фосфаты*, *силикаты*.

Выводы и направление дальнейших исследований. Введенная в эксплуатацию на базе лаборатории гидроэкологии и гидробиологии ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», бассейновая малогабаритная установка с системой замкнутого водоснабжения в ходе тестирования показала высокую эффективность ее использования для выращивания товарных осетровых рыб. Кроме того, в условиях возрастающего дефицита качественной пресной воды во всем мире и в на-

шем регионе в частности, применение УЗВ-комплекса позволит в определенной степени решить данную проблему, поскольку в замкнутой системе расход воды почти в 20 раз меньше, чем при прямоточном водоснабжении. Способ комплектации установки, низкие инвестиционные и эксплуатационные затраты позволяют рекомендовать ее для внедрения в рыбоводные малые предприятия и фермерские хозяйства.

Представленная рабочая модель экспериментальной малогабаритной бассейновой установки замкнутого водоснабжения позволила определить оптимальный способ выращивания осетровых и других видов рыб с целью получения товарной продукции применительно к условиям.

Дальнейшие исследования будут направлены, прежде всего, на повышение эффективности работы систем биологической очистки оборотной воды, оптимизацию условий кормления осетровых рыб.

Библиографический список

1. 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.
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. К теории термодинамического подбора установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов [Текст] / А. А. Недоступ, А. О. Ражев, Е. И. Хрусталева [и др.] // Известия КГТУ. — 2020. — № 57. — С. 40–50.
4. Мирзоян, А. В. Повышение эффективности искусственного воспроизводства — реальный путь восстановления природных популяций осетровых рыб в Волго-Каспийском бассейне [Текст] / А. В. Мирзоян, Л. М. Васильева // Рыбное хозяйство. — 2018. — № 5. — С. 76–81.

© Федорова В. С.
 © Швыдченко С. С.
 © Олейник Т. С.
 © Барбескумпэ В. В.

Рекомендована к печати д.с.-х.н., проф., зав. каф. экологии и природопользования ЛГАУ
 Ладыш И. А.
 к.т.н., доц., деканом горного факультета ДонГТИ Шульгиным П. Н.

Статья поступила в редакцию 18.01.2022.

**PhD in Pharmaceutical Sciences Fyodorova V. S., Ph.D. in Biology Shvydchenko S. S.,
Oleynik T. S., Barbeskumpe V. V. (DonSTI, Alchevsk, LPR, fvs.valeri@gmail.com)
STURGEON FISHES COMMERCIAL GROWING IN SMALL-SIZED CIRCULATING
WATER SUPPLY PLANTS**

The paper presents a working model of an experimental small-sized circulating pool-type plant for studying the optimal conditions for sturgeon and other fish species commercial growing. The paper describes the design of the pool-type plant and the technological scheme for sturgeon growing in the laboratory of hydroecology and hydrobiology of State Educational Institution of Higher Education “Donbass State Technical Institute”.

Key words: *circulating water supply plant, circulating water, water purification methods, biofilter, bioplateau, sturgeon.*

УДК 616-036.21:578.834:613.955

*д.м.н. Капранов С. В.**(Алчевская городская санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Алчевск, ЛНР, alch_ses_ok@mail.ru),**к.п.н. Капранова Г. В.**(Алчевский информационно-методический центр,
г. Алчевск, ЛНР, galya.kapranova.63@mail.ru),**Тарабцев Д. В.**(Алчевская городская санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Алчевск, ЛНР, alch_ses_ok@mail.ru),**Соленая Е. С.**(Научное общество «Республиканская Малая академия наук»,
г. Луганск, ЛНР, lenasolyonaya@gmail.com)*

ОЦЕНКА СОБЛЮДЕНИЯ УЧАЩИМИСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРОФИЛАКТИКИ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

Выполнена оценка соблюдения учащимися старших классов гигиенических и противоэпидемиологических требований профилактики коронавирусной инфекции COVID-19. Установлено, что по многим критериям значительная часть учащихся общеобразовательных учреждений не соблюдает требования профилактики COVID-19. Уверенность в необходимости соблюдения в полном объеме всех требований профилактики распространения новой коронавирусной инфекции возрастает с увеличением возраста школьников. Удельный вес девочек-подростков, соблюдавших основные требования профилактики распространения коронавирусной инфекции, достоверно выше, по сравнению мальчиками.

На основании результатов исследований разработаны профилактические рекомендации.

Ключевые слова: учащиеся старших классов, коронавирусная инфекция COVID-19, профилактические мероприятия.

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Состояние здоровья населения, особенно детей и подростков, является одним из наиболее значимых социальных показателей, характеризующих уровень общественно-политического и интеллектуального развития общества, социального и духовного благополучия жителей государства [1].

Важным критерием здоровья является заболеваемость, которая включает в себя показатели, характеризующие уровень и структуру различных заболеваний всего населения или отдельных его групп, проживающих на определенной территории. Большая группа заболеваний населения представлена инфекционными и паразитарными болезнями, которые в соответст-

вии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра (МКБ-10) отнесены к I классу (A00-B99). В настоящее время к указанному классу относится коронавирусная болезнь, Coronavirus disease 2019 (COVID-19), возбудителем которой является SARS-CoV-2. 30 января 2020 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила эту вспышку инфекции чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение, а 11 марта — пандемией.

За короткий период времени эпидемия новой коронавирусной инфекции переросла в пандемию, охватившую более 200 стран мира. По данным ВОЗ, за период с начала 2020 г. по 1 марта 2022 г. в мире зарегист-

рировано 436 млн подтвержденных случаев COVID-19, из них 49 млн случаев было выявлено в феврале 2022 г. (прирост по сравнению с числом на конец января текущего года составил 13 %). За время пандемии от этого заболевания скончались 5,9 млн человек, из них 0,2 млн человек (3,5 %) — в течение февраля 2022 г. [2].

В последнее время возрастает количество случаев, когда дети и подростки не только являются источниками заражения взрослых людей, но все чаще сами болеют с явно выраженным клиническим течением коронавирусной болезни. Высокий уровень заболеваемости и смертности населения от COVID-19, а также вовлечение в эпидемический процесс молодых людей, включая детей и подростков, обуславливает необходимость разработки и внедрения эффективных противоэпидемических мероприятий.

В деятельности, направленной на предотвращение распространения COVID-19, наиболее эффективным является комплексный подход, основанный на теории «трех звеньев», который предусматривает воздействие на три основных звена единой системы: I звено — источники инфекции: больные люди, с явно выраженными клиническими проявлениями или со скрытыми формами заболевания, которые способны заражать здоровых людей; II звено — это пути передачи инфекции — природные и искусственные среды между источниками инфекции и организмом здоровых людей: воздух (особенно в помещениях), различные предметы (ручки дверей, полотенца, носовые платки, посуда и т. д.) и III звено — восприимчивый к инфекции организм человека (взрослый, подросток, ребенок). Мероприятия, направленные на I звено, предусматривают выявление, изоляцию от здоровой части населения и лечение больных людей, содержащих в организме коронавируса. Мероприятия, направленные на II звено, включают разрыв путей передачи коронавируса COVID-19 от источника инфекции восприимчивому

здоровому организму. Мероприятия, направленные на III звено, предусматривают повышение устойчивости организма взрослых, детей и подростков к коронавирусу COVID-19 и возбудителям других инфекционных заболеваний [3–4].

В предупреждении распространения коронавирусной инфекции большое значение имеет соблюдение жителями всех профессиональных и возрастных групп гигиенических и противоэпидемических требований, направленных на профилактику эпидемии [5–6].

Постановка задачи. В связи с вовлечением в эпидемический процесс новой коронавирусной инфекции COVID-19 детского населения представляется актуальным выполнить изучение и оценку соблюдения школьниками требований профилактики коронавирусной болезни.

Целью работы является оценка соблюдения учащимися старших классов гигиенических и противоэпидемических требований профилактики коронавирусной инфекции COVID-19 с последующей разработкой необходимых профилактических рекомендаций.

Объект исследования — соблюдение старшеклассниками гигиенических и противоэпидемических требований профилактики коронавирусной инфекции COVID-19.

Предмет исследования — учащиеся старших классов общеобразовательных учреждений, фрагменты образа жизни школьников, характеризующие соблюдение школьниками требований профилактики коронавирусной инфекции.

Методы исследования. Исследования проведены в промышленном городе с крупными производствами черной металлургии и коксохимии в условиях сложной социально-политической ситуации, сложившейся на востоке Донбасса.

На добровольных условиях выполнено анкетирование 752 учащихся (372 мальчика и 380 девочек) 9–11 классов в возрасте 14–17 лет, посещающих 11 общеобразовательных учреждений г. Алчевска. Соглас-

но «Конвенции о правах ребенка», принятой Генеральной Ассамблеей ООН (резолюция 44/25 от 20.11.1989 г.), дети и подростки имеют право свободно излагать свои мысли и взгляды.

Анкета под названием «Изучение соблюдения школьниками и студентами требований профилактики ОРВИ и COVID-19» включала всего 43 вопроса и состояла из трех разделов:

I раздел — паспортные данные,

II раздел — соблюдение требований профилактики ОРВИ и COVID-19,

III раздел — сведения о состоянии здоровья и другие данные.

По результатам анкетирования все подростки распределены на группы по полу — мальчики и девочки, а также возрасту — 14, 15 и 16–17 лет. Проведен расчет удельного веса школьников в зависимости от соответствующих вариантов ответов на поставленные вопросы. Сравнение полученных данных выполнено по критерию Стьюдента. Кроме того, для оценки влияния возраста школьников на степень соблюдения ими требований профилактики COVID-19 был использован метод «хи-квадрат» (χ^2).

Следует отметить, что мероприятия, направленные на профилактику ОРВИ и COVID-19 в принципиальном отношении идентичны.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что из всех проанкетированных старшеклассников:

– располагают сведениями об основных симптомах заболевания, вызванного коронавирусной инфекцией COVID-19 — 72,21±1,63 % школьников;

– стараются избегать людных мест — 49,87±1,82 %;

– используют любую возможность для соблюдения социальной дистанции не менее 1,5 метра друг от друга — 45,88±1,82 %;

– стараются чаще ходить пешком (а не пользоваться общественным транспортом)

для снижения риска заражения коронавирусом — 67,02±1,71 %;

– избегают по-возможности контактов с больными людьми — 88,83±1,15 %;

– воздерживаются от рукопожатий при встрече и/или прощании с людьми — 24,20±1,56 %;

– не касаются невымытыми руками лица, рта, носа и глаз — 37,10±1,76 %;

– закрывают носовым (платком, салфеткой и др.) рот и нос при чихании и кашле — 72,74±1,62 %;

– применяют в общественных местах средства индивидуальной защиты органов дыхания (марлевые маски и др.) — 77,39±1,53 %;

– своевременно (через 2 часа) меняют средства индивидуальной защиты органов дыхания — 31,52±1,69 %;

– регулярно утром, днем и вечером проветривают наружным воздухом помещения квартиры — 43,62±1,81 %;

– регулярно проветривают наружным воздухом помещения мест учебы — 10,64±1,12 %;

– ежедневно осуществляют влажную уборку помещений квартиры — 24,87±1,58 % и мест учебы — 57,31±1,80 %;

– используют для уборки помещений пребывания моющие средства (мыло, стиральные пасты и порошки, другие) — 84,44±1,32 % и дезинфицирующие средства (содержащие хлорреагенты, спирт и т. д.) — 59,84±1,79 %;

– регулярно моют руки с мылом перед приемом пищи — 86,83±1,23 %;

– используют для мытья рук обеззараживающие средства (специальный антисептик, спирт и т. д.) — 58,91±1,79 %;

– регулярно пользуются индивидуальным полотенцем для соблюдения личной гигиены — 78,06±1,51 %;

– регулярно протирают влажными антисептическими салфетками предметы, которые были использованы в общественных местах, в транспорте (сумки, телефоны и т. д.), — 48,80±1,82 % школьников.

ЭКОЛОГИЯ

Таким образом, согласно результатам исследований, остальная и по многим критериям значительная часть учащихся не соблюдает требования профилактики ОРВИ и COVID-19. Это является дополнительным риском распространения инфекции среди подростков, детей других возрастных групп и взрослого населения.

В результате проведенных исследований установлено, что подростков, которые располагали сведениями об основных симптомах коронавирусной инфекции COVID-19, достоверно меньше в возрастной группе 14 лет — 65,11±2,86 %, по сравнению со школьниками 15 лет — 74,23±2,71 % ($p < 0,05$) и 16–17 лет — 78,97±2,79 % ($p < 0,001$). Мальчиков, располагавших сведениями об инфекции также меньше в возрасте 14 лет — 60,81±4,01 %, чем в 16–17 лет —

78,22±4,11 % ($p < 0,01$). Влияние возраста на формирование осведомленности школьников об основных симптомах коронавирусной инфекции подтверждается с использованием метода «хи-квадрат» в основной группе (мальчики + девочки) — $\chi^2 = 13,69$, $p < 0,01$. Полученные данные указывают на то, что с увеличением возраста школьников достоверно возрастает их осведомленность о симптомах инфекции.

Удельный вес девочек подростков, которые располагали сведениями об основных симптомах коронавирусной инфекции COVID-19, составляет 75,79±2,20 %, что достоверно выше, по сравнению с мальчиками — 68,55±2,41 % ($p < 0,05$). Следовательно, девочки более обеспокоены собственным здоровьем в связи пандемией, что обуславливает их повышенный интерес к указанной проблеме. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение школьников в зависимости от знания ими сведений об основных симптомах коронавирусной инфекции COVID-19, % (n = 752)

Возраст школьников	Удельный вес школьников, которые сведениями об основных симптомах коронавирусной инфекции:		
	располагали	затруднялись ответить	не располагали
Общая группа (мальчики + девочки), $\chi^2 = 13,69$, $p < 0,01$, $n = 4$			
14 лет	65,11±2,86	23,74±2,55	11,15±1,89
15 лет	74,23±2,71	15,38±2,24	10,39±1,89
16–17 лет	78,97±2,79	14,02±2,37	7,01±1,75
Все возрастные группы	72,21±1,63	18,09±1,40	9,70±1,08
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,2} = 2,32$, $p_{1,2} < 0,05$, $t_{1,3} = 3,47$, $p_{1,3} < 0,001$	$t_{1,2} = 2,46$, $p_{1,2} < 0,02$, $t_{1,3} = 2,79$, $p_{1,3} < 0,01$	$p > 0,05$
Мальчики			
14 лет	60,81±4,01	25,00±3,56	14,19±2,87
15 лет	69,92±4,14	17,89±3,46	12,19±2,95
16–17 лет	78,22±4,11	13,86±3,44	7,92±2,69
Все возрастные группы	68,55±2,41	19,62±2,06	11,83±1,67
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 3,03$, $p_{1,3} < 0,01$	$t_{1,3} = 2,25$, $p_{1,3} < 0,05$	$p > 0,05$
Девочки			
14 лет	70,00±4,02	22,31±3,65	7,69±2,34
15 лет	78,10±3,53	13,14±2,89	8,76±2,42
16–17 лет	79,65±3,79	14,16±3,28	6,19±2,27
Все возрастные группы	75,79±2,20	16,58±1,91	7,63±1,36
Различия между возрастными группами, t/p	$p > 0,05$	$t_{1,2} = 1,97$, $p_{1,2} < 0,05$	$p > 0,05$
Различия между полами, t/p	$t = 2,22$, $p < 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$

Школьников, которые старались избегать людных мест для предупреждения заражения коронавирусной инфекцией, достоверно меньше в возрастной группе 14 лет — $44,60 \pm 2,98$ %, по сравнению со школьниками 16–17 лет — $54,67 \pm 3,40$ % ($p < 0,05$), в том числе в группе девочек, соответственно, — $44,62 \pm 4,36$ %, по сравнению со школьниками 16–17 лет — $59,29 \pm 4,62$ % ($p < 0,05$). Таким образом, с увеличением возраста учащихся достоверно возрастает их стремление избегать людных мест для защиты от инфекции.

Мальчиков подростков, которые не соблюдали социальную дистанцию не менее 1,5 метров, — $20,97 \pm 2,11$ %, что достоверно больше, чем девочек — $14,74 \pm 1,82$ % ($p < 0,05$). Также мальчиков, которые обычно пользовались общественным транспортом, а не отдавали предпочтение ходить пешком для снижения риска заражения коронавирусом, — $15,86 \pm 1,89$ %, что достоверно больше, чем девочек — $10,79 \pm 1,59$ % ($p < 0,05$). Согласно полученным данным, пользовались носовым платком или салфеткой, закрывая ими рот и нос при чихании и кашле, достоверно чаще девочки — $76,58 \pm 2,17$ %, по сравнению с мальчиками — $68,82 \pm 2,40$ % ($p < 0,02$).

Удельный вес мальчиков, которые здоровались за руку при встрече и/или прощании с людьми, достоверно выше — $68,01 \pm 2,42$ % по сравнению с девочками — $35,26 \pm 2,45$ % ($p < 0,001$). Это можно объяснить традициями представителей мужского пола обычно здороваться за руку. Однако, безусловно, указанная традиция в период распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19 является дополнительным фактором риска заражения вирусом.

Установлено, что подростков, которые в общественных местах регулярно или часто применяли средства индивидуальной защиты органов дыхания (марлевые маски и т. д.), достоверно меньше в возрастной группе 14 лет — $73,38 \pm 2,65$ %, по сравнению со школьниками 16–17 лет — $83,18 \pm 2,56$ % ($p < 0,01$), в том числе, девочек в сравниваемых группах, соответственно, —

$75,39 \pm 3,79$ %, по сравнению с $86,73 \pm 3,19$ % ($p < 0,05$). Мальчиков, применявших средства индивидуальной защиты органов дыхания — $73,12 \pm 2,30$ %, что достоверно меньше, по сравнению с девочками — $81,58 \pm 1,99$ % ($p < 0,01$). Данные в таблице 2.

При этом мальчиков, которые не меняли средства индивидуальной защиты органов дыхания — $12,37 \pm 1,71$ %, что достоверно больше, по сравнению с девочками, — $5,53 \pm 1,17$ % ($p < 0,001$).

Отношение подростков к необходимости соблюдения требований профилактики коронавирусной инфекции COVID-19 также проявляется в выполнении влажной уборки и дезинфекции мест пребывания.

Установлено, что удельный вес очень редко осуществлявших влажную уборку помещений квартиры мальчиков — $12,10 \pm 1,69$ %, что достоверно больше, по сравнению с девочками — $5,79 \pm 1,20$ % ($p < 0,01$). При этом, отмечавших ежедневно влажную уборку помещений места учебы (и/или участвовавших в ней), достоверно больше девочек — $62,11 \pm 2,49$ %, чем мальчиков — $52,42 \pm 2,50$ % ($p < 0,01$), а на отсутствие регулярного проведения этой уборки указывало больше мальчиков — $26,08 \pm 2,28$ %, по сравнению с девочками — $19,74 \pm 2,04$ % ($p < 0,05$).

Школьников, которые отмечали регулярное или частое использование моющих средств (мыла, стиральных порошков и т. д.) для уборки помещений пребывания, больше в возрасте 16–17 лет — $88,32 \pm 2,20$ %, чем в 14 лет — $82,01 \pm 2,30$ % ($p < 0,05$). Также девочек, отмечавших в процессе уборки регулярное или частое использование моющих средств — $87,63 \pm 1,69$ %, что достоверно больше по сравнению с мальчиками — $81,18 \pm 2,03$ % ($p < 0,02$).

Учащихся, которые не отмечали использование дезинфицирующих средств (содержащих хлорреагенты, спирт и т. д.) для уборки помещений пребывания, больше в возрастной группе 14 лет — $17,63 \pm 2,29$ %, чем в 16–17 лет — $10,28 \pm 2,08$ % ($p < 0,02$), в том числе, девочек — $13,85 \pm 3,03$ %, по сравнению с $5,31 \pm 2,11$ % ($p < 0,05$).

ЭКОЛОГИЯ

Таблица 2

Распределение школьников в зависимости от применения ими средств индивидуальной защиты органов дыхания, % (n = 752)

Возраст школьников	Удельный вес школьников, которые средства индивидуальной защиты органов дыхания:		
	применяли регулярно или часто	применяли редко	не применяли
Общая группа (мальчики + девочки)			
14 лет	73,38±2,65	20,50±2,42	6,12±1,44
15 лет	76,92±2,61	15,39±2,24	7,69±1,65
16–17 лет	83,18±2,56	12,15±2,23	4,67±1,44
Все возрастные группы	77,39±1,53	16,36±1,35	6,25±0,88
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 2,66, p_{1,3} < 0,01$	$t_{1,3} = 2,54, p_{1,3} < 0,02$	$p > 0,05$
Мальчики			
14 лет	71,62±3,71	22,30±3,42	6,08±1,96
15 лет	69,92±4,14	19,51±3,57	10,57±2,77
16–17 лет	79,21±4,04	14,85±3,54	5,94±2,35
Все возрастные группы	73,12±2,30	19,35±2,05	7,53±1,37
Различия между возрастными группами, t/p	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Девочки			
14 лет	75,39±3,78	18,46±3,40	6,15±2,11
15 лет	83,21±3,19	11,68±2,74	5,11±1,88
16–17 лет	86,73±3,19	9,73±2,79	3,54±1,74
Все возрастные группы	81,58±1,99	13,42±1,75	5,00±1,12
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 2,29, p_{1,3} < 0,05$	$t_{1,3} = 1,98, p_{1,3} < 0,05$	$p > 0,05$
Различия между полами, t/p	$t = 2,78, p < 0,01$	$t = 2,20, p < 0,05$	$p > 0,05$

Девочек, отмечавших для уборки помещений регулярное или частое использование дезинфицирующих средств — 64,21±2,46 %, что достоверно больше по сравнению с мальчиками — 55,38±2,58 % ($p < 0,02$); в то же время не отмечавших использование этих средств, больше мальчиков — 18,01±1,99 %, чем девочек — 10,79±1,59 % ($p < 0,01$).

Таким образом, с увеличением возраста школьников возрастает их заинтересованность и уверенность в необходимости систематического использования для уборки помещений пребывания моющих и дезинфицирующих средств. Кроме того, в использовании этих средств для уборки помещений в большей мере заинтересованы девочки, по сравнению с мальчиками.

Школьников, которые регулярно или часто мыли руки с мылом перед приемом пищи, больше в возрасте 16–17 лет —

92,06±1,85 %, чем в 14 лет — 82,37±2,29 % ($p < 0,001$), в том числе, мальчиков, соответственно, 89,11±3,10 %, по сравнению с 79,73±3,31 % ($p < 0,05$) и девочек — 94,69±2,11 %, по сравнению с 85,39±3,10 % ($p < 0,02$). В то же время, учащихся, которые обычно не мыли руки перед едой, больше в возрастной группе 14 лет — 9,35±1,75 %, чем в группе 16–17 лет — 3,27±1,22 %, в том числе девочек — 9,23±2,54 % по сравнению с 4,74±1,09 % ($p < 0,01$). Влияние возраста на соблюдение школьниками гигиенических требований мытья рук перед приемом пищи подтверждается с использованием метода «хи-квадрат» в основной группе (мальчики + девочки) — $\chi^2 = 10,62$, а также в группе девочек — $\chi^2 = 9,72$ ($p < 0,05$). Полученные данные указывают на то, что с увеличением возраста школьников достоверно возрастает их убежден-

ЭКОЛОГИЯ

ность в необходимости мытья рук перед едой с целью предупреждения внесения инфекции в организм.

Регулярно или часто соблюдавших гигиенические требования мытья рук девочек — 90,52±1,50 %, что достоверно больше, по сравнению с мальчиками, — 83,07±1,95 % ($p < 0,01$), и, наоборот, обычно не соблюдавших эти требования, больше мальчиков — 8,33±1,43 %, чем девочек 4,74±1,09 % ($p < 0,05$). Данные в таблице 3. Удельный вес девочек, которые регулярно или часто использовали обеззараживающие средства (специальные санитайзеры, антисептики, спирт и т. д.) — 63,95±2,46 % достоверно больше, чем мальчиков, — 53,76±2,59 % ($p < 0,01$), и, наоборот, не использовавших эти средства, больше мальчиков — 22,31±2,16 %, чем девочек 15,26±1,85 % ($p < 0,02$). Это является еще од-

ним подтверждением тому, что девочки, по сравнению с мальчиками, более добросовестно относятся к необходимости соблюдения своего здоровья в период эпидемии.

Среди школьников, которые регулярно или часто пользовались для соблюдения личной гигиены индивидуальным полотенцем, достоверно больше девочек — 82,89±1,93 %, по сравнению с мальчиками — 73,12±2,30 % ($p < 0,01$), и наоборот, не пользовавшихся индивидуальными полотенцами, больше мальчиков — 14,25±1,81 %, чем девочек — 6,84±1,30 % ($p < 0,001$). Кроме того, удельный вес мальчиков, которые не протирали влажными салфетками предметы, использовавшиеся в общественных местах, в транспорте (сумки, портфели, телефоны и т. д.), — 33,87±2,45 %, больше по сравнению с девочками, — 23,68±2,18 % ($p < 0,01$).

Таблица 3

Распределение школьников в зависимости от соблюдения ими гигиенических требований мытья рук с мылом перед приемом пищи, % (n=752)

Возраст школьников	Удельный вес школьников в зависимости от мытья рук перед приемом пищи, %:		
	руки мыли регулярно или часто	руки мыли редко	руки обычно не мыли
Общая группа (мальчики + девочки), $\chi^2 = 10,62$, $p < 0,05$, $n = 4$			
14 лет	82,37±2,29	8,28±1,65	9,35±1,75
15 лет	87,31±2,06	6,54±1,53	6,15±1,49
16–17 лет	92,06±1,85	4,67±1,44	3,27±1,22
Все возрастные группы	86,83±1,23	6,65±0,91	6,52±0,90
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 3,29$, $p_{1,3} < 0,001$	$p > 0,05$	$t_{1,3} = 2,86$, $p_{1,3} < 0,01$
Мальчики			
14 лет	79,73±3,31	10,81±2,55	9,46±2,41
15 лет	82,11±3,46	8,13±2,46	9,76±2,68
16–17 лет	89,11±3,10	5,94±2,35	4,95±2,16
Все возрастные группы	83,07±1,95	8,60±1,45	8,33±1,43
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 2,07$, $p_{1,3} < 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Девочки, $\chi^2 = 9,72$, $p < 0,05$, $n = 4$			
14 лет	85,39±3,10	5,38±1,98	9,23±2,54
15 лет	91,97±2,32	5,11±1,88	2,92±1,44
16–17 лет	94,69±2,11	3,54±1,74	1,77±1,24
Все возрастные группы	90,52±1,50	4,74±1,09	4,74±1,09
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 2,48$, $p_{1,3} < 0,02$	$p > 0,05$	$t_{1,2} = 2,16$, $p_{1,2} < 0,05$, $t_{1,3} = 2,64$, $p_{1,3} < 0,01$
Различия между полами, t/p	$t = 3,04$, $p < 0,01$	$t = 2,13$, $p < 0,05$	$t = 2,00$, $p < 0,05$

Выводы и направление дальнейших исследований. Согласно полученным данным, по некоторым критериям значительная часть учащихся общеобразовательных учреждений не соблюдает требования профилактики COVID-19. Это является дополнительным риском распространения инфекции среди подростков, детей других возрастных групп и взрослого населения.

Уверенность (убежденность) в необходимости соблюдения в полном объеме всех требований профилактики распространения новой коронавирусной инфекции возрастает с увеличением возраста школьников.

Удельный вес девочек-подростков, соблюдавших основные требования профилактики распространения коронавирусной инфекции, достоверно выше, по сравнению мальчиками. Это свидетельствует о том, что девочки более обеспокоены соб-

ственным здоровьем в связи пандемией COVID-19.

Полученные данные указывают о необходимости формирования как жизненной потребности в сознании детей и подростков элементов здорового образа жизни, способствующих снижению риска распространения ОРВИ и коронавирусной инфекции COVID-19. При этом в решении данной проблемы первоочередное внимание следует уделить школьникам моложе 16–17 лет и особенно мальчикам.

Для убеждения детей, подростков и взрослого населения в необходимости соблюдения требований профилактики распространения инфекции в дальнейших исследованиях представляется целесообразным изучить и оценить значение определенных элементов здорового образа жизни в предупреждении ухудшения состояния здоровья.

Библиографический список

1. Курило, И. А. Особенности современной демографической ситуации в Украине и ее перспективы [Текст] / И. А. Курило // Демографическая ситуация в современной России: состояние и перспективы : материалы научной конференции с международным участием (г. Тверь, 27–28 ноября 2008 г.) / под ред. М. Н. Калинин, Б. Н. Давыдова, В. А. Соловьева и др. — Тверь : Триада, 2008. — С. 160–165.
2. О ситуации с COVID-19 в странах СНГ по данным ВОЗ [Электронный ресурс] : пресс-релиз от 04 марта 2022 г. — Режим доступа: [press-reliz_04_03_2022_covid-19_CIS.pdf](#).
3. Капранов, С. В. Коронавирусная болезнь COVID-19. Что делать? [Текст] / С. В. Капранов // Здоровье. — 2020. — № 10 (51). — С. 4.
4. Kapranov, S. COVID-19 (coronavirus). COSA FARE? [Testo] / S. Kapranov, Y. Kapranova // SPAZIO DEM. — 2020. — Mar. 30. — P. 45–47.
5. Прилуцкий, А. С. Коронавирусная болезнь 2019. Часть 2. Клиника, диагностика, лечение, профилактика [Текст] / А. С. Прилуцкий // Вестник гигиены и эпидемиологии. — 2020. — Т. 24. — № 1. — С. 87–101.
6. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) : временные методические рекомендации. — Версия 15 (22.02.2022). — 244 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/059/392/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V15.pdf.

© Капранов С. В.

© Капранова Г. В.

© Гарабцев Д. В.

© Соленая Е. С.

Рекомендована к печати и.о. гл. врача ГС «Луганская городская СЭС» МЗ ЛНР, к.м.н., доц. каф. лабораторной диагностики, анатомии и физиологии ЛГПУ Гавриком С. Ю., врачом-эпидемиологом высшей квалификационной категории ГС «Алчевская городская СЭС» МЗ ЛНР Фроловой Е. С.

Статья поступила в редакцию 19.01.2022.

Dr. Med. Kapranov S. V. (Alchevsk Municipal Sanitary and Epidemiological Department, Alchevsk, *alch_ses_ok@mail.ru*), **Ph.D. Ped. Kapranova G. V.** (Alchevsk information and methodological center, Alchevsk, *galya.kapranova.63@mail.ru*), **Tarabtsev D. V.** (Alchevsk Municipal Sanitary and Epidemiological Department, Alchevsk, *alch_ses_ok@mail.ru*), **Solyonaya E. S.** (Scientific Society "Republican Minor Academy of Sciences", Lugansk, *lenasolyonaya@gmail.com*)

EVALUATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS' COMPLIANCE WITH HYGIENIC AND ANTI-EPIDEMIC REQUIREMENTS FOR PREVENTION OF CORONAVIRUS INFECTION COVID-19

An assessment was made of compliance by high school students with hygiene and anti-epidemic requirements for the prevention of coronavirus infection COVID-19. It has been established that, according to many criteria, a significant part of students in general educational institutions do not comply with the requirements for the prevention of COVID-19. Confidence in the need to fully comply with all the requirements for preventing the spread of a new coronavirus infection increases with the age of schoolchildren. The share of adolescent girls who complied with the basic requirements for preventing the spread of coronavirus infection is significantly higher than that of boys.

Based on the research results, preventive recommendations have been developed.

Keywords: *high school students, coronavirus infection COVID-19, preventive measures.*

УДК 551.501.42

*к.т.н. Подлипенская Л. Е.,
Олейник Т. С.
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, lida.podlipensky@gmail.com)*

НАУЧНО-ФАКТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАСУХИ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА

Представлены результаты анализа достоверности прогнозирования засух с помощью таких индикаторов, как баланс влаги, гидротермический коэффициент и стандартизированный индекс осадков. Сопоставление вычисленных для территории Луганщины индикаторов засухи с фактическими историческими данными показало хорошую сходимость данных. Выделен индикатор СИО как наиболее информативный показатель засухи.

Ключевые слова: баланс влаги (БВ), гидротермический коэффициент (ГТК), засуха, научно-фактологический анализ, осадки, стандартизированный индекс осадков (СИО).

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В последние годы проблема засухи достаточно остро проявляется в Донбассе. Наблюдается значительное уменьшение поверхностного и подземного стока вод, что можно связать прежде всего с явным уменьшением количества осадков на данной территории.

Широко применяются различные численные показатели (индексы), способные установить засуху как явление, а также оценить ее интенсивность и степень тяжести последствий. Однако часто прогнозы засух, выполненные на основе различных показателей, бывают противоречивы и не совпадают с фактическими данными. В связи с этим проблема поиска оптимального сочетания индикаторов засухи, адаптированных к условиям территории Донбасса, является весьма актуальной.

Целью настоящей работы явилась проверка сходимости результатов идентификации засух на территории Донбасса с помощью различных индикаторов путем проведения научно-фактологического сравнительного анализа.

Объект исследования — явление засухи, которое возникает на некоторой территории на протяжении определённого интервала времени.

Предмет исследования — сравнительный анализ исторических данных о засухе

на территории Донбасса с расчетными прогнозируемыми данными.

Задачи исследования:

- сбор исторических данных о засушливых периодах на территории Донбасса;
- анализ индикаторов засухи (баланс влаги, гидротермический индекс, осадки) по существующей базе метеорологических данных;
- вычисление значений стандартизованного индекса осадков при различных степенях агрегации;
- проведение научно-фактологического сравнительного анализа.

Материалы и методы исследования. В настоящей работе использованы исторические сведения о засушливых периодах на территории Донбасса [1–3], показатели, диагностирующие засуху, такие как баланс влаги, гидротермический индекс, осадки [4] и стандартизированный индекс осадков (СИО или SPI). СИО вычислялся с помощью программы SPI Generator [5–6], в которой использовались метеорологические данные Луганской метеорологической станции [4].

Достоверность индикаторов устанавливалась путем применения научно-фактологического анализа, который предполагает сравнение исторических данных с определенными показателями на предмет соответствия результатов диагностики за-

сухи на определенной территории в конкретные периоды времени.

Понятие «засухи» как явления. Виды засух. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием дает следующее определение засухи: «Засуха — это природное явление, которое возникает, когда количество осадков ниже в сравнении с фиксированным уровнем, что может приводить к серьезным нарушениям» [7]. Основные её виды представлены в таблице 1.

По пространственным масштабам засушливые явления делятся на местные, зональные, межзональные, континентальные и глобальные.

Местные засухи охватывают до 10 % площади одной агроклиматической зоны и носят пестрый характер.

Зональные засухи могут включать от 10 до 100 % площади в пределах одной агроклиматической зоны.

Межзональные засухи занимают не менее двух агроклиматических зон с охватом от 10 до 35 % площади в каждой зоне.

Континентальные засушливые явления занимают не менее трех агроклиматических зон с общим охватом от 30 %.

Глобальные засушливые явления распространяются на значительную часть определенного полушария или не менее 10 % территории всех смежных континентов.

Засушливые явления представляют собой комплексное проявление естественных процессов, которые действуют однонаправленно в определенный промежуток времени на создание дефицита увлажнения на фоне высоких температур.

Весенняя засуха характеризуется, как правило, достаточно низкими температурами, низкой относительной влажностью воздуха, засушливыми ветрами. Этот тип засухи задерживает фазу всходов, ослабляет кущение и укоренение растений.

Летняя засуха характеризуется низкой относительной влажностью воздуха, высокой температурой, большой испаряемостью.

Осенняя засуха возникает на фоне понижения температуры воздуха, но из-за отсутствия осадков летом верхний слой почвы может быть значительно высушен. Если устанавливается антициклонический характер циркуляции, то возникает дефицит осадков и последующее высушивание почвы [1]. Схема развития засухи представлена на рисунке 1.

Таблица 1

Основные виды засух

Вид засухи	Характеристика
Атмосферная (метеорологическая)	Возникает на фоне длительного бездождевого периода с низкой влажностью и высокой температурой воздуха.
Гидрологическая	Является продолжительным периодом сухой погоды, который вызывает недостаток потребления воды из-за уменьшения стока (ниже установленных норм) и уменьшения содержания влаги в почве. Может длиться более года и захватывать более одного водосбора.
Почвенная	Наступает при усиленном высушивании грунта, в результате чего поступление воды к корням растений замедляется или прекращается. Связано с недостаточными весенними запасами воды в метровом слое грунта, поскольку на протяжении летних месяцев влага только тратится растениями, но не восполняется.
Сельскохозяйственная (агроклиматическая)	Оказывает влияние на урожайность территории. Связано с отсутствием дождя, но также может быть вызвано плохо спланированной сельскохозяйственной деятельностью.
Общая засуха	Возникает при сочетании проявлений атмосферной и почвенной засухи, которая опасна для растений из-за их неспособности пополняться влагой из почвы на фоне высоких температур воздуха.



Рисунок 1 Схема развития засухи

История засушливых явлений на территории Донбасса. Для земель современной территории Донбасса засушливые годы не являются необычными, поскольку практически каждый год локально фиксируются потери урожая из-за нехватки дождей. Так, в течение всего 18-го столетия 39 лет были засушливыми, такая ситуация повторилась и в 19-ом столетии. Известны случаи длительных засух или таких, которые в локальных местностях повторялись из года в год: 1888–1894, 1944–1954, 1999–2007 гг. Эти природные явления особенно часты в степной зоне, здесь без орошения практически невозможно устойчивое земледелие.

Донбасс в 1891 г. из-за засухи потерпел значительную потерю урожая. Это обусловило голод 1891–1892 гг., что вызвало распространение инфекционных болезней.

Во второй половине 20-го столетия засухи на территории Донбасса фиксировали в 1957, 1959, 1963, 1965, 1968, 1972, 1975, 1979, 1983, 1996 и 1999 гг. Для борьбы с засухами со второй половины 19-го столетия строили масштабные системы орошения полей. Так, в 1950–1980-х гг. появились крупнейшие ирригационные системы.

До недавнего времени благодаря им довольно успешно удавалось преодолевать засушливые периоды (так, в период 1999–2007 гг. районы, в которых функционировали такие системы, последствий засухи почти не ощутили). Однако из-за общего падения уровня воды в реках в летний период старая канальная система орошения теряет свою эффективность. В 21-ом столетии вследствие климатических изменений длительные засушливые периоды, вероятно, будут чаще и, соответственно, будут иметь негативные последствия. Так, засуха в 2003 г. сократила валовой сбор зерна и полностью сделала невозможным экспорт (в этом году зерно пришлось даже импортировать). Значительный ущерб аграрному сектору нанесла засуха в 2007 г., когда весной недостаток влаги фиксировали на территории Донбасса [1].

Примером последних экстремальных погодных условий является аномальная засуха 2020-го года. На территории ЛНР и ДНР выпало наименьшее количество осадков за одиннадцатилетний период наблюдений [3, 6]. Исаковское водохранилище, расположенное на р. Белой, начало усыхать

ввиду длительного отсутствия осадков. Стоит отметить, что данное водохранилище является важнейшим водоемом региона, поскольку его запасы воды использует Алчевский металлургический комбинат для нужд производственного процесса.

В этот год также обмелело Ольховское водохранилище (ЛНР) и другие водоемы и водотоки практически на всей территории Донбасса.

Описание индикаторов засухи. Для проведения научно-фактологического анализа использовались следующие индикаторы засухи: баланс влаги, гидротермический индекс и стандартизированный индекс осадков.

Баланс влаги (БВ) — показатель, равный разности между суммой осадков $\sum r$ и количеством испарившейся влаги $0,1\sum t$:

$$BV = \sum r - 0,1\sum t. \quad (1)$$

Баланс влаги измеряется в тех же единицах, что и сумма осадков, а именно в мм. Если БВ положительный, увлажнение может считаться достаточным, если отрицательный — недостаточным [4].

Влагообеспеченность какой-либо территории обычно характеризуют предложенным Г. Т. Селяниновым гидротермическим коэффициентом (ГТК). Определяется за отдельные месяцы как отношение месячного количества осадков $\sum r$ к сумме температур $\sum t$ за тот же месяц с коэффициентом $0,1$, т. е.:

$$ГТК = \frac{\sum r}{0,1\sum t}. \quad (2)$$

В этой формуле знаменатель $0,1\sum t$ за месяцы со средней суточной температурой выше 8°C представляет собой приближенную оценку величины испаряемости. Таким образом, ГТК является условным выражением баланса влаги и определяет отношение прихода влаги к ее расходу.

Если $ГТК > 1,0$ — увлажнение большинства сельскохозяйственных культур достаточное, а меньше — соответственно недостаточное [4].

Стандартизированный индекс осадков — это эффективный и гибкий индекс, который легко рассчитывать. Фактически единственным необходимым исходным параметром являются осадки. Помимо того, этот индекс в равной степени эффективен при анализе как влажных, так и сухих периодов/циклов.

СИО основан на вероятности осадков в любом временном масштабе. Вероятность наблюдаемых осадков преобразуется затем в индекс. Он используется в исследовательском или оперативном режиме в более чем 70-ти странах мира.

СИО был разработан для количественной оценки дефицита осадков во многочисленных временных масштабах [5], которые отражают воздействие засухи на состояние различных водных ресурсов. Состояние влажности почвы реагирует на аномалии осадков в относительно кратком масштабе. Состояние подземных вод, речного стока и резервуаров отражает долгосрочные аномалии осадков.

Расчет СИО для любого места основан на долгосрочной записи данных об осадках в течение желаемого периода. Эта запись аппроксимируется распределением вероятностей, которое затем преобразуется в нормальное распределение, с тем чтобы средний СИО для данного места и желаемого периода был равен нулю. Положительные значения СИО указывают на объем осадков выше среднего, а отрицательные — ниже среднего.

Ученые использовали систему классификации значений СИО, показанную ниже в таблице 2, для определения интенсивности засухи. Явление засухи наступает всякий раз, когда СИО является постоянно отрицательным, начиная со значения $-1,0$ или менее. Данное явление заканчивается, когда СИО становится положительным. Таким образом, каждое явление засухи характеризуется продолжительностью, определяемой его началом и концом, а также интенсивностью по каждому месяцу, в течение которого данное явление продолжается. Чем значения СИО находятся ниже отметки -1 , тем засуха суровее по своим последствиям.

Таблица 2
Значения СИО

Значение	Характеристика
2,0 +	экстремально влажно (ЭВ)
1,5–1,99	очень влажно (ОВ)
1,0–1,49	умеренно влажно (УВ)
–0,99–0,99	близко к норме (БН)
–1,0– –1,49	умеренно сухо (УС)
–1,5– –1,99	сильно сухо (СС)
–2 и меньше	экстремально сухо (ЭС)

В данной работе для проведения научно-фактологического анализа используются три вида СИО, вычисленных на основании значений месячных осадков по данным Луганской метеорологической станции за период с 1838 по 2020 годы.

Одномесечный СИО. Карта одномесечного СИО весьма похожа на карту, показывающую процент нормальных осадков за 30-дневный период. Фактически СИО представляет собой более точное представление месячных осадков благодаря нормализации распределения. Например, одномесечный СИО в конце ноября сравнивает одномесечные суммарные осадки за ноябрь в этот конкретный год с суммарными осадками в ноябре в течение всех зарегистрированных лет. Поскольку одномесечный СИО отражает краткосрочные условия, его применение может быть тесно связано с метеорологическими типами засухи наряду с краткосрочной влажностью почвы и стрессом растений, особенно во время вегетационного периода. В одномесечном СИО могут аппроксимироваться условия, воспроизведенные при помощи индекса влажности для растений, который является частью набора индексов в рамках индекса интенсивности засухи Палмера.

Шестимесечный СИО сравнивает осадки за текущий период с зарегистрированными историческими данными за такой же шестимесечный период. Например, шестимесечный СИО в конце сентября сравнивает суммарные осадки за период апрель–сентябрь со всеми прошлыми суммарными показателями за этот же период.

Шестимесечный СИО может быть весьма эффективным в качестве показателя осадков в течение конкретных сезонов. В зависимости от региона и времени года информацию на основе шестимесечного СИО можно также начинать связывать с аномальными речными потоками и уровнями водохранилищ.

Девятимесечный СИО является индикатором межсезонных режимов осадков в среднесрочных временных масштабах. Процесс развития засух обычно длится в течение одного или нескольких сезонов. Значения СИО ниже –1,5 для этих временных масштабов обычно являются хорошим индикатором того, что засушливость оказывает значительное воздействие на сельское хозяйство и может затронуть также другие секторы народного хозяйства [5].

Научно-фактологический анализ. Результаты проведенного исследования представлены в таблице 3. Данные приводятся только за те годы, когда по историческим сведениям и по значениям показателей БВ, ГТК и СИО, рассчитанным за один, шесть и девять месяцев, наблюдалось недостаточное увлажнение исследуемой территории. Стоит отметить, что большинство значений имеют характеристику «близко к норме» (БН), значение «умеренно влажно» встречалось достаточно редко. Баланс влаги представлен исключительно полученными значениями, где значения меньше нуля говорят о том, что увлажнения на исследуемой территории недостаточное. Гидротермический коэффициент также представлен полученными значениями, где значения менее единицы свидетельствуют о недостаточном увлажнении почвы.

Значения стандартизированного индекса осадков заменены на краткую характеристику степени увлажнения территории согласно обозначениям таблицы 2. В девятом столбце таблицы 3 отмечалось совпадение (+) или несовпадение (–) исторических данных с прогнозом засухи по представленным показателям.

ЭКОЛОГИЯ

Таблица 3

Результаты проведенного научно-фактологического анализа

Год	Месяц	Осадки, мм	ГТК	БВ	СИО ₁	СИО ₆	СИО ₉	+/-
1	2	3	7	8	4	5	6	9
1891	май	14	0,27	-37,77	БН	БН	УС	+
	август	5	0,07	-65,37	БН	БН	УС	
	октябрь	40	-	-	БН	УС	БН	
1957	февраль	11	-	-	УС	БН	БН	+
	апрель	3	0,08	-33,00	УС	УС	СС	
	июнь	0	0	-65,30	УС	СС	ЭС	
	июль	46	0,65	-24,68	УС	УС	БН	
	август	15	0,21	-56,30	СС	УС	БН	
	сентябрь	9	0,17	-44,70	СС	СС	БН	
	октябрь	22	-	-	СС	УС	БН	
	ноябрь	17	-	-	СС	ЭС	БН	
декабрь	48	-	-	УС	БН	БН		
1959	июнь	12	0,2	-48,90	БН	БН	СС	+
	август	4	0,06	-62,34	БН	БН	СС	
	ноябрь	9	-	-	БН	УС	УС	
	декабрь	24	-	-	УС	БН	БН	
1963	июль	17	0,23	-56,47	БН	БН	УС	+
1965	январь	7	-	-	БН	СС	УС	+
	февраль	47	-	-	БН	УС	УВ	
	март	11	-	-	БН	УС	БН	
	апрель	46	2,6	28,30	УС	БН	БН	
	июнь	13	0,22	-47,30	УС	БН	УС	
	июль	3	0,04	-66,13	СС	УС	ЭС	
	август	9	0,14	-57,65	СС	СС	УС	
	сентябрь	6	0,13	-39,60	СС	ЭС	УС	
	ноябрь	83	-	-	УС	СС	ОВ	+
	декабрь	41	-	-	УС	УС	БН	
1968	май	8	0,14	-48,73	БН	БН	СС	+
1972	январь	1	-	-	БН	БН	ЭС	+
	декабрь	6	-	-	БН	БН	СС	
1975	июнь	5	0,07	-67,90	БН	УС	ЭС	+
	сентябрь	27	0,55	-22,20	БН	УС	БН	
	октябрь	16	-	-	БН	УС	БН	
	ноябрь	40	-	-	БН	УС	БН	
	декабрь	21	-	-	УС	БН	БН	
1979	май	3	0,05	-60,55	БН	БН	ЭС	+
	июнь	5	0,08	-59,20	БН	БН	ЭС	
	август	28	0,39	-43,30	БН	СС	БН	
	сентябрь	11	0,23	-37,30	БН	СС	БН	
	октябрь	22	-	-	УС	ЭС	БН	
	ноябрь	26	-	-	СС	СС	БН	
декабрь	23	-	-	СС	УС	БН		
1983	сентябрь	2	0,04	-43,60	БН	БН	СС	+
1996	июль	7	0,09	-68,33	БН	БН	СС	+
	ноябрь	8	-	-	УВ	УВ	СС	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	7	8	4	5	6	9
1999	июнь	11	0,16	-57,40	БН	БВ	СС	+
	сентябрь	21	0,45	-25,50	БН	УС	БН	
2003	май	2	0,03	-56,59	БН	БН	ЭС	+
	сентябрь	6	0,14	-38,10	БН	БН	УС	
	декабрь	11	-	-	БН	БН	УС	
2007	май	10	0,17	-49,97	БН	БН	СС	+
	июль	14	0,19	-58,54	БН	УС	УС	
	август	11	0,14	-65,88	УС	УС	БН	
	октябрь	21	-	-	УС	БН	БН	
2017	сентябрь	71	0,29	-37,20	БН	БН	УС	+
	октябрь	70	-	-	БН	БН	УС	
2020	январь	-	-	-	БН	УС	БВ	+
	март	-	-	-	БН	БН	УС	
	апрель	-	-	-	БН	БН	УС	
	июнь	-	-	-	БН	БН	ЭС	
	август	-	-	-	УС	СС	БН	
	сентябрь	-	-	-	УС	СС	ЭС	
	сентябрь	-	-	-	СС	СС	БН	
	ноябрь	-	-	-	ЭС	ЭС	БН	
декабрь	-	-	-	СС	СС	БН		

Из сравнения характеристик увлажнения территории по показателям БВ, ГТК и СИО можно сделать вывод, что в целом они дают коррелированные результаты. Разница между ними заключается в том, что показатели БВ, ГТК применяются только для теплых периодов года, в то время как индикатор СИО диагностирует засуху в любой период года, при этом определяя дополнительно другие параметры, такие как длительность и тяжесть засухи.

Считая гидрологическую засуху как наиболее заметную и с тяжелыми последствиями, выделим по таблице 3 (столбец 8) периоды ее наблюдений в форме экстремальных засух (ЭС): июнь 1957 г., июль 1965 г., январь 1972 г., май—июнь 1979 г., май 2003 г., июнь 2020 г.

Все случаи засухи, установленные с помощью показателей БВ, ГТК и СИО, нашли свое фактологическое подтверждение. Это подтверждает их высокую прогностическую ценность. Как наиболее сильный индикатор засухи необходимо

выделить показатель СИО, который позволяет идентифицировать атмосферную, гидрологическую и почвенную засуху во многочисленных временных масштабах.

Выводы и направление дальнейших исследований. Сопоставление фактических периодов засух, выявленных в истории Донбасса, с расчетными данными позволили установить достоверность диагностики засух с помощью рассмотренных индикаторов. Следовательно, такие показатели, как гидротермический коэффициент, баланс влаги и в особенности стандартизированный индекс осадков можно использовать с целью прогнозирования засушливых периодов на определенной территории для своевременного выявления и предотвращения негативного воздействия засух на окружающую среду.

В дальнейшем исследования будут направлены на рассмотрение превентивных мер по смягчению последствий засух на территории Донбасса.

Библиографический список

1. Семенова, И. Г. *Синоптические и климатические условия формирования засух в Украине : монография [Текст] / И. Г. Семенова. — Харьков : ФЛП Панов А. М., 2017. — 236 с.*
2. *Географическое краеведение. Физическая география родного края [Текст] / Сост. В. Е. Панкина. — 2-е изд., доп. и перераб. — Донецк : Истоки, 2016. — 185 с.*
3. *Основные климатические угрозы для аграриев [Электронный ресурс] / AGGEEK : электронный журнал. — Режим доступа: <https://aggeek.net/ru-blog/osnovni-klimatichni-zagrozi-dlya-ukrainskih-agrariiv>.*
4. *Климатические показатели экологических факторов Луганской гидрометеостанции с 1838–2019 гг. В помощь дипломникам [Текст] / Сост. : И. Д. Соколов, Е. Д. Долгих, Е. И. Соколова. — Луганск : ЛНАУ, 2018. — 24 с.*
5. *Погода. Климат. Вода. Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков [Текст]. — Женева, Швейцария : Всемирная метеорологическая организация, 2012. — 8 с.*
6. *Мониторинг гидрологических засух по результатам многолетних данных Центра гидрометеорологии города Луганска [Текст] / Л. Е. Подлипенская, Н. П. Кусайко, И. А. Ладыш, Е. Д. Долгих // Экологический вестник Донбасса. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — Вып. 2. — С. 83–91.*
7. *Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые претерпевают от серьёзной засухи и/или опустынивания, особенно в Африке [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901893003>.*

© Подлипенская Л. Е.© Олейник Т. С.

*Рекомендована к печати к.т.н., проф. каф. ПГМ ДонГТИ Левченко Э. П.,
д.с.-х.н., зав. каф. ЭиП ЛГАУ Ладыш И. А.*

Статья поступила в редакцию 10.02.2022.

Ph.D. Podlipenskaya L. E., Oleynik T. S. (DonSTI, Alchevsk, LPR, lida.podlipensky@gmail.com)

SCIENTIFIC-FACTOLOGICAL ANALYSIS OF THE FEATURES OF DROUGHT OCCURENCE IN THE DONBASS AREA

The results of reliability analysis of drought forecasting using indicators such as moisture balance, hydrothermal coefficient and standardized precipitation index are presented. Comparison of drought indicators calculated for the territory of the Luhansk region with actual historical data showed good convergence of data. The SPI indicator is singled out as the most informative indicator of drought.

Key words: *moisture balance (BW), hydrothermal coefficient (HTC), drought, scientific and factual analysis, precipitation, standardized precipitation index (SPI).*

ГЕОЭКОЛОГИЯ

GEOECOLOGY

УДК 556.047

*к.т.н. Павлов В. И.,
Кусайко Н. П.,
Сергейчук О. В.*

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, pavlow2005@rambler.ru)

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА МАЛЫХ РЕК ЛНР

Проведено исследование приземной температуры, суммарных атмосферных осадков и речного стока на территории водосбора малой реки Белая ЛНР методом скользящего среднего. Выполнено сравнение полученных показателей с известными оценками климатических изменений на территории водосбора Днепра по моделям общей циркуляции атмосферы и океана МОЦАО. Установлены общие тенденции климатических изменений и их особенности для водосбора малых рек ЛНР.

Ключевые слова: парниковый эффект, климат, потепление, водосбор, приземная температура, атмосферные осадки, речной сток, водный режим, водный баланс, математические модели, прогноз.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В Луганской Народной Республике собственный водный ресурс подземных и поверхностных источников, в том числе малых рек, широко используется для удовлетворения хозяйственных и питьевых потребностей. Надёжность водоснабжения из этих источников имеет большое значение для обеспечения жизнедеятельности населения и, по сути, является вопросом обеспечения государственной безопасности. С позиции разработки стратегии использования собственных водных источников их ресурс (максимально возможный объём использования воды в единицу времени без негативных последствий на окружающую среду) является величиной непостоянной и зависимой от климатических изменений.

Факт происходящего потепления климата на планете общепризнан и подтверждается из года в год ростом средней температуры мирового океана, сокращением площади ледников, увеличением количества чрезвычайных ситуаций, вызванных наводнениями и лесными пожарами. Международным научным сообществом тщательно изучаются особенности климатообразующих процессов на всех континентах земного шара. На основе установленных

закономерностей совершенствуются математические модели, позволяющие прогнозировать тенденции климатических изменений дифференцированно по отдельным бассейнам водосбора больших и средних рек. Без опоры на выверенные прогнозные модели трудно сделать научно обоснованные выводы о прогнозных тенденциях и причинах изменений речного стока.

Водосборы малых рек ЛНР небольшие по площади, находятся в сравнительно однородных гидроморфологических условиях и в узкой широтной полосе, что вызывает большую зависимость расхода рек от текущей изменчивости местных атмосферных явлений. Для разработки собственных математических моделей нет необходимой статистической базы, так как систематический гидрологический мониторинг в водосборах не производился.

Вместе с тем водосборы малых рек ЛНР находятся в непосредственной близости и в одной климатической зоне с водосборами Днепра и Дона и поэтому на их территории можно ожидать проявление общих климатических закономерностей.

Таким образом, анализ динамики климатических показателей и стока малых рек на территории ЛНР в сопоставлении с результатами моделирования глобальных

климатических процессов представляет научный и практический интерес.

Анализ исследований и публикаций. Уже в середине прошлого века изучение климатообразующих циркуляционных переносов тепла океаническими течениями, атмосферных переносов тепла и влаги циклонами и антициклонами позволило заложить основы макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов [1]. Вначале периодически повторяемые атмосферные события связывались традиционно с солнечной активностью, характеризующейся числами Вольфа. По мере развития технологий изучения космоса были установлены дополнительные связи долгопериодной атмосферной изменчивости с более сложными астрофизическими и астрономическими процессами в Солнечной системе, отражающие диссиметрию Солнца и гравитационное воздействие на Землю перемещающегося центра планетарных масс [2]. При суммарном наложении разночастотных элементарных космических сил строго математически невозможно прогнозировать тренд космического результирующего воздействия на планету. Для выделения низкочастотных составляющих из результирующего воздействия современными методами разложения (методами сингулярного спектрального анализа SSA) требуются длинные временные ряды, для которых недостаточно накопленных на настоящий момент данных. Поэтому в работе [3] на основе сопоставления долгопериодных процессов в космосе, в Мировом океане и в атмосфере были выявлены квазипериодичности: 30–35-летняя, полувекковая (45–50 лет) и вековая (80–90 лет). Свойство квазипериодичности предполагает нерегулярную периодичность в указанных диапазонах. Квазипериодичность присутствует и в меньших временных интервалах, от 2-х до 22-х лет, что существенно затрудняет предсказуемость изменения климата в соразмерной глубине прогноза.

Сравнительно недавно по историческим масштабам проявилось новое атмосферное

явление — повышение температуры вследствие роста концентрации парниковых газов, среди которых вклад углекислого газа наибольший. Парниковый эффект существенно затушевает установленные метеорологические периодичности и соответственно усложняет методологические основы прогноза.

Факт повышения среднего содержания CO_2 в атмосфере планеты доказан прямыми измерениями, а также по его концентрации в пузырьках воздуха ледовых кернов Гренландии и Антарктики. Согласно обобщающему анализу Лаборатории глобального мониторинга Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA) Соединенных Штатов Америки [4] на протяжении последних 800 тыс. лет через каждые 100 тыс. лет происходило чередование ледниковых и теплых периодов. В ледниковые периоды средняя концентрация CO_2 в атмосфере составляла 185 ppm (0,0185 %), в теплые периоды — 278 ppm (0,0278 %).

С наступлением индустриальной эпохи вследствие сжигания углеводородного топлива концентрация углекислого газа в атмосфере планеты начала с ускорением повышаться. С 1957 г. по 1970 г. прирост концентрации составлял 0,5 ppm в год. В 2016 г. он уже составлял 2,0 ppm. Общий прирост за последние 100 лет составил 100 ppm. Такой же прирост в постледниковые периоды происходил за сравнительно большие временные интервалы, за 15–20 тыс. лет. Таким образом, сейчас наращивание концентрации углекислого газа в атмосфере происходит катастрофически быстро, в 150–200 раз быстрее.

Такое ускоренное антропогенное изменение климата изучается в рамках Всемирной программы исследования климата (ВПИК), учрежденной Организацией Объединенных Наций. В этой программе был реализован ряд международных научно-исследовательских проектов:

- GEWEX [<http://www.gewex.org>];
- ACSYS, CliC [<http://acsys.npolar.no>].

Разработанные в них модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) прошли проверку в специальных международных проектах сравнения АМІР и СМІР [5].

Особое внимание программа проектов ВПИК уделяет арктическим регионам России. По своему географическому положению ЛНР и европейская часть России находятся под воздействием общих, одних и тех же воздушных масс, пришедших с Атлантики, Арктического бассейна или сформировавшихся над обширными континентальными территориями Евразии [6]. В этой связи следует рассмотреть результаты совместного научно-исследовательского проекта Национального Агентства по аэронавтике и освоению космического пространства NASA (США) и Российской Академии Наук «Международная партнерская инициатива в области наук о Земле в Северной Евразии (NEESPI). В проекте была создана интегральная база данных по состоянию окружающей среды на территории России из результатов космического зондирования и всех накопленных наземных наблюдений. Из программных продуктов ВПИК было проанализировано двадцать моделей МОЦАО и отобрано семь, наиболее близко отражающих фактические данные по крупнейшим водосборам России и сопредельным регионам: Волги, Оби,

Енисея, Лены, Печоры, Балтики, Днепра и Дона [7]. Предсказуемость изменения климата по любой модели МОЦАО зависима от ожидаемого изменения концентрации парниковых газов. Известно 40 сценариев их накопления в атмосфере XXI-го века. В работе [7] сделаны прогнозные расчеты климатических показателей по двум наиболее негативным сценариям, отражающим низкие темпы сокращения углеводородной энергетики и более быстрый рост численности населения. В таблице 1 показано изменение средних оценок климатических показателей, рассчитанных с помощью отобранных моделей МОЦАО по водосборным бассейнам рек, наиболее приближенных к водосборам малых рек ЛНР, и по наиболее неблагоприятному сценарию эмиссии парниковых газов.

Из таблицы 1 видно, что на протяжении всего XXI-го века в бассейнах рек Днепр и Волга приземная температура будет повышаться. По более близкому к ЛНР водосбору Днепра температура летом будет расти чуть быстрее. По сибирским рекам темпы потепления зимой по сравнению с летом намного выше на протяжении всего столетия. Например, по Лене к середине века рост температур составит зимой 3,1 %, а к концу века 5,0 %, летом соответственно 2,1 % и 3,2 % [7].

Таблица 1

Изменение климатических показателей по ближайшим к ЛНР водосборам в процентах к базовому периоду 1981–2000 гг. по данным [7]

Водосбор реки	Показатели	2041–2060			2080–2099		
		Зима	Лето	Год	Зима	Лето	Год
Днепр	Приземная температура	2,1	2,3	2,1	3,3	3,2	3,1
	Осадки	7,2	-3,4	2,8	10,8	-6,3	3,7
	Речной сток		-1,4	-3,3		-2,8	-6,2
	Масса снега			-17,1			-32,7
Волга	Приземная температура	2,4	2,2	2,2	3,8	3,0	3,5
	Осадки	9,3	0,0	5,4	12,3	2,6	8,9
	Речной сток		-3,9	-2,0		2,2	6,2
	Масса снега			-12,0			-18,2
Дон	Масса снега			-17,1			-32,7

Повышение температуры приведёт к увеличению годовых осадков по всем водосборам России. По Днепру прирост годовых осадков наименьший. Примечательно, что водосбор Днепра единственный, по которому летом ожидается снижение осадков. Явным признаком потепления по водосбору Днепра является повышение осадков зимой за счет дождя, так как осадки в виде снега будут существенно уменьшаться на 17,1–32,7 %.

Результирующий показатель потепления — речной сток по Днепру — будет снижаться на протяжении всего текущего столетия. У Волги, как и по остальным водосборам России, в первой половине века будет снижение стока даже большее, чем по Днепру. Во второй половине века ситуация сменится на противоположную — во всех водосборах, кроме Днепра, речной сток увеличится.

Причиной изменения климата в Северной Евразии являются циркуляционные факторы [8]. Рост среднегодовой температуры воздуха происходит за счет отдельных месяцев: февраля, марта, мая и октября. В конце сезона, для весны в мае и для осени в октябре, повышение температуры происходит в первую очередь за счет увеличения продолжительности солнечной радиации, характерной для антициклонической деятельности. При этом воздухо-теплоперенос реализуется из южных широт, т. е. активизируются меридиональные процессы циркуляции воздуха.

Из проведенного анализа результатов расчета климатических показателей по проверенным моделям МОЦАО можно сделать следующие выводы по водосборам Днепра и Дона:

– текущем столетии ожидается аномальное изменение климата — снижение осадков летом, повышение зимой и уменьшение годового речного стока. Эта аномальность объясняется систематическим возникновением над территорией во-

досборов Днепра и Дона южной периферии атмосферных фронтов Северной Евразии со сравнительно небольшим, остаточным влагосодержанием;

– водосборы малых рек ЛНР по сравнению с водосборами Днепра и Дона имеют большую степень континентальности, и поэтому на их территории тенденции климатических изменений должны быть более выраженными.

Целью работы является исследование особенностей проявления планетарного потепления на территории водосборов малых рек ЛНР и тенденций изменения их речного стока на ближайшие 30 лет. В работе поставлены задачи установления тенденций климатических изменений по бассейну водосбора реки Белой ЛНР и их согласованности с показателями по водосбору реки Днепр:

– выполнить сравнительный анализ изменений приземной температуры и атмосферных осадков за весь период наблюдений Луганской метеостанции;

– сравнить динамику сезонных изменений температуры и атмосферных осадков;

– установить прогнозные тенденции речного стока реки Белая на основе согласованности климатических показателей с прогнозными моделями МОЦАО.

Изложение материала и его результаты. Ландшафт и гидрологические показатели бассейна водосбора реки Белой являются характерными практически для всех малых рек ЛНР. Излагаемая работа является продолжением исследований [9–11] по реке Белой. Для получения сопоставимых климатических оценок по водосборам рек Белой и Днепра в данной работе использован метод скользящего среднего с двадцатилетним окном усреднения, как и в работах [7, 9].

Тренды среднегодовых среднегодовых температур и годовых осадков, представленные на рисунке 1, визуально можно разделить на два периода — до и после 40-х годов прошлого столетия.

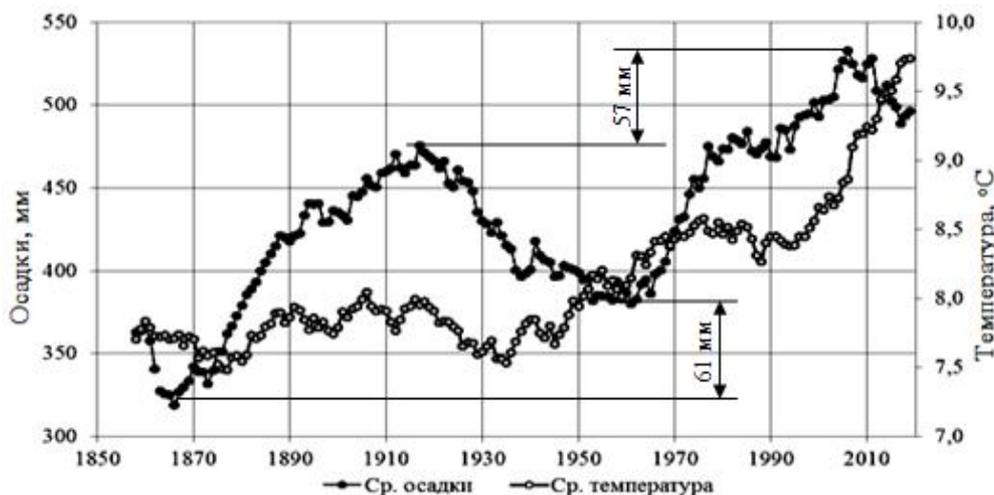


Рисунок 1 Динамика скользящего среднего суммарных годовых осадков и среднегодовой приземной температуры

В период до 40-х годов первый и второй минимумы температуры были абсолютно равными, составляли $7,5^{\circ}\text{C}$ и наблюдались в 1877 и 1935 годах. Интервал между ними составил около 60-ти лет. Максимумы среднегодовой температуры составляли около $8,0^{\circ}\text{C}$. Соответствующие температурной волне первый минимум осадков составил 319 мм (1866 г.), второй минимум — 380 мм (1961 г.). Интервал между минимумами осадков (период) составил 95 лет — около века. Сопоставление полученных волн температуры и осадков на рисунке 1 обнаруживает их видимую взаимосвязь. Однако эта связь не поддается корреляционно-регрессионному описанию. Не обнаруживается и ковариационная связь их циклических компонент в исходных рядах [9]. Визуально взаимосвязь, отмечаемая климатологами, и неравенство периодов волн температуры и осадков объясняется следующим:

– тепловая энергия солнца является первопричиной, возмущающим фактором атмосферных явлений;

– циркуляционные переносы влаги в атмосфере реагируют инерционно, с некоторым запаздыванием от активности солнца [7], что является следствием большой теплопроводности и массы воды мирового океана. До начала интенсивного испарения

с поверхности океана необходимо время для накопления достаточного тепла. Суша разогревается быстрее, поэтому возникает запаздывание роста осадков относительно роста приземной температуры;

– период волны осадков становится больше периода волны температуры также из-за теплопроводности воды. После снижения теплового воздействия солнца интенсивность испарения снижается не сразу из-за накопленного тепла большой массой воды.

Определяющее влияние энергии солнца иллюстрируется полученными графиками (рис. 1). Запаздывание максимума осадков (1917 г.) от максимума температуры (1906 г.) составило 11 лет, т. е. равно периоду солнечной активности по числам Вольфа. Циклы периодической активности солнца создают интегральное воздействие на мировой океан и задают тренд изменения атмосферных осадков. Такие же выводы получены методом сингулярного спектрального анализа (SSA) по анализируемой статистической базе в работе [9].

После 40-х годов прошлого века согласованные циклические колебания осадков и температуры начали затухать и стал проявляться их линейный тренд роста.

Очевидно, что непрерывный рост приземной температуры в водосборе реки Белой вызван общим ростом концентрации

ГЕОЭКОЛОГИЯ

парниковых газов в атмосфере. Из графика температуры (рис. 1) для анализа темпов роста взяты два периода: с 1935 по 1976 гг. и с 1995 по 2019 гг.

Сравнивались линейные тренды (рис. 2).

Результаты корреляционно-регрессионного анализа изменения температуры во времени по этим периодам приведены в таблице 2, где использованы следующие обозначения:

N — количество использованных значений температуры, °C;

R — коэффициент корреляции;

R^2 — коэффициент детерминации;

a и b — величины коэффициентов регрессии;

S — среднеквадратическая ошибка вычисления;

Y — значение функции (температуры), °C;

X — интервал времени от начального года анализируемого периода, лет.

Все результаты анализа значимы при уровне значимости 0,05. Полученные зависимости имеют вид:

– для периода с 1935 по 1976 гг.:

$$Y = 0,023X + 7,58; \quad (1)$$

– для периода с 1995 по 2019 гг.:

$$Y = 0,060X + 8,25. \quad (2)$$

Из этих уравнений следует, что в первый период, с 1935 по 1976 гг., каждые 10 лет шёл средний прирост температуры на 0,023 °C (коэффициент регрессии $a = 0,023$), в последующий период, с 1995 по 2019 гг., прирост составлял уже 0,060 °C ($a = 0,060$), т. е. рост температуры происходил в 3 раза быстрее. Ускоренный рост приземной температуры на территории водосбора ре-

ки Белой согласуется с общими тенденциями на планете, вызванными увеличением концентрации парниковых газов.

Также можно отметить по рисунку 2 закономерное изменение в выбранных периодах отклонений температуры от линии тренда, оцениваемых среднеквадратической ошибкой S . В период после 40-х годов значение S уменьшилось (табл. 2), что дополнительно подтверждает интенсификацию процесса роста приземной температуры. При сравнении периодов до и после 40-х годов отмечается рост среднегодовых осадков по максимальным и минимальным значениям на 57–61 мм (рис. 1).

Таким образом, до 40-х годов наблюдалось длиннопериодное согласованное колебание приземной температуры и осадков. После 40-х годов согласованное колебание этих показателей заменилось растущими трендами, что объясняется ростом концентрации углекислого газа в атмосфере и усилением парникового эффекта в результате широкого промышленного освоения добычи природного углеводородного топлива на Донбассе и во всем мире.

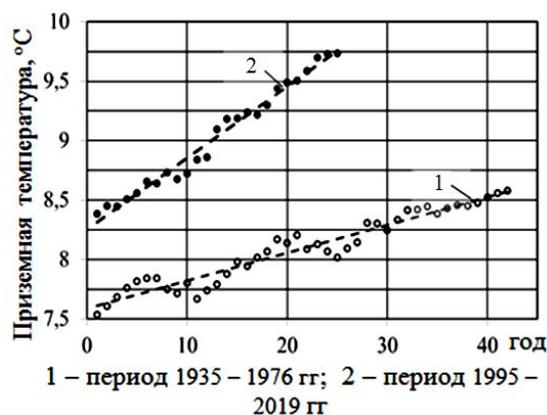


Рисунок 2 Темпы роста температуры

Корреляционно-регрессионный анализ изменения температуры во времени

Период		n	R	R^2	a	b	S	Форма связи
№	годы							$Y = a \cdot X + b$
1	1935–1976	42	0,97	0,93	0,023	7,58	0,077	значима
2	1995–2019	25	0,99	0,98	0,060	8,25	0,063	значима

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Приведенные результаты расчетов по моделям МОЦАО свидетельствуют о разном воздействии парникового эффекта на осадки по сезонам года [7]. В связи с этим был проведен аналогичный анализ изменения осадков и температур в бассейне реки Белая.

Зимой (рис. 3, а) до 40-х годов, до интенсивной отработки угольных месторождений Донбасса наблюдалось согласованное волновое изменение температуры и осадков. Рост температуры приводил к увеличению осадков. При снижении температуры снижались и осадки. После 40-х годов волновое согласованное изменение заменилось непрерывным ростом обоих показателей. Весной (рис. 3, б) наблюдалось аналогичное изменение.

Летом волновые изменения температуры и осадков находились в противофазе — увеличение температуры вызывало уменьшение осадков (рис. 3, в) и наоборот. Осенью такие изменения наблюдались только до 40-х годов (рис. 3, г). После произошло согласование волнового изменения температуры и осадков.

Для количественной оценки сезонных изменений взяты два периода с двадцати-

летним окном усреднения, с 1920 по 1940 гг. и с 1999 по 2019 гг. (табл. 3). Рост температуры зафиксирован во все сезоны на 0,9–1,9 %, наибольший рост зимой — 3,9 %. Годовая сумма осадков увеличилась на 96,0 мм, т. е. на 24,0 % (табл. 4). Наибольший прирост осадков происходил в зимние месяцы и составил в среднем 117,8 %. Летом происходило снижение осадков в среднем на 7,6 %. В период с 1920 по 1940 годы суммарное среднее значение зимних и весенних осадков, формирующих сток половодья, составляло 147,8 мм (36,9 % от годовых осадков). В 1999–2019 гг. это среднее значение увеличилось до 232,8 мм и составило 46,9 % от годовых осадков.

В последние 20 лет из-за повышения зимней температуры и частых оттепелей не происходило накопления зимних осадков, и в половодье уровень воды в реке не повышался до критического подтопления прибрежных территорий. В летний межень период уровень воды в устье реки Белой заметно снизился. Часть постоянных водотоков водосбора перешла в категорию временных.

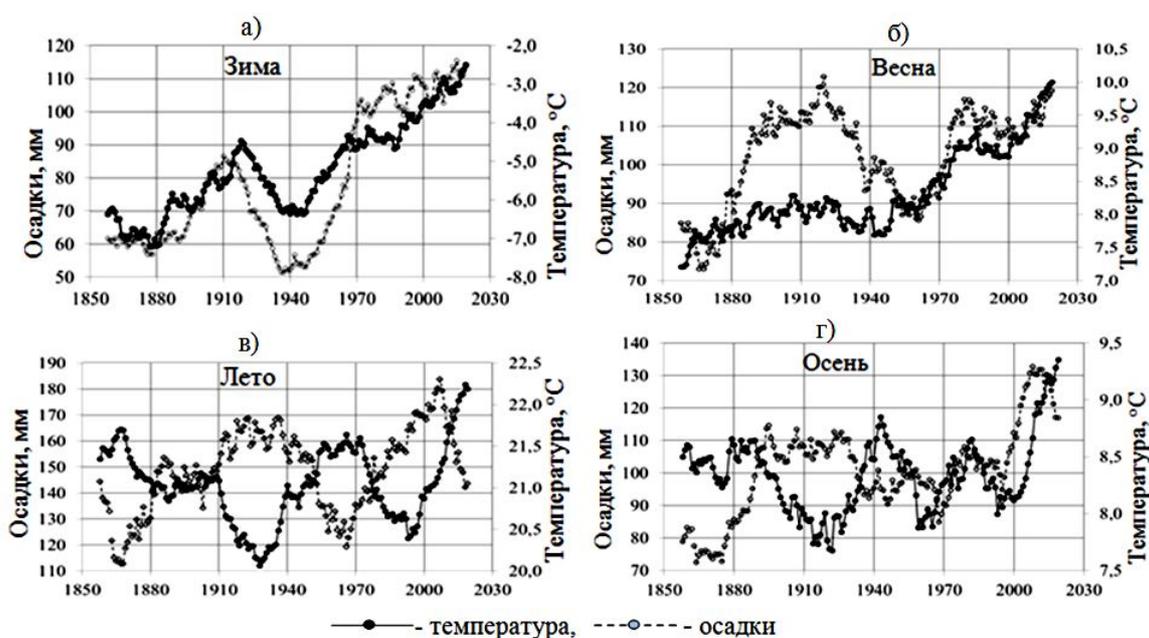


Рисунок 3 Динамика скользящего среднего суммарных годовых осадков и среднегодовой приземной температуры по сезонам года (а — зима, б — весна, в — лето, г — осень)

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Таблица 3

Сезонное изменение приземной температуры

Окно усреднения, лет	Ед. изм.	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
1920–1940	°С	–6,3	8,1	21,0	8,5	7,8
1999–2019	°С	–2,5	10,0	22,2	9,4	9,8
Изменение	%	3,9	1,9	1,2	0,9	1,9

Таблица 4

Сезонное изменение атмосферных осадков

Периоды, г.	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
1920–1940	52,2	13,0	95,7	23,9	155,4	38,8	95,3	23,8	400,6	100
1999–2019	113,6	22,9	119,2	24,0	143,7	28,9	116,9	23,5	496,6	100
Изменение	61,5	117,8	23,6	24,65	–11,8	–7,6	21,6	22,7	96,0	24,0

Отмеченные изменения структуры сезонных осадков отразились не только на водном режиме реки. Изменилась структура водного баланса.

В работе [10] была установлена зависимость среднемноголетнего притока (Y) в Исаковское водохранилище от среднемноголетнего количества осадков (X) в виде линейной формы связи $Y = a \cdot X + b$. Оказалось, что коэффициент регрессии a в трёх последовательных по времени статистических выборках по периодам 1984–1997 гг., 2002–2011 гг. и 2011–2019 гг. увеличивался и составлял соответственно 0,33, 0,44 и 0,45. Этот коэффициент регрессии a отражает, какая часть с каждого 1 млн осадков, выпадающих на территории водосбора реки, стекает в водохранилище, т. е., по сути, является коэффициентом стока. Отсюда следует, что, несмотря на увеличение приземной температуры, в структуре годового водного баланса водосбора происходит увеличение доли речного стока и снижение доли испаренных осадков за счет увеличения осадков в зимнее и уменьшения в летнее время.

Данные по водосбору реки Белой приведены в таблице 5. Из сравнения таблиц 1 и 5 следует, что климатические изменения в водосборах рек Белой и Днепра имеют общие тенденции. Поэтому для прогнозирования тенденций в изменении гидрометеорологических показателей по водосборам малых рек ЛНР можно ориентиро-

ваться на результаты математического моделирования по бассейну водосбора реки Днепр. Тогда, исходя из прогнозных расчетов по моделям МОЦАО, в ближайшем будущем следует ожидать дальнейший рост приземной температуры во все сезоны года, увеличение зимних осадков, а летом их уменьшение и, как результирующее последствие метеорологических изменений, — уменьшение годового речного стока. Отличительной особенностью климатических изменений в водосборах малых рек ЛНР, по сравнению с водосбором Днепра, является несравнимо быстрый рост приземной температуры (на 28,3 %) и осадков (на 6,3 %) в холодное время года. Снижение осадков в теплое время года настолько значительно (на –15,1 %), что задает тренд на снижение суммарных годовых осадков (на –1,0 %). Более резкое влияние температуры объясняется большим коэффициентом континентальности территории ЛНР, так как амплитуда колебания температур больше и расположение центров водосбора рек более южное.

С 2007 г. наметилось снижение среднегодовых осадков. Длительность низкого уровня осадков, возможно, продлится на 10–15 лет [9], что подтверждается и расчетом индекса засух SPI [11].

Выводы. Климатические изменения на территории водосбора реки Белой заключаются в следующем.

Таблица 5

Изменение среднемноголетних климатических показателей по водосбору реки Белой в процентах к базовому периоду 1981–2000 гг.

Сравниваемые периоды, гг.	Показатели	Зима	Лето	Год
1981–2000	Приземная температура	–3,5	20,9	8,6
	Осадки	108	169	501
	Приток (сток) в водохранилище, млн м ³			42,0
2000– 2019	Приземная температура	–2,5	22,2	9,8
	Осадки	114	144	497
	Приток (сток) в водохранилище, млн м ³			36
Изменение показателей	Приземная температура, %	28,3	6,3	13,5
	Осадки, %	4,9	–15,1	–1,0
	Приток (сток) в водохранилище, %			–14,3

До 40-х годов, когда не проявлялось антропогенное потепление климата, зимой и весной наблюдались волнообразные тренды с согласованной направленностью изменения температуры и осадков. Летом и осенью наблюдались волнообразные тренды изменения температуры и осадков, но с обратной направленностью (если температура повышалась, то осадки снижались).

После 40-х годов, в период заметных климатических изменений зимой и весной, волнообразные тренды с согласованной направленностью изменения обоих показателей сменились на линейно-возрастающие. Осенью волнообразные тренды температуры и осадков с их обратной взаимосвязью сменились на волнообразные с согласованными направлениями изменения этих показателей. Появление согласованных по направлению сезонных трендов осадков и температуры, при росте последней, привело к снижению среднемноголетних осадков и перераспределению осадков по сезонам года — возникла тенденция к постоянному увеличению осадков зимой и снижению летом. За счет перераспределения осадков изменилась

структура водного баланса — доля речного стока начала увеличиваться, а доля испаренной влаги уменьшаться.

Сезонные тренды изменения температуры, осадков и речного стока в водосборах малых рек ЛНР совпадают с трендами водосборов Днестра и Дона, по которым имеются климатические математические модели, прошедшие широкую апробацию в международном научном сообществе. На основе расчетов по климатическим моделям на ближайшие 30 лет следует ожидать:

- продолжения повышения приземной температуры во все сезоны года;
- дальнейшего изменения сезонной структуры осадков — летом осадки будут уменьшаться, а зимой-весной увеличиваться;
- продолжения изменения водного баланса — доля речного стока будет увеличиваться, а доля испаренной влаги уменьшаться,
- уменьшения годового стока. Изменение водного режима рек за счет увеличения стока зимой и уменьшения летом создаст проблему с использованием водных ресурсов для сельского хозяйства и при эксплуатации водохранилищ.

Библиографический список

1. Вангенгейм, Г. Я. Основы макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов для Арктики [Текст] / Г. Я. Вангенгейм. — М. : АНИИ, 1952. — 314 с.
2. Дмитриев, А. А. Космос, планетарная климатическая изменчивость и атмосфера полярных регионов [Текст] / А. А. Дмитриев, В. А. Беязо. — СПб. : Гидрометеиздат, 2006. — 358 с.

3. Дубравин, В. Ф. Эволюции термохалинной структуры вод Балтийского моря [Текст] / В. Ф. Дубравин. — М. : Перо, 2017. — 438 с.
4. Национальный центр атмосферных исследований NCAR США [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://ncar.ucar.edu>.
5. The Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) [Text] / G. A. Meehl, G. I. Boer, C. Covey, et al. // Bull. Amer. Meteorol. Soc.. — 2000. — P. 313–318.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т. 6. Украина и Молдавия, Вып. 3. Бассейн р. Северского Донца и реки Приазовья [Текст]. — Л. : Гидрометеиздат, 1967. — 280 с.
7. Антропогенные изменения климата в XXI веке в Северной Евразии [Текст] / В. П. Мелешко, В. М. Катцов, В. А. Говоров, С. П. Малевский-Малевич, Е. Д. Надежина, П. В. Спорышев // Метеорология гидрология. — 2004. — № 7. — С. 5–26.
8. Роль циркуляционных факторов в потеплении климата Сибири [Текст] / В. П. Горбатенко, И. И. Ипполитов, С. В. Логинов, Н. В. Поднебесных, Е. В. Харюткина // Вестник Томского государственного университета. — 2011. — № 346. — С. 174–180.
9. Подлипенская, Л. Е. Исследование временных рядов климатических показателей с помощью метода сингулярного спектрального анализа [Текст] / Л. Е. Подлипенская, Е. Д. Долгих, С. А. Горельников // Экологический вестник Донбасса. — 2021. — № 2. — С. 41–49.
10. Павлов, В. И. Анализ изменения составляющих водного баланса бассейна водосбора Исаковского водохранилища [Текст] / В. И. Павлов, Н. П. Кусайко, С. И. Кулакова // Экологический вестник Донбасса. — 2021. — № 2. — С. 73–81.
11. Мониторинг гидрологических засух по результатам многолетних данных центра гидрометеорологии города Луганска [Текст] / Л. Е. Подлипенская, Н. П. Кусайко, И. А. Ладыш, Е. Д. Долгих // Экологический вестник Донбасса. — 2021. — № 2. — С. 83–91.

© Павлов В. И.© Кусайко Н. П.© Сергейчук О. В.

**Рекомендована к печати д.с.-х.н., проф., зав. каф. Э и П ЛГАУ Ладыш И. А.,
к.т.н., проф. каф. ПГМ ДонГТИ Левченко Э. П.**

Статья поступила в редакцию 20.01.2022.

Ph.D. Pavlov V. I., Kusayko N. P., Sergeychuk O. V. (DonSTI, Alchevsk, LPR,
pavlow2005@rambler.ru)

CLIMATIC PECULIARITIES OF THE SMALL RIVERS RUNOFF FORMATION IN THE LPR

Investigation of surface temperature, total atmospheric precipitation and river runoff within the territory of the catchment area of the small river Belaya (LPR) was carried out using the moving average method. The obtained indicators are compared with the known assessments of climate change in the Dnieper catchment area according to the AOGCMs of the general circulation of the atmosphere and the ocean. The general tendencies of climatic changes and their features for the catchment area of small rivers of the LPR are found.

Key words: *greenhouse effect, climate, warming, catchment, surface temperature, atmospheric precipitation, river runoff, water regime, water balance, mathematical models, forecast.*

УДК 669.162.262

*к.т.н. Русанов И. Ф.,
к.т.н. Куберский С. В.,
к.т.н. Проценко М. Ю.,
Завгородний С. Р.*

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, rusanova-2011@inbox.ru)

РЕЦИКЛИНГ ТВЕРДЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Приведена оценка возможности рециклинга твердых техногенных отходов в черной металлургии. Выполнен анализ применимости сухой конвертерной пыли в качестве заменителя природных железосодержащих материалов. Показано, что по своему составу пыль может рассматриваться как эффективный заменитель агломерационной руды и концентрата. Рассмотрены способы подготовки пыли к рециклингу в металлургических производствах.

Ключевые слова: *рециклинг, техногенные отходы, кларки элементов, шлаки, шламы, конвертерная пыль, агломерация, окускование, брикетирование.*

Согласно оценкам Организации по сохранению природы WWF, человечество потребляет на 20 % больше природных ресурсов, чем в состоянии воспроизвести Земля. При этом экологический императив (или количество земли, необходимой для обеспечения жизненных потребностей одного человека) составляет 21,9 гектара, а биологические возможности Земли обеспечивают в среднем только 15,7 гектара на человека.

К тому же, как считают экологи, треть ресурсов Земли утрачена из-за их нерационального использования, а основной причиной глобального потепления является парниковый эффект, возникающий из-за свалок бытового мусора и промышленных отходов.

С целью привлечения внимания органов власти, бизнесменов, общественности и отдельных граждан к проблемам загрязнения окружающей среды как бытовым мусором, так и производственными отходами, ежегодно 15 ноября во многих странах отмечается Всемирный день рециклинга (от английского recycling, рециклирование и утилизация отходов) — повторное использование или возвращение в оборот полезных составляющих бытового мусора или отходов производства.

В 2014 году российский Greenpeace инициировал проведение Всемирного дня рециклинга в России.

Реализация технологических операций с отходами предусматривает превращение их во вторичное сырье, энергию или продукцию с определенными потребительскими свойствами.

Наиболее распространена как вторичная, так и многократная переработка в том или ином масштабе таких материалов как стекло, бумага, лом цветных и черных металлов, асфальт, ткани и различные виды пластика. Также с глубокой древности в сельском хозяйстве используются органические отходы.

В меньшей степени перерабатываются отходы производства. Согласно ГОСТ 30772–2001, это остатки сырья, материалов, веществ, изделий, предметов, образовавшиеся в процессе производства продукции, выполнения работ (услуг) и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. К отходам производства также относят образующиеся в ходе реализации технологических процессов попутные вещества, не находящие применения в данном производстве.

Этим же ГОСТом определяется, что переработка отходов — это деятельность, связанная с выполнением технологических процессов по обращению с отходами для обеспечения повторного использования в народном хозяйстве полученных сырья, энергии, изделий и материалов.

Скопления минеральных веществ на поверхности Земли или в горных выработках, представляющие собой отходы горного, обогатительного, металлургического и других производств и пригодные по количеству и качеству для промышленного использования, которое становится возможным по мере развития технологии их переработки и изменения экономических условий, рассматриваются как техногенные месторождения.

Содержание некоторых полезных компонентов в техногенных отходах соизмеримо с их долей в рудах природных месторождений.

Например, по данным работы [1] в породах угленосной толщи, углях и золе углей Донбасса присутствуют черные (*Cr, Mn*), легирующие (*Ti, V, Ni, Co, Mo, W*), цветные (*Cu, Zn, Pb, Hg, Sb, Bi*), благородные (*Ag*), редкие (*Li, Be, Sr, Y, La, Yb, Nb, Cd, Sc, Ba, Ge*) металлы и неметаллы (*P, F*). Концентрация некоторых элементов относительно высокая (*Ge, Be, Li* — 2–3 кларка концентрации — отношения среднего содержания данного химического элемента к кларку литосферы или ее части, *Yb* до 8 к. к.). Его расчеты показали, что в образующейся ежегодно в Донбассе золе содержится различных элементов на сумму в несколько миллиардов долларов США.

В доменных и сталеплавильных шлаках также высокое содержание полезных компонентов. В результате проведенного нами спектрального анализа проб сталеплавильного шлака из отвала Алчевского металлургического комбината установлено, что помимо основных элементов (*Fe, Ca, Si, Mg, Al* и *Mn*) в шлаке содержится более 50 элементов для большинства из которых кларки концентраций выше единицы, в том числе и благородных металлов.

В настоящее время технологии извлечения редких и благородных металлов из техногенных отходов неэффективны. Однако учитывая элементарный состав техногенных месторождений, они являются потенциальным источником добычи этих металлов.

Главными отличительными признаками техногенных месторождений являются:

- достаточно большой объем заскладированных отходов;
- расположение вблизи промышленных предприятий;
- достаточно высокая социально-экономическая эффективность их использования.

Кроме того, комплексное освоение техногенных месторождений позволит существенно улучшить экологию окружающей среды в промышленных районах, снизить ущерб, наносимый природе, и очистить значительные площади для новой хозяйственной деятельности.

Наибольшую долю в объеме техногенных месторождений черной металлургии занимают шлаковые отвалы (доменного, сталеплавильного и ферросплавного производств) и шламонакопители.

До середины XX века металлургические шлаки и шламы рассматривались, в основном, как отходы производства и складировались в специальных отвалах. Но во второй половине столетия шлаки черной металлургии начали рассматривать как самостоятельный продукт металлургического производства. Они стали использоваться в гражданском и дорожном строительстве, для производства цемента и шлакоблоков, литых изделий, шлаковой ваты, а также в качестве удобрений.

Для всех металлургических шлаков устанавливается IV класс опасности [2] — малоопасные, приводящие к умеренному нарушению экосистемы и требующие не менее 3-х лет для ее восстановления. Это означает, что эти отходы металлургии вредны для окружающей среды, и требуют выбора правильного способа их рециклинга.

Способ рециклинга шлаков и шламов как доменного, так и сталеплавильного производства определяется их химическим составом. Основными их компонентами являются оксиды *SiO₂, CaO, Al₂O₃, MgO, FeO* и *CaS*. В шлаках сталеплавильного производства кроме перечисленных оксидов содержится металлическое железо в количестве 10–15 % в виде корольков и крупного скрапа, кото-

ГЕОЭКОЛОГИЯ

рый армирует шлак, в силу чего его переработка сильно затруднена. Содержание этих компонентов определяется составом исходного сырья, видом выплавляемого металла и технологическим режимом плавки.

Для характеристики свойств шлака наиболее важным количественным соотношением является CaO/SiO_2 , (основность (B)). По величине основности различают кислые (B меньше единицы), нейтральные (B равно единице или близко к ней) и основные (B более единицы) шлаки. Состав шлаков разной основности существенно отличается.

Примерный химический состав шлаков и шламов металлургических предприятий Донбасса представлен в таблицах 1 и 2.

Химический состав доменного шлака не позволяет осуществлять его рециклинг в металлургии, что обусловлено практическим отсутствием в нем металлического железа, близкой к нулю флюсующей способностью и высоким содержанием серы. В то же время высокое содержание в этих шлаках SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 позволяет широко использовать их в строительстве, для получения гранулированного шлака, щебня, пемзы, шлаковаты, цемента, клинкера, а также в качестве исходного материала для каменного литья. По многочисленным оценкам специалистов статистического учета, в настоящее время перера-

батывается свыше 90 % доменных шлаков текущего производства.

До начала 70-х годов прошлого столетия мартеновские шлаки использовались в небольшом количестве — в основном они рассматривались как источник щебня. Основная причина — это трудности, связанные с дроблением шлака из-за наличия в нем металлического железа. В настоящее время на многих предприятиях действуют установки по выделению металлического железа из шлака, получению обогащенного шлака с последующим рециклингом его в агломерации, а также при выплавке чугуна и стали. Особенности такого использования шлака освещены во многих работах сотрудников кафедры МЧМ ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», (например, в работе [3]) и обобщены в монографии [4].

Конверторный шлак также представляет определенный технологический интерес ввиду присутствия в нем окислов кальция, магния, железа и других ценных для металлургического передела элементов. После соответствующей подготовки (дробления) его можно использовать в агломерационном и доменном производствах. Например, на Енакиевском металлургическом заводе шлаки крупностью «-200» мм используют вместо флюса в доменной плавке, а крупностью «-40» мм в агломерации железорудного сырья [5].

Таблица 1

Химический состав шлаков

Вид шлака	Содержание компонентов, %										B
	$Fe_{общ}$	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	MnO	P_2O_5	S	
Доменный	1-1,5	1-2	—	30-45	35-48	5-6	5-10	2-6	—	<2	0,7-1,6
Мартеновский	8-16	<1	11-22	14-18	36-43	11-18	5-7	5-23	1,5-2	<0,5	2,0-3,1
Конвертерный	15-20	9-16	3-5	8-17	42-51	6-9	2-4	9-12	4-5	<0,5	2,5-6,4
Электросталеплавильный	1-2	<0,2	1-3	17-22	42-55	14-16	4-9	1-4	0,4-1,5	<0,45	1,9-3,2

Таблица 2

Химический состав шламов

Вид шлама	Содержание компонентов, %										п. п. п.
	$Fe_{общ}$	FeO	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Mn	Zn	Pb	$C_{общ}$	
Агломерационный	50,5	12,5	8,1	9,0	0,9	0,8	0,6	0,03	0,025	3,0	6,9
Доменный	45,9	10,1	7,6	10,9	1,0	1,7	1,1	0,08	0,02	10,2	15,3
Сталеплавильный	50,8	8,3	4,3	7,5	6,1	0,7	1,5	0,01	0,02	1,5	4,9

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Шлаки электросталеплавильного производства содержат меньшее количество железа, а доля основных окислов и легирующих элементов в них выше.

Шламы металлургических производств также являются ценным материалом и могут быть возвращены в металлургический передел посредством агломерации. Основной характерной особенностью шламов является их высокая дисперсность. Средний диаметр частиц шлама близок к размерам частиц железорудного концентрата и составляет около 0,05 мм. Поэтому его можно вводить в агломерационную шихту взамен дорогостоящего традиционного технологического сырья. Основным недостатком шламов является высокая влажность (до 30 %), что требует их предварительной сушки (до влажности 8–9 %).

Эффективность использования шламов при агломерации в значительной мере определяется способом их ввода в агломерационную шихту [6].

В условиях Алчевского металлургического комбината (АМК) все шламы поступают в один шламоотстойник, поэтому их состав существенно отличается от составов, приведенных в таблице 2. Оценка Металлургической ценности шламов АМК сделана в работе [7], а особенности процесса агломерации и его эффективность

при вводе в шихту большого количества шламов проанализированы в работе [8].

В конвертерном производстве помимо основной газоочистки имеется ряд аспирационных установок, обеспечивающих пылеулавливание на всех стадиях технологического процесса, вплоть до получения непрерывнолитой заготовки [9].

Пыли конвертерного производства стали отличаются высоким содержанием оксидов железа, повышенной основностью и низким содержанием кремнезема, что обуславливает целесообразность их утилизации в самом металлургическом цикле. В таблице 3 приведен химический состав пылей на разных участках ее улавливания и смеси всех пылей с учетом их фактического количества образующегося на единицу продукции.

Кроме содержания указанных в таблице 3 компонентов, в пылях присутствуют фосфор (около 0,2 %) и сера (в среднем 0,33 %).

Металлургическая ценность приведенных пылей обусловлена присутствием в их составе металлического железа, достаточно высоким содержанием общего железа, а также высокой основностью.

Ценность металлургического железорудного сырья в значительной степени снижается при наличии в нем вредных примесей, таких как цинк и свинец.

Таблица 3

Химический состав пыли, отобранной на различных участках конвертерного цеха

№	Fe	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	Zn	Pb	n. n. n.
1	42,1	0,88	8,23	49,9	2,7	21,8	3,5	0,59	1,52	0,11	0,21	0,03	9,19
2	57,1	2,3	10,8	66,4	1,74	7,92	2,29	0,26	0,14	0,051	0,087	0,01	6,43
3	66,4	28,5	34,8	15,6	6,38	8,32	0,77	1,36	0,78	0,03	0,036	0,006	1,45
4	-	-	-	5,84	3,75	60	9,5	0,7	1,9	0,027	-	-	18,1
5	30,5	2,92	6,1	32,7	7,27	20,5	6,13	2,68	4,1	0,12	0,9	0,055	11,5
6	44,7	29,7	15,9	3,72	3,16	32	6,68	0,6	0,28	0,066	0,007	0,004	7,55
7	50,5	4,47	17,8	46,1	1,35	18,5	3,6	0,23	0,32	0,029	0,036	0,008	6,24
8	-	-	-	5,17	4,34	61,5	9,9	0,81	1,78	0,029	-	-	16,3
9	50,65	10,51	20,28	35,37	3,08	18,73	3,27	0,62	0,64	0,03	0,05	0,01	5,97

Примечания: 1 — неорганизованные выбросы из КК; 2 — перелив и десульфурация чугуна; 3 — скруббер (крупная); 4 — подача сыпучих и ферросплавов к КК; 5 — агрегат ковш-печь; 6 — узел грохочения извести; 7 — электростатический фильтр (мелкая); 8 — выгрузка и хранение сыпучих и ферросплавов; 9 — смесь проб пыли со всех участков ее сбора.

Согласно данным, приведенным в таблице 3, высокое содержание цинка, наблюдается в пробах пыли 1 и 5 участков, 0,21 % и 0,9 % соответственно. Однако доля пыли этих участков в смеси невелика (3,4 % и 0,9 %) что обеспечивает содержание цинка в ней всего 0,05 %. Содержание свинца в смеси пылей также незначительно (0,01 %). Такое содержание рассмотренных вредных примесей в пылях не превышает допустимого их содержания в агломерате.

Несмотря на интенсивный поиск вопрос о рациональном способе рециклинга пылей остается открытым.

Обычно мелкие техногенные отходы в зависимости от их химического состава и физических характеристик включаются в агломерационную шихту вместо аглоруды или концентрата.

В качестве оценки и сравнения химического состава железосодержащих материалов целесообразно использовать обобщенные показатели, методика расчета которых описана в работе [10].

В таблице 4 приведены данные для сравнения состава смеси пылей со всех участков их улавливания (табл. 3), а также концентрата Стойленского ГОКа и агломерационной руды Яковлевского ГОКа.

В первом столбце таблицы 4 приведено содержание общего железа $Fe_{общ}$ в материалах по данным химического анализа. Из сравнения данных столбца видно, что в смеси пылей содержание железа на 10–15 % меньше, чем в природных материалах. Однако после учета содержания в них всех полезных компонентов (в основном CaO) содержание $Fe_{эф}$ в смеси пылей резко возрастает до 70 %.

При условии спекания агломерата основностью 1,3 и содержащего 9 % FeO фактическое содержание железа $Fe_{ф}$ для смеси пылей остается выше, чем для концентрата. Это является следствием того, что смесь имеет основность $B = 6,08$, и дополнительного расхода флюса не требуется, а для офлюсования SiO_2 природных ма-

териалов необходимо вводить в шихту значительное его количество.

С увеличением заданной основности агломерата содержание $Fe_{ф}$ естественно уменьшается. Однако это уменьшение различно и зависит от основности материала. При увеличении основности агломерата на 0,1 единицу $Fe_{ф}$ смеси пылей уменьшается на 0,2, концентрата на 0,4, а руды на 0,5 %.

Выбор способа рециклинга техногенных отходов в значительной степени зависит от их ситового состава. Уловленные пыли относятся к мелкодисперсным материалам. В таблице 5 приведены обобщенные характеристики ситового состава пылей и их смеси (d_{cp} — средний размер частицы, ν — коэффициент вариации размера частиц).

В последнем столбце таблицы 5 приведено содержание в пылях и их смеси комкуемой фракции размером <0,4 мм.

Для сравнения в таблице 6 приведены характеристики ситового состава некоторых концентратов.

Сравнение данных таблиц 5 и 6 показывает, что в составе пылей достаточное количество комкуемой фракции, необходимой для получения прочных гранул после грануляции шихты.

Таблица 4
Содержание железа в материалах

Материал	$Fe_{общ}$	$Fe_{эф}$	$Fe_{ф}$	B
Смесь пылей	50,65	70,3	60,2	6,08
Концентрат	65,8	66,8	58,8	0,04
Руда	60,5	62,5	54,6	0,02

Таблица 5
Характеристики ситового состава пылей

№	d_{cp}	ν	<0,4
1	0,347	0,716	65,7
2	0,278	0,789	76,4
3	0,191	0,894	88,8
4	0,367	0,540	60,8
5	0,185	0,611	95,3
7	0,222	0,568	90,6
8	0,244	0,808	81,7
Смесь	0,228	0,685	87,2

Таблица 6
Характеристики ситового состава
концентратов

ГОК	d_{cp}	v	$<0,4$
Коршуновский	0,150	0,854	94,9
Новокриворожский	0,090	0,613	100,0
Лисаковский	0,480	0,300	29,0

Количество пыли, улавливаемой в условиях АМК, составляет 18,5–28,4 кг/т стали (в среднем 23,3 кг/т).

При часовой производительности кислородного конвертера емкостью 300 т около 400–500 т стали образуется 9–12 т пыли, а за сутки — 220–280 т.

При суточной производительности аглофабрики 12 тыс. т агломерата и работе одного конвертера расход пыли на 1 т агломерата составит 18–23 кг, а при работе двух конвертеров — 36–46 кг.

Введение в шихту 10 кг пыли позволяет снизить расход концентрата (около 8 кг) и известняка (более 1 кг).

При введении в шихту пыли вместо руды ее экономия составит около 8,5 кг, а известняка немного больше 0,5 кг.

За счет присутствия в пылях металлического железа в обоих вариантах экономия топлива составит 0,26–0,31 кг.

Таким образом пыль можно рассматривать как эффективный заменитель концентрата и руды. Но лучше вводить пыль в шихту вместо концентрата, так как его цена выше, а количество центров окомкования остается на прежнем уровне.

Несмотря на очевидность рециклинга пыли путем включения ее в агломерационную шихту, необходимо решить ряд вопросов, связанных с ее вводом.

Основная проблема состоит в том, что пыль сухая и ее загрузка в штабель или приемные бункера аглофабрики недопустима.

Наиболее простым решением этой проблемы представляется загрузка пыли на участках ее улавливания в автобетоносмесители с водой, обеспечивая увлажнение пыли до 6–8 %. Далее увлажненная пыль

может доставляться на аглофабрику или рудный двор для включения в шихту.

Возможен также вариант увлажнения пыли шламом из шламоотстойника или из газоочистки конвертерного газа с получением пылешламовой смеси влажностью 6–8 % с последующим вводом ее в шихту. Такая технология позволит решить сразу две проблемы: с одной стороны подсушки шлама, а с другой — увлажнения пыли. В зависимости от влажности шлама в этом варианте может быть получена смесь различного состава. Однако такой вариант сопряжен с капитальными затратами.

Кроме агломерации для окускования мелких техногенных отходов применимы окомкование и брикетирование. Оба эти способа требуют наличия специального оборудования: смесителей, окомкователей или прессов, агрегатов для сушки и обжига и т. д., а также значительных капитальных затрат. Как вариант, возможно производство микроокатышей без обжига с последующим их вводом в аглошихту.

Брикетирование как способ окускования шихтовых материалов в черной металлургии широкого применения не находит. Главная причина этого — низкая производительность оборудования и неудовлетворительная прочность брикетов. Однако в последнее время получило распространение окускование железосодержащих отходов металлургического производства методом их брикетирования.

Особенно привлекательно брикетирование отходов без обжига брикетов. Суть этих способов заключается в том, что при брикетировании используют какие-либо связующие вещества (цементные, карбонатного твердения, гидротермального и кристаллогидратного упрочнений). Готовые брикеты упрочняются в результате физико-химических процессов преимущественно в естественных условиях, что требует от нескольких часов до нескольких суток.

Безобжиговое окускование железорудных материалов позволяет значительно снизить топливо-энергетические затраты на про-

изводство, уменьшить капитальные затраты, улучшить санитарно-гигиенические условия труда, значительно удешевить процесс.

По нашему мнению, для брикетирования конвертерной пыли без последующего обжига целесообразно использовать портландцемент. В результате предварительных исследований установлено, что расход цемента должен составлять 10–15 % от массы пыли при влажности смеси 8–12 %.

При малом расходе цемента и времени сушки возможно получение рассыпающихся брикетов, которые пригодны для включения в агломерационную шихту.

При увеличении времени сушки можно получать материал необходимой прочности пригодный для доменных печей и кислородных конвертеров. Состав смеси для производства брикетов может быть абсолютно любым, все зависит от конкретных требований к качеству материала. При этом в брикетируемую смесь можно добавлять в качестве наполнителя крупнокусковые материалы, такие как МОС (металлизированные отходы сталеплавильные) фракции 10–60 мм [4], отсев агломерата и окатышей, а возможно и отсев кокса.

Производство брикетов с использованием конвертерной пыли возможно на оборудовании и по технологиям изготовления бетонных изделий.

Изложенное выше показывает, что рециклинг техногенных отходов производства черных металлов имеет важное народнохозяйственное значение. Его эффективность зависит от предварительной подготовки отходов.

Конвертерная пыль может использоваться в качестве заменителя в агломерационной шихте как руды, так и концентрата. Наиболее перспективным способом подготовки конвертерной пыли к использованию является ее брикетирование без обжига с использованием портландцемента в качестве связующего.

В ходе проведения дальнейших исследований необходимо:

- исследовать свойства пыли: влагоемкость, колебания химического и гранулометрического состава, комкуемости при разной влажности и т. д.;

- установить оптимальные условия получения брикетов заданной прочности при использовании разных связующих и различном времени отвердевания.

Библиографический список

1. Горовой, А. Ф. Прогнозирование техногенных месторождений в Донбассе [Текст] / А. Ф. Горовой // Оценка состояния отходов промышленных предприятий и перспективы использования их в качестве техногенных месторождений : тезисы докл. конф. (Кривой Рог, 13–15 дек. 1994 г.). — Киев, 1994. — С. 25–26.
2. Государственный классификатор отходов Луганской Народной Республики [Электронный ресурс] : утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологической безопасности Луганской Народной Республики и Министерства здравоохранения Луганской Народной Республики от 18 мая 2015 г. № 32/339 (в редакции приказа Министерства природных ресурсов и экологической безопасности Луганской Народной Республики и Министерства здравоохранения Луганской Народной Республики от 26 июля 2018 г. № 182/468). — Режим доступа: <https://sovminlnr.ru/docs/2018/08/14/u182-468.pdf>.
3. Перспективы разработки техногенных месторождений на примере переработки шлаков сталеплавильного производства Алчевского меткомбината [Текст] / С. Н. Петрушов, И. Ф. Русанов, Р. И. Русанов и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. — 2002. — № 4. — С. 123–125.
4. Петрушов, С. Н. Агломерация шихты с обогащенным мартеновским шлаком [Текст] / С. Н. Петрушов, Р. И. Русанов, В. М. Шулика. — Алчевск : Ладос, 2003. — 104 с.
5. Использование конвертерных шлаков в доменном производстве [Текст] / И. И. Шестопалов, Г. А. Петров, Г. М. Верцман и др. // *Металлург*. — 1990. — № 12. — С. 37–38.

6. Петрушов, С. Н. Влияние способа ввода шлама в аглошихту на ход процесса агломерации и качество агломерата [Текст] / С. Н. Петрушов, И. Ф. Русанов, Т. В. Оскирко // Сборник науч. трудов ДонГТУ. — Алчевск : ДонГТУ, 2010. — № 32. — С. 158–166.

7. Металлургическая оценка шламов АМК [Текст] / С. Н. Петрушов, И. И. Ровенский, С. Д. Кузьмина, Ю. В. Изюмов // Сборник науч. трудов ДГМИ. — Алчевск : ДГМИ, 2002. — № 15. — С. 214–221.

8. Анализ работы агломерационного цеха АМК в условиях нестабильного поступления природного сырья [Текст] / И. Ф. Русанов, С. В. Куберский, И. М. Мищенко, В. Ф. Кузьменко // Сборник науч. трудов ДонГТИ. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2020. — № 21 (64). — С. 46–52.

9. Тюляев, Д. В. Анализ физико-химических свойств и технологической ценности конвертерной пыли [Текст] / Д. В. Тюляев, С. В. Куберский, М. Ю. Проценко // Сборник науч. трудов ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2019. — № 13 (56). — С. 34–39.

10. Оценка возможности производства железоблиста на основе техногенных отходов [Текст] / И. Ф. Русанов, С. В. Куберский, М. Ю. Проценко, С. Р. Завгородний // Сборник науч. трудов ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2019. — № 22 (65). — С. 37–45.

© Русанов И. Ф.

© Куберский С. В.

© Проценко М. Ю.

© Завгородний С. Р.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. МЧМ ДонГТИ Должиковым В. В.,
Зам. нач. ЦЛК Филиала № 1 «АМК» ООО «ЮГМК» Тарасовым В. Н.**

Статья поступила в редакцию 12.02.2022.

Ph.D. Rusanov I. F., Ph.D. Kubersky S. V., Ph.D. Protsenko M. Yu., Zavgorodniy S. R. (DonSTI, Alchevsk, LPR, rusanova-2011@inbox.ru)

RECYCLING OF SOLID INDUSTRIAL WASTE IN THE FERROUS METALLURGY

Assessment of recycling possibility for solid industrial waste in ferrous metallurgy is given. The applicability of dry converter dust as a substitute for natural iron-containing materials is analyzed. It is indicated that, in terms of its composition, dust can be considered as an effective substitute for sintering ore and concentrate. Methods for preparing dust for recycling in metallurgical industries are considered.

Key words: recycling, industrial waste, clarks of elements, slag, sludge, converter dust, agglomeration, lumping, briquetting.

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

**REGIONAL ECOLOGY
AND NATURE MANAGEMENT**

УДК 628.4.02

Конец Ю. В.,
д.т.н. Дрозд Г. Я.
(ИСАиЖКХ ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, Yura_87-87@mail.ru)

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В ЛНР С ПОЗИЦИИ РАЦИОНАЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

Рассмотрены вопросы по совершенствованию технологий в сфере обращения отходов в ЛНР. Поставлены задачи по зонированию территории Республики на отдельные агломерации с анализом ситуации по образованию в них отходов. Территория Республики разделена на четыре зоны — агломерации. Проведена оценка экономической специализации каждой агломерации, наличия городских и сельских поселений и количества населения. Разработана методика по оценке качества и количества образуемых отходов. Оценены объемы образования отходов в жилом и нежилом фонде территорий. Проведено исследование морфологического состава ТБО по агломерациям и в Республике в целом.

Ключевые слова: сфера обращения с ТБО, городская агломерация, морфологический состав отходов, утилизация, нормы накопления.

Необходимость изменения существующих подходов в сфере обращения с отходами в Республике продиктована все возрастающим количеством отходов и морально устаревшими технологиями их утилизации и ликвидации.

Цель работы — изучить размещение источников образования отходов, дать их характеристику и обосновать наиболее эффективную и рациональную схему обращения с отходами в ЛНР.

Задачи исследований:

1. Провести зонирование территории Республики.

2. Разработать методики определения количества и качества отходов в городах и сельских поселениях.

3. Оценить общее количество и качество отходов, накапливаемых на территории Республики.

Зонирование территории Республики в связи с проблемой твердых отходов производства и потребления. При организации сбора, переработки и утилизации отходов производства и потребления в равной мере необходимо учитывать требования экологической и экономической целесообразности. Поэтому рационально ор-

ганизованное управление отходами должно предполагать минимизацию затрат на рабочую силу, ресурсы и энергию. Это требование приводит к необходимости зонирования территории исходя из рациональных условий обращения с отходами.

Источники образования отходов обычно неравномерно распределены по регионам. Они ограничены крупными поселениями, где проживает большая часть населения. Именно здесь должны быть сконцентрированы самые важные силы и ресурсы для решения проблемы отходов.

Задача зонирования — выявление территорий с наибольшим количеством отходов для дальнейшего размещения тех или иных предприятий по обезвреживанию отходов (полигон, мусороперерабатывающий завод и т. д.).

Территория ЛНР была разделена на зоны (агломерации). Агломерация — это компактное расположение поселений, которые между собой связаны не только по территориальному признаку, но и различными экономическими, социальными и культурными связями [1].

При делении были учтены статистические данные, отражающие социально-

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

географические особенности и закономерности развития Республики, также учтены основные трассы формирования и расселения населения. Итогом стало проведенное социально-экономическое зонирование Республики, были выделены 4 агломерации: Луганская, Свердловская, Южно-Луганская и Центрально-Луганская (рис. 1).

В таблице 1 приведены характеристики агломераций согласно социально-экономическим показателям (на 01.08.2020).

Определение накопления ТБО в городах и сельских поселениях Луганской Народной Республики. В каждой агломерации выбирали населенный пункт, который являлся наиболее типичным из всех представленных, и производилось изучение содержимого 2-х контейнеров в микрорайонах и на улицах с соответствующим типом жилья. Для осуществления анализа фракционного состава ТБО использовано оборудование (сортировочный стол (для этой цели использовался стол для настольного тенниса), весы, емкости для различных фракций, рабочая одежда, перчатки, респираторы и т. д.). Для сортировки содержимое каждого мешка выгружалось на стол, после чего сортировалось и раскладывалось в отдельные пластмассовые емкости, вес которых был предварительно уточнен. Затем каждая из 14 фракций взвешивалась и высыпалась снова в мешок. Данные каждого мешка вносились в отдельную таблицу. Каждый контейнер состоял из 6–16 мешков. После того, как был отработан каждый

мешок одного контейнера, данные суммировались и заносились в таблицу данных одного контейнера. Проанализировано содержимое 144 контейнеров в летний период 2020–2021 годов. Количество контейнеров, из которых на территории Республики ежегодно извлекается мусор, колеблется между 70 тыс. и 100 тыс. Погрешность составит примерно 10 %.

Согласно нормам, которые были установлены еще исполнительным комитетом Луганского городского совета в 2013 году, для частного сектора норма потребления мусора составляет 2,227 кубических метров в год на одного человека, для многоквартирных домов — 2,044 кубических метра в год на одного человека [3].



Условные обозначения	
1.	Луганская агломерация
2.	Свердловская агломерация
3.	Южно-Луганская агломерация
4.	Центрально-Луганская агломерация

Рисунок 1 Агломерации Луганской Народной Республики

Таблица 1

Характеристика агломераций

Социально-экономические зоны (агломерации)	Территория, км ²	Численность населения, тыс. чел.		
		городское население	сельское население	Всего
Луганская	4352	417,990	21,622	439,612
Свердловская	4783	143,617	18,21	161,827
Южно-Луганская	3988	338,8	21,2	360,0
Центрально-Луганская	3198	442,5	27,211	469,711
Итого	16321	1342,907	88,243	1431,150

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Наибольший объем отходов жилой сферы образуется в Центрально-Луганской агломерации (табл. 2). Среди сельских районов Республики больший объем отходов образуется также в Центрально-Луганской агломерации и меньший (22,763 м³/год) в Свердловской агломерации, где в основном сосредоточено городское и поселковое население [2].

Объемы отходов нежилого фонда представлены в таблице 3, общее количество

отходов в населенном пункте, собираемое с населения и с малых промышленных предприятий, — в таблице 4.

Таким образом, мы получаем в процентном соотношении следующую картину: отходы в Центрально-Луганской агломерации составляют 32,9 % от всех отходов Республики, Луганской агломерации — 30,8 %; Южно-Луганской агломерации — 25,2 %; Свердловской агломерации — 11,1 % (рис. 2).

Таблица 2

Объем отходов, образующихся в жилищном фонде различных населенных пунктов в зависимости от социально-экономических зон (тыс. м³/год)

№ п/п	Социально-экономическая зона	Города и ПГТ	Сельские населённые пункты	Итого
1	Луганская агломерация	680,446	27,028	707,474
2	Свердловская агломерация	233,794	22,763	256,557
3	Южно-Луганская агломерация	551,533	26,5	578,033
4	Центрально-Луганская агломерация	720,346	34,014	756,36
	ВСЕГО	2186,119	110,305	2296,424

Таблица 3

Объем ТБО в не жилищном фонде различных населенных пунктов в зависимости от социально-экономических зон (тыс. м³/год)

№ п/п	Социально-экономическая зона	Города и ПГТ	Сельские населённые пункты	Итого
1	Луганская агломерация	203,946	5,406	209,352
2	Свердловская агломерация	70,074	4,553	74,627
3	Южно-Луганская агломерация	165,307	5,3	170,607
4	Центрально-Луганская агломерация	215,905	6,803	222,708
	ВСЕГО	655,232	22,062	677,294

Таблица 4

Общий объем ТБО в жилищном и не жилищном фонде различных населенных пунктов в зависимости от социально-экономической зональности Республики (тыс. м³/год)

№ п/п	Социально-экономическая зона	Города и ПГТ	Сельские населённые пункты	Итого
1	Луганская агломерация	884,392	32,434	916,826
2	Свердловская агломерация	303,868	27,316	331,184
3	Южно-Луганская агломерация	716,84	31,8	748,64
4	Центрально-Луганская агломерация	936,251	40,817	977,068
	ВСЕГО	2841,351	132,367	2973,718

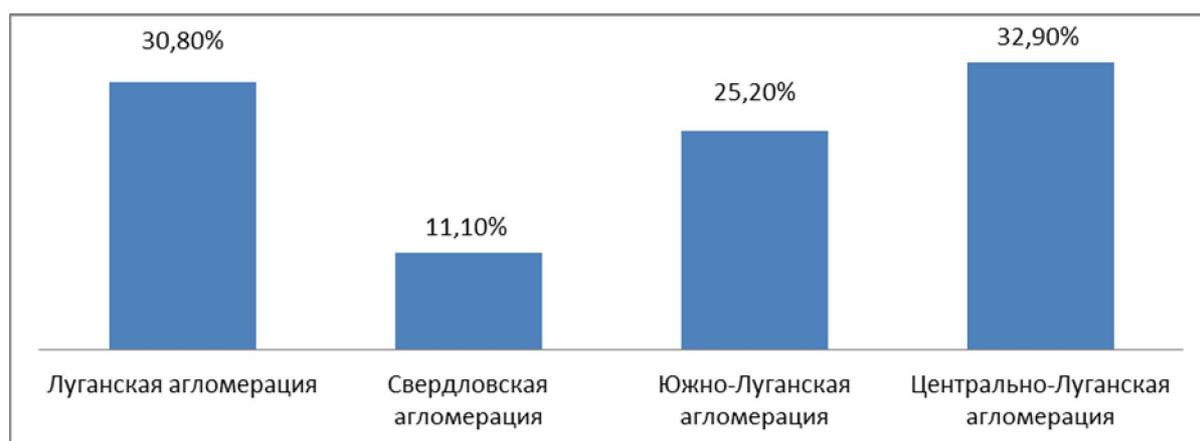


Рисунок 2 Распределение отходов производства и потребления в Республике

Выводы:

1. Деление территории ЛНР на зоны (агломерации) позволяет более точно оценить распределение источников образования отходов и выявить следующее:

– объемы ТБО в жилом фонде городов составляют примерно 91 % от всех отходов;

– объемы ТБО в нежилом фонде сельских поселений составляют около 3,2 % от всех отходов;

– распределение объемов отходов по агломерациям выглядит следующим образом: Луганская — 32,9 %, Свердловская — 30,3 %, Южно-Луганская — 25,2 %, Центрально-Луганская — 11,1 %.

2. Разбивка отходов на группы в среднем по Республике выявила следующие соотношения:

– вторсырье — около 12,5 %;

– компостируемая фракция — 47 %;

– горячая некомпостируемая фракция — 7 %;

– негорючая некомпостируемая фракция — 113 %;

– пластик, полимеры — 8 %.

3. Полученная информация является основой для разработки новой рациональной модели обращения с отходами.

Библиографический список

1. ГОСТ 25916–83. Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения [Текст]. — Введ. 1985-01-01. — М. : Изд-во стандартов, 1984. — 6 с.

2. Рекомендации по определению норм накопления твердых бытовых отходов для городов РСФСР [Текст]. — М. : АКХ, 1982. — 21 с.

3. Новые тарифы на вывоз ТБО [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gorod-lugansk.com/2019/09/26/novye-tarify-na-vyvoz-tbo-intervyu.html>.

© Копец Ю. В.

© Дрозд Г. Я.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. вентиляции, теплогазо- и водоснабжения, директором ИСАиЖКХ ЛГУ им. В. Даля Андрийчук Н. Д., к.т.н., зав. каф. городского строительства и хозяйства ДонНАСА Яковенко К. А.

Статья поступила в редакцию 27.01.2022.

Kopets Yu. V., Doctor of Technical Sciences Drozd G. Ya. (*ICEA and HCS of LSU named after V. Dahl, Lugansk, Yura_87-87@mail.ru*)

RESEARCH METHODOLOGY AND THE RESULTS OF THE EXPERT ASSESSMENT ON REGIONAL WASTE MANAGEMENT SCHEMES IN LPR FROM THE POSITION OF RATIONALITY AND EFFICIENCY

The issues of improving technologies in the field of waste management in the LPR were considered. Tasks were set for zoning the territory of the republic into separate agglomerations and analysis of the situation regarding the formation of their waste. The territory of the republic is divided into four zones — agglomerations. An assessment was made of the economic specialization of each agglomeration, the presence of urban and rural settlements and the number of population. A methodology has been developed for assessing the quality and quantity of generated waste. The volumes of waste generation in the residential and non-residential fund of the territories are estimated. A study was made of the morphological composition of MSW in agglomerations and in the Republic as a whole.

Key words: *sphere of solid waste management, urban agglomeration, morphological composition of waste, recycling, accumulation rates*

УДК 57.08; 504.06

к.фарм.н. Федорова В. С.,
к.б.н. Швыдченко С.С.,
Дубовик И. А.,
Олейник Т.С.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, fvs.valeri@gmail.com)

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД АЛЧЕВСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДОЕМОВ г. АЛЧЕВСКА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Проведена методом биотестирования на дафниях и цериодафниях интегральная оценка качества сточных вод различных цехов Алчевского металлургического комбината и поверхностных вод водоемов г. Алчевска.

Ключевые слова: Алчевский металлургический комбинат (АМК), биотестирование, интегральная оценка, острая летальная токсичность, поверхностные воды, сточные воды.

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Сточные воды металлургических заводов образуются во всех основных цехах. При сбросе загрязненных сточных вод металлургических комбинатов в водоеме резко увеличивается содержание взвешенных веществ, значительная часть которых осаждается вблизи места выпуска. Отложения осадка в водоеме могут достигать нескольких десятков сантиметров и служить источником вторичного загрязнения. Параллельно с этим отмечаются уменьшение прозрачности и появление специфической бурой окраски воды. В водоеме, куда сбрасываются стоки металлургических заводов, могут наблюдаться также повышение температуры воды, некоторое увеличение окисляемости и биологической потребности кислорода, ухудшение кислородного режима. В отдельных случаях отмечается наличие маслянистой пленки на поверхности воды и появление токсичных веществ. Поступление токсичных веществ наряду с наличием высоких концентраций мелкодисперсной взвеси может привести к гибели водных организмов и нарушению естественных процессов самоочищения.

Особо неблагоприятные условия могут создаваться при сбросе сточных вод металлургических заводов в водохранилище. На-

блюдаемые в таких зарегулированных водоемах слабое перемешивание и замедленное течение приводят к резкому ухудшению санитарно-гигиенического состояния водного объекта. Поступление в поверхностные водоемы, особенно маломощные, больших количеств загрязненных сточных вод металлургических заводов может заметно ухудшить санитарный режим на значительном протяжении, затрагивая интересы многих водопользователей.

Этим определяется важность проведения технологических мероприятий с целью исключения отрицательного влияния сброса сточных вод металлургических заводов на санитарные условия водопользования и здоровье населения.

Постановка задачи. На основании изложенного выше в данной работе поставлена задача провести отбор проб из водоемов, в которые сбрасываются сточные воды; биотестирование проб воды для определения острой летальной токсичности; проведение интегральной оценки качества сточных вод; экологическая оценка поверхностных вод водоемов г. Алчевска методами биотестирования.

Методы исследований. Отбор проб производился согласно ГОСТ 17.1.5.05–85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных

и морских вод, льда и атмосферных осадков» [1]. Биотестирование проб воды выполнено согласно ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.3–99 «Токсикологические методы контроля: Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний», а также ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.4–99 «Токсикологические методы контроля: Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости цериодафний» [2, 3]. В качестве контроля использовали тест-организмы, выращенные на искусственно приготовленной («реконструированной») воде согласно ISO 6341:2012 [4], либо на воде, в которой содержалась исходная для опыта культура. Суммарное (комплексное, или интегральное) острое токсическое действие исследуемой воды на дафний определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50 % и более дафний за 96 часов в исследуемой воде при условии, что в контрольном эксперименте гибель не превышает 10 %.

Статический анализ данных проводили методом вариационной статистики [5].

Изложение материала и его результаты. Пробы воды отбирались с периодичностью один раз в квартал: март, май, сентябрь и декабрь. Острую летальную токсичность сточных вод определяли для девяти выпусков. Для контроля загрязнения окружающей среды биотестированию подвергали пробы воды, отобранные из водоемов, в которые сбрасываются сточные воды АМК: цеха переработки шлака (гранустановка); шламонакопителя листоотделочных прокатных станков; объединенного золо- и шламонакопителя; шламоотвала; оборотного цикла кислородного цеха; очистных сооружений локомотивного депо ЖДЦ-2; очистных сооружений коллектора «Дунай»; ливневого коллектора центральной части АМК; оборотного цикла прокатных станков; р. Лозовая (ниже на 500 м объединенного стока); р. Лозовая (ниже на 500 м объединенного стока КЦ и шламо-

накопителя цеха листоотделочных прокатных станков; перелив с Нижнего Орловского водохранилища в р. Белая.

В качестве фонового контроля использовали пробы воды, отобранные выше места сброса сточных вод АМК в водоемы: р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока); р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока КЦ и шламонакопителя цеха листоотделочных прокатных станков); балка Должик (выше на 500 м сброса АМК).

Всего ежеквартально исследовались на острую летальную токсичность пробы воды, отобранные в 15-ти точках. Исследования проводились с 2011 по 2014 гг., в том числе: в 2011 и 2012 гг. на тест-организме *Daphnia magna*; в 2013 и 2014 гг. — на тест-организме *Ceriodaphnia affinis*.

Приведенные в таблицах 1–4 данные результатов биотестирования показывают, что для большинства источников промышленных стоков наибольшая смертность тест-организмов приходится на 1-ый квартал (март). Во 2-ом квартале (май) наблюдается значительное (в 1,5–2,5 раза) снижение смертности тест-организмов для большинства источников промышленных стоков АМК. В 3-ем квартале (сентябрь) по ряду стоков наблюдается дальнейшее снижение смертности тест-организмов, в то время как другие стоки вызывают больший процент гибели тест-организмов. В 4-ом квартале (декабрь) для ряда источников промышленных стоков характерно повышение смертности тест-организмов, в некоторых случаях смертность их снижалась, а в некоторых оставалась на уровне третьего квартала [6–9].

Такая динамика реагирования тест-организмов на сточные воды, при проведенном объеме исследований, не позволяет установить какую-либо сезонную закономерность смертности дафний при биотестировании промышленных стоков АМК. В связи с этим можно отметить только повышенную смертность тест-организмов в марте и ноябре, что может

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

быть вызвано спецификой работы комбината в этот период, гидрохимией сточных вод, низкой температурой или сезонной чувствительностью самих ракообразных. В целом же большинство источников промышленных стоков не оказывают острого

токсического воздействия на тест-организмы. Исключением является цех переработки шлака (гранустановка), сточные воды которого оказывают сверхвысокотоксичное или высокотоксичное влияние на тестируемые организмы (табл. 1–8).

Таблица 1

Результаты биотестирования сточных вод за 2011 г.

Точка отбора проб	Кол-во погибших дафний за 96 ч биотестирования, % от контроля				
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	Ср. год. знач.
Цех переработки шлака	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов	Не определяли	36,7 %	Не определяли	Не определяли	41,7 %
Объединенный золо- и шламонакопитель	26,7%	16,7 %	10,0 %	23,3 %	5,5 %
Шламоотвал	16,7 %	20,0 %	20,0 %	23,3 %	20,0 %
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	20,0 %	10,0 %	23,3 %	13,3 %	16,7 %
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	20,0 %	10,0 %	3,3 %	10,0 %	10,8 %
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	6,7 %	3,3 %	10,0 %	6,7 %	6,7 %
Ливневый коллектор центральной части АМК	6,4 %	4,3 %	9,0 %	6,3%	5,7 %
Оборотный цикл прокатных станов	20,0 %	6,7 %	20,0 %	13,3 %	15 %
р. Лозовая (выше на 500 м стока)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
р. Лозовая (ниже на 500 м стока)	3,3 %	3,3 %	6,7 %	6,7 %	5 %
Перелив с Нижнего Орловского водохранилища в р. Белая	10,0 %	3,3 %	6,7 %	3,3 %	23,3 %
Балка Должник (выше на 500 м сброса АМК)	0 %	3,3 %	6,7 %	0 %	2,5 %
р. Лозовая (выше объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки)	0 %	0 %	3,3 %	0 %	0,8 %
р. Лозовая (ниже объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки)	3,3 %	0 %	0 %	0 %	0,8 %

Таблица 2

Результаты биотестирования сточных вод за 2012 г.

Точка отбора проб	Кол-во погибших дафний за 96 ч биотестирования, % от контроля				
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	Ср. год. знач.
1	2	3	4	5	6
Цех переработки шлака	Не определяли	Не определяли	100 %	100%	50%
Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов	25 %	18 %	0 %	Не определяли	14,3 %

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Объединенный золо- и шламонакопитель	0 %	0 %	0 %	Не определяли	0 %
Шламоотвал	0 %	25,0 %	95 %	Не определяли	40 %
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	28,0 %	20,0 %	29 %	15 %	23 %
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	0 %	0 %	92 %	Не определяли	30,6 %
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	0 %	0 %	90 %	0 %	22,5 %
Ливневый коллектор центральной части АМК	0 %	0 %	89 %	0 %	22,25 %
Оборотный цикл прокатных станов	3 %	10 %	6 %	Не определяли	6,3 %
р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока)	0 %	0 %	24 %	Не определяли	8 %
р. Лозовая (ниже на 500 м стока)	5,0 %	3,5 %	6 %	3 %	4,4 %
Балка Должик (выше на 500 м сброса АМК)	0 %	0 %	0 %	Не определяли	0 %
р. Лозовая (выше объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки)	15 %	18 %	Не определяли	Не определяли	16,5 %
р. Лозовая (ниже объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки)	0 %	0 %	Не определяли	Не определяли	0%

Таблица 3

Результаты биотестирования сточных вод за 2013 г.

Точка отбора проб	Кол-во погибших цериодафний за 96 ч тестирования, %				
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	Ср. год. знач.
Цех переработки шлака	100%	100%	100 %	100%	100 %
Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов	25 %	18 %	0 %	16 %	14,3 %
Объединенный золо- и шламонакопитель	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Шламоотвал	28,0 %	20,0 %	29 %	15 %	23 %
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	0 %	0 %	92 %	31 %	30,6 %
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	0 %	0 %	90 %	0%	22,5 %
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	0 %	0 %	89 %	0 %	22,25 %
Ливневый коллектор центральной части АМК	3 %	10 %	6 %	6 %	6,3 %
Оборотный цикл прокатных станов	0 %	0 %	24 %	6 %	8 %
р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока)	5,0 %	3,5 %	6 %	3 %	4,4 %
р. Лозовая (ниже на 500 м объединенного стока)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 4

Результаты биотестирования сточных вод за 2014 г.

Точка отбора проб	Кол-во погибших цериодафний за 96 ч тестирования, %				
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	Ср. год. знач.
1	2	3	4	5	6
Цех переработки шлака	100 %	100 %	Не определяли	Не определяли	50 %
Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов	27 %	Не определяли	Не определяли	Не определяли	6,75 %
Объединенный золо- и шламонакопитель	10 %	17%	10 %	13 %	12,5 %
Шламоотвал	80 %	47 %	43 %	40 %	52,5 %
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	20 %	17 %	13 %	Не определяли	12,5 %
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	40 %	43 %	37 %	33%	38,25 %
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	30 %	37 %	33 %	27 %	31,75 %
Ливневый коллектор центральной части АМК	60 %	63 %	67 %	57 %	61,75 %
Оборотный цикл прокатных станов	7 %	57 %	57 %	53 %	53 %
р. Лозовая выше на 500 м стока	7 %	13 %	7 %	10%	9,25 %
р. Лозовая ниже на 500 м стока	17 %	13 %	13 %	10 %	13,25 %

Таблица 5

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2011 г.

Точка отбора проб	Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность			
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.
1	2	3	4	5
Цех переработки шлака	Сверхвысоко токсичная	Сверхвысоко токсичная	Высокотоксичная	Высокотоксичная
Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов	Не было сброса	Не токсичная	Не было сброса	Не было сброса
Объединенный золо- и шламонакопитель	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Шламоотвал	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Ливневый коллектор центральной части АМК	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Оборотный цикл прокатных станов	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая выше на 500 м стока	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая ниже на 500 м стока	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Перелив с Нижне-Орловского водохранилища в р. Белая	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
Балка Должик (выше на 500 м сброса АМК)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая (выше стока КЦ и шламонакопитель листоотделки)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая (ниже стока КЦ и шламонакопителя листоотделки)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная

Таблица 6

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2012 г.

Точка отбора проб	Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность			
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.
Цех переработки шлака	Не токсичная	Не токсичная	Сверхвысоко токсичная	Сверхвысоко токсичная
Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Объединенный золо- и шламонакопитель	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Шламоотвал	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Ливневый коллектор центральной части АМК	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Оборотный цикл прокатных станов	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая (выше на 500 м стока)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая (ниже на 500 м стока)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Перелив с Нижне-Орловского водохранилища в р. Белая	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Балка Должик (выше на 500 м сброса АМК)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая (выше объединённого стока КЦ и шламонакопителя листоотделки)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная

Таблица 7

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2013 г.

Точка отбора проб	Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность			
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.
1	2	3	4	5
Цех переработки шлака	Сверхвысоко токсичная	Сверхвысоко токсичная	Сверхвысоко токсичная	Сверхвысоко токсичная
Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
Объединенный золо- и шламонакопитель	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Шламоотвал	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Ливневый коллектор центральной части АМК	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Оборотный цикл прокатных станов	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая (выше на 500 м стока)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая (ниже на 500 м стока)	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная

Таблица 8

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2014 г.

Точка отбора проб	Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность			
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.
Цех переработки шлака	Сверхвысоко токсичная	Сверхвысоко токсичная	-	-
Шламонакопитель листоотделки прокатных станов	Не токсичная	-	-	-
Объединенный золо- и шламонакопитель	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Шламоотвал	Токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	-
Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Очистные сооружения коллектора «Дунай»	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
Ливневый коллектор центральной части АМК	Токсичная	Токсичная	Токсичная	Токсичная
Оборотный цикл прокатных станов	Токсичная	Токсичная	Токсичная	Токсичная
р. Лозовая выше на 500 м стока	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная
р. Лозовая ниже на 500 м стока	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная	Не токсичная

Следует отметить, что смертность дафний существенным образом зависела от продолжительности биотестирования. Учитывая особенности химического состава сточных вод комбината (высокая концентрация тяжелых металлов) и способность живых организмов, в том числе дафний и цериодафний аккумулировать тяжелые металлы, следует расширять задачи биотести-

рования и помимо определения острой летальной токсичности в обязательном порядке определять хроническое воздействие сточных вод АМК на тест-организмы.

Влияние деятельности АМК на экологическое состояние водоемов г. Алчевска. Наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов в г. Алчевске проводятся на протяжении последних

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

двух-трех десятилетий несколькими организациями: городской санитарно-эпидемиологической станцией, ведомственными лабораториями АМК, лабораторией промышленной экологии научного центра мониторинга ДонГТИ. Для оценки состояния водоемов города были собраны, систематизированы и проанализированы имеющиеся у нескольких субъектов мониторинга данные о качестве воды за период с 2001 по 2011 гг. Лабораторией гидроэкологии и гидробиологии кафедры экологии и БЖД ДонГТИ в течение 2018–2020 гг. проводились исследования экологического состояния водных объектов г. Алчевска.

Минерализация воды в прудах (сухой остаток, хлориды, сульфаты) неизменно увеличивается, сильно превышая значения ПДК для этих показателей. Рост значений ХПК означает, что в воде увеличивается содержание органических загрязнений. Если содержание нитритов растет, а нитратов падает, это свидетельствует о вторичном загрязнении водоемов продуктами распада органических веществ. А снижение содержания растворенного кислорода говорит о том, что его не хватает для поддержания механизма самоочищения водоемов. В таблице 9 приведены результаты химических исследований поверхностных вод г. Алчевска за 2020 год.

Таблица 9

Химико-бактериологические показатели исследуемых вод

Показатели качества воды	Большичный пруд	Школьный пруд	Верхний Лиманский пруд	Нижний Лиманский пруд	Верхнее Орловское водохранилище	Нижнее Орловское водохранилище
Взвешенные вещества	94	27	36,5	36,5	18	37,5
Сухой остаток	4490	1269	1808	1530	2178	1957
Хлориды	810	90	288	259	366	304
Сульфаты	1807	507	452	439	777	701
Растворённый O ₂	6,6	7,59	11,05	9,57	8,41	6,60
БПК _{полный}	36,4	19,7	20,5	17,6	28,2	24,3
Азот аммонийный	6,9	<0,1	<0,1	<0,1	0,49	0,29
Нитриты	1,29	<0,03	0,163	0,054	0,175	<0,03
Нитраты	4,87	0,35	10,84	3,88	3,48	0,70
Ортофосфаты	0,283	0,073	0,268	0,101	0,289	0,107
Железо общ.	0,314	0,223	0,246	0,118	0,121	0,115
Хром	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Медь	0,012	0,015	0,018	0,015	0,024	0,022
Никель	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Марганец	0,0073	0,0065	0,0073	0,0077	0,0095	0,0098
СПАВ	0,018	0,020	0,034	0,025	0,025	0,021
Нефтепродукты	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Фенолы	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Роданиды	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Цветность	5	15	10	15	15	10
pH	6,25	7,19	6,93	7,28	6,99	6,85
Индекс ЛКП	6200	2400	24000	2400	2400	24000

Полученные данные свидетельствуют о том, что количество взвешенных веществ в исследуемых водах превышает ПДК во всех водоёмах, наибольшим образом в Больничном пруду. То же самое было отмечено и у показателя сухого остатка. Превышение ПДК по хлоридам у исследуемых вод было обнаружено в пробах из Больничного и Верхнего Орловского водохранилища. В пробах из Больничного пруда было отмечено превышение ПДК по сульфатам в 3,5 раза. В пробах из Школьного, Верхнего Орловского и Нижнего Орловского водохранилища количество сульфатов превышало ПДК незначительно. Во всех исследуемых водах наблюдалось превышение ПДК по БПК_{полному}, наибольшим образом в Больничном пруду. Превышения по нитратам не наблюдалось только у проб, отобранных из Школьного пруда и Верхне-Орловского водохранилища. Повышенные показатели ортофосфатов по сравнению с ПДК наблюдались в Больничном и Верхне-Лиманском прудах, а также в Верхне-Орловском водохранилище. Не наблюдалось превышения по железу общему во всех пробах, кроме воды из Больничного пруда. Отклонение от нормы по ЛКП наблюдалось в Больничном и Верхне-Лиманском пруду, а также в Нижне-Орловском водохранилище.

Также давали оценку качества воды по гидрохимическому индексу загрязнения воды (ИЗВ), который является комплексным показателем качества воды [5]. ИЗВ

определяется на основании значений среднегодовых концентраций шести или семи ингредиентов, обязательными из которых являются: растворённый кислород, ХПК или БПК, азот аммонийный или нитритный. Для расчёта ИЗВ мы использовали следующие показатели: растворённый O₂, сульфаты, хлориды, сухой остаток, БПК, нитриты, нитраты.

ИЗВ рассчитывали по формуле:

$$ИЗВ = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где C — концентрация i -го показателя; $ПДК$ — предельно допустимая концентрация по i -му показателю.

Выделяют следующие классы качества воды: I — очень чистая (ИЗВ < 0,3); II — чистая (0,3 < ИЗВ < 1); III — умеренно загрязненная (1 < ИЗВ < 2,5); IV — загрязненная (2,5 < ИЗВ < 4); V — грязная (4 < ИЗВ < 6); VI — очень грязная (6 < ИЗВ < 10); VII — чрезвычайно грязная (ИЗВ > 10). Были рассчитаны ИЗВ по показателям количества сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, сухого остатка, растворённого O₂ и БПК_п (табл. 10) для каждого исследуемого водоёма. Исходя из таблицы, Школьный пруд, Верхне-Лиманский пруд, Нижне-Лиманский пруд, Верхне-Орловское водохранилище и Нижне-Орловское водохранилище соответствуют III классу качества воды (умеренно загрязнённая), Больничный пруд — V классу (очень грязная).

Таблица 10

Удельные показатели качества воды водных объектов г. Алчевска

Показатель	Школьный пруд	Больничный пруд	Верхне-Лиманский пруд	Нижне-Лиманский пруд	Верхне-Орловское вдхр	Нижне-Орловское вдхр
Растворённый O ₂	0,527	0,6060	0,3619	0,4179	0,4756	0,6060
Сульфаты	1,014	3,614	0,904	0,878	1,554	1,402
Хлориды	0,257	2,314	0,8228	0,74	1,0456	0,8685
Сухой остаток	1,269	4,49	1,808	1,53	2,178	1,957
БПК _п	3,94	7,28	4,1	3,52	5,64	4,86
Нитриты	0,375	16,125	2,037	0,675	2,1875	0,375
Нитраты	0,0077	0,1082	0,2408	0,0862	0,0773	0,0155
ИЗВ	1,0557	4,9339	1,4678	1,1210	1,8797	1,4405

Биотестирование поверхностных вод водоемов г. Алчевска. Оценка сезонной динамики хронической токсичности природных вод проводилась по результатам биотестирования *D. magna* по критериям выживаемости. Данные экспериментов и результаты их обработки приведены в следующих графиках (рис. 1–3). Все исследованные пробы дали результаты достоверные на уровне 95 %, т. е. значение $P > 0,05$.

Воды, отобранные в Ящиковском пруду, оказывали наибольший токсический эффект, чем воды из Больничного и Школьного прудов, так в мае выживаемость тест-объектов в пробах воды Ящиковского пруда была на 2 % ниже, чем в пробах воды Больничного пруда, на 6 % ниже, чем в пробах воды Школьного пруда, в июне разница составила 5 % и 1 % соответственно.

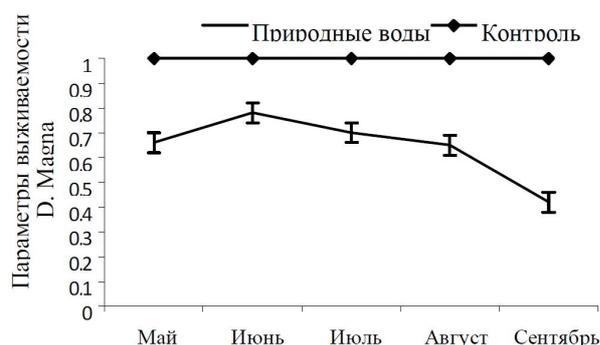


Рисунок 1 Сезонная динамика токсичности природных вод Ящиковского пруда по критерию выживаемости *D. magna*

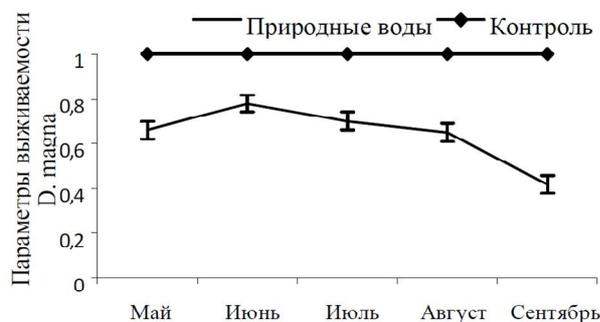


Рисунок 2 Сезонная динамика токсичности природных вод Больничного пруда по критерию выживаемости *D. magna*

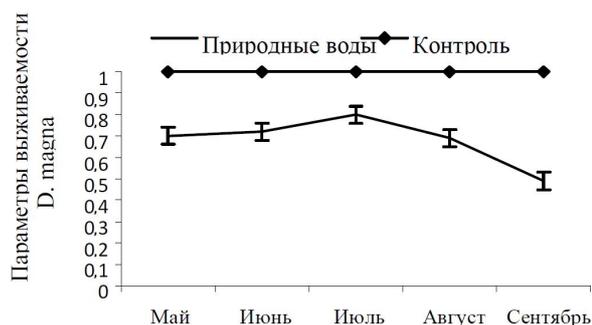


Рисунок 3 Сезонная динамика токсичности природных вод Школьного пруда по критерию выживаемости *D. magna*

В июле наибольшей токсичностью отличались воды Ящиковского пруда, выживаемость тест-объектов в данный период составила 70 %, в пробах Больничного пруда — 72 %, в пробах Школьного пруда — 80 %. В августе наибольшая степень токсичности по критерию выживаемости отмечена в Ящиковском пруду — 38 % гибели особей тест-объекта *D. magna*, в Больничном пруду — 35 %, в Школьном пруду — 31 %. Критические отметки токсичности зафиксированы в сентябре в пробах воды Ящиковского пруда, здесь выживаемость составила 42 %, в Больничном пруду — 46 %, в Школьном — 49 %.

Выводы. Промышленные сточные воды АМК большинства источников промышленных стоков не оказывают острого летального токсического воздействия на тест-объект *Daphnia magna*, за исключением цеха переработки шлака, сточные воды которого являются сверхвысокотоксичными или высокотоксичными.

Результаты химического анализа Ящиковского, Больничного, Школьного прудов и Верхнего и Нижнего Орловских водохранилищ показали значительное превышение ПДК сульфатов, хлоридов, нитратов, ортофосфатов, а также ЛКП.

Согласно полученным ИЗВ среди исследуемых водоёмов наиболее загрязнёнными водными объектами г. Алчевска являются Ящиковский и Больничный пруды, соответствующие V классу качества

воды (очень грязная), остальные водоёмы остаются примерно на одном уровне качества воды — III класс (умеренно загрязнённая).

Биотестирование поверхностных вод прудов на ракообразных *Дафния магна* показали достоверное токсическое влияние этих вод на выживаемость тест-объекта.

Библиографический список

1. ГОСТ 17.1.5.05–85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. — Введ. 1986-07-01. — 12 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.centrattek.ru/media/new/regulation/gost-17-1-5-05-85-okhrana-prirody-gidrosfera-k-i-i.pdf>.
2. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.3–99. Токсикологические методы контроля: методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний. — М., 1999. — 31 с.
3. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.4–99. Токсикологические методы контроля: методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости цериодафний. — М., 1999. — 31 с.
4. ISO 6341:2012. Water quality — Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) — Acute toxicity test, MOD. — 2012. — 232 с.
5. Плохинский, Н. А. Математические методы в биологии [Текст] : учебно-методическое пособие / Н. А. Плохинский. — М. : Изд-во МГУ, 1978. — 340 с.
6. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2011 г. (согласно договору № 101 от 12 декабря 2010 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2011. — 122 с.
7. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2012 г. (согласно договору № 3 от «16» января 2012 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2012. — 123 с.
8. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2013 г. (согласно договору № 1 от «03» января 2013 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2013. — 124 с.
9. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2014 г. (согласно договору от «03» января 2013 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2014. — 125 с.

© Федорова В. С., Швыдченко С. С., Дубовик И. А., Олейник Т. С.

Рекомендована к печати д.м.н., и. о. гл. врача ГС «Алчевская городская санитарно-эпидемиологическая станция» Капрановым С. В., к.т.н., проф. каф. прикладной гидромеханики ДонГТИ Левченко Э. П.

Статья поступила в редакцию 09.02.2022.

Ph.D. in Pharmaceutical Sciences Fyodorova V. S., Ph.D. in Biology Shvydchenko S. S.,
Dubovik I. A., Oleynik T. S. (DonSTI, Alchevsk, LPR, fvs.valeri@gmail.com)

AN INTEGRATED ASSESSMENT OF WASTEWATER QUALITY FROM ALCHEVSK IRON AND STEEL WORKS AND SURFACE WATER OF TOWN PONDS IN ALCHEVSK BY BIOTESTING METHOD

An integral assessment was performed on wastewater quality from various workshops of Alchevsk Iron and Steel Works and surface waters of town ponds in Alchevsk by biotesting method on *Daphnia* and *Ceriodaphnia*.

Key words: Alchevsk Iron and Steel Works (AISW), biotesting, integrated assessment, acute lethal toxicity, surface water, wastewater.

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

<i>Федорова В. С., Швыдченко С. С., Олейник Т. С., Барбескумпэ В. В.</i> ВЫРАЩИВАНИЕ ТОВАРНЫХ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	5
<i>Капранов С. В., Капранова Г. В., Тарабцев Д. В., Соленая Е. С.</i> ОЦЕНКА СОБЛЮДЕНИЯ УЧАЩИМИСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРОФИЛАКТИКИ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19	12
<i>Подлипенская Л. Е., Олейник Т. С.</i> НАУЧНО-ФАКТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАСУХИ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА	21

ГЕОЭКОЛОГИЯ

<i>Павлов В. И., Кусайко Н. П., Сергейчук О. В.</i> КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА МАЛЫХ РЕК ЛНР	31
<i>Русанов И. Ф., Куберский С. В., Проценко М. Ю., Завгородний С. Р.</i> РЕЦИКЛИНГ ТВЕРДЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	41

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

<i>Копец Ю. В., Дрозд Г. Я.</i> МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В ЛНР С ПОЗИЦИИ РАЦИОНАЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ	51
<i>Федорова В. С., Швыдченко С. С., Дубовик И. А., Олейник Т. С.</i> ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД АЛЧЕВСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДОЕМОВ г. АЛЧЕВСКА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ	56

CONTENT

ECOLOGY

- Fyodorova V. S., Shvydchenko S. S., Oleynik T. S., Barbeskumpe V. V.*
STURGEON FISHES COMMERCIAL GROWING IN SMALL-SIZED CIRCULATING WATER
SUPPLY PLANTS 5
- Kapranov S. V., Kapranova G. V., Tarabtsev D. V., Solyonaya E. S.*
EVALUATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS' COMPLIANCE WITH HYGIENIC
AND ANTI-EPIDEMIC REQUIREMENTS FOR COVID-19 PREVENTION 12
- Podlipenskaya L. Ye., Oleynik T. S.*
SCIENTIFIC-FACTOLOGICAL ANALYSIS OF THE FEATURES OF DROUGHT OCCURENCE
IN THE DONBASS AREA 21

GEOECOLOGY

- Pavlov V. I., Kusayko N. P., Sergeychuk O. V.*
CLIMATIC PECULIARITIES OF THE SMALL RIVERS RUNOFF FORMATION IN THE LPR ... 31
- Rusanov I. F., Kubersky S. V., Protsenko M. Yu., Zavgorodniy S. R.*
RECYCLING OF SOLID INDUSTRIAL WASTE IN THE FERROUS METALLURGY 41

REGIONAL ECOLOGY AND NATURE MANAGEMENT

- Kopets Yu. V., Drozd G. Ya.*
RESEARCH METHODOLOGY AND THE RESULTS OF THE EXPERT ASSESSMENT
ON REGIONAL WASTE MANAGEMENT SCHEMES IN LPR FROM THE POSITION
OF RATIONALITY AND EFFICIENCY 51
- Fyodorova V. S., Shvydchenko S. S., Dubovik I. A., Oleynik T. S.*
AN INTEGRATED ASSESSMENT OF WASTEWATER QUALITY FROM ALCHEVSK IRON
AND STEEL WORKS AND SURFACE WATER OF TOWN PONDS IN ALCHEVSK BY
BIOTESTING METHOD 56

Distribution and replication is forbidden without official allowance of SEI HE "DonSTI"

UDC 502:504.06

Ecological Bulletin of Donbass

Scientific Journal

Issue 4 2022

**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 № 7 dated 25.03.2022)*

Format 60×84 $\frac{1}{8}$
Conventional printed sheet 9,13
Order № 101
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
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. — Doctor of Technical Sciences,
Ass. Prof., Rector

Deputy chief editor

Smekalin E. S. — PhD in Engineering, Ass. Prof.,
Vice-Rector for Science

Editorial board:

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

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

Borshchevskiy S. V. — Doctor of Technical
Sciences, Prof.

Shutov M. M. — Doctor of Economics, Prof.

Shelikhov P. V. — Ph.D. in Biology, Ass. Prof.

Zubova L. G. — Doctor of Technical Sciences, Prof.

Zubov A. R. — Doctor of Agricultural Sciences, Prof.

Kapranov S. V. — Doctor of Medicine

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

Kusayko N. P. — Head of SMCE

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

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

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

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

Kalinikhin O. N. — PhD in Engineering, Ass. Prof.

Secretary of Editorial board

Smirnova I. V. — PhD in Chemistry

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 "DonSTP", 2022

© Chernyshova N. V., graphic, 2022