



ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ECOLOGICAL BULLETIN OF DONBASS

Экологический вестник Донбасса

№2 (15)



Экологический вестник Донбасса

Научный журнал
Выходит 4 раза в год
Основан в марте 2020 г.
Выпуск 2 (15) 2025

Ecological Bulletin of Donbass

Scientific Journal
Publication Frequency: 4 times a year
Established: March, 2020
Issue 2 (15) 2025

Алчевск
2025

УДК 504.064 + 5551.5 + 575.23 + 616.98 +
+ 631.4 + 82-94
EDN: VMUDIA

Экологический вестник Донбасса

Научный журнал

Выпуск 2 (15) 2025

Учредитель:
**Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Донбасский государственный
технический университет»
при поддержке
Министерства природных ресурсов
и экологической безопасности ЛНР**

*Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-86349 от 30.11.2023*

*Рекомендовано учёным советом
ФГБОУ ВО «ДонГТУ»
(Протокол № 1 от 29.08.2025)*

Дата выхода: 02.09.2025
Формат 60×84¹/₈
Усл. печат. л. 7,6
Заказ № 211
Тираж 100 экз.
Отпечатано в ИПЦ ДонГТУ
Журнал распространяется бесплатно

Компьютерная вёрстка
Исмаилова Л. М.

Художественное оформление обложки
Чернышова Н. В.

Адрес учредителя, редакции, издателя
и типографии:
ФГБОУ ВО «ДонГТУ»
294204, Луганская Народная Республика,
г.о. город Алчевск, г. Алчевск,
пр. Ленина, 16
E-mail: info@dontu.ru
Web-site: https://dontu.ru

Главный редактор

Смекалин Е. С. — к.т.н., доц.

Заместитель главного редактора

Проценко М. Ю. — к.т.н., доц.

Редакционная коллегия:

Крехтунов Е. В. — министр природных ресурсов
и экологии ЛНР

Ладыш И. А. — д.с.-х.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.

Павлов В. И. — к.т.н., доц.

Федорова В. С. — к.фарм.н., доц.

Гаврик С. Ю. — к.м.н., доц.

Филатова Н. А. — секретарь редакционной
коллегии

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

Язык издания:
русский, английский

16+

***Павлов В. И., Кулакова С. И., Климов Ю. С.**
Донбасский государственный технический университет
*E-mail: pavlow2005@rambler.ru

ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОДИНАКОВОЙ И ВЫСОКОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕСТ-ОРГАНИЗМОВ *DAPHNIA MAGNA STRAUS* ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

Для обеспечения высокой и одинаковой физиологической чувствительности тест-организмов *Daphnia magna Straus* перед процедурой синхронизации необходимо выделение из природной популяции тест-организмов по генетическим корреляциям между комплексом признаков фенотипической реакции; необходимо также минимизировать количество культивирований синхронизированных популяций из одного исходного генотипа.

Ключевые слова: шахтная вода, тяжелые металлы, биотестирование, дафнии, природная популяция, фенотипическая реакция, генотипы, синхронизированная популяция, физиологическая чувствительность.

Финансирование: исследования выполнены за счет средств федерального бюджета (код темы: FRRU-2024-0004 в ЕГИСУ НИОКТР).

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. С закрытием угольных шахт на территории Восточного Донбасса обозначился ряд проблем. Водность малых рек снизилась из-за прекращения работы шахтных водоотливов. В настоящее время ситуация с обмелением поверхностных водных источников усугубляется наблюдаемым засушливым периодом. Согласно климатическим математическим моделям, апробированным на территории Восточного Донбасса, период засухи может продлиться около 30 лет [1].

Атмосферные осадки вымывают в речную сеть из терриконов и складированных золовых остатков пылевые частицы, растворимые соли тяжелых металлов (ТМ) и токсических микроэлементов. Аналогичные гидрохимические процессы происходят при затоплении выработанных пространств угольных шахт [2]. Возникли риски угнетения водных экосистем поверхностных водных источников токсичными микроэлементами шахтных вод и распространения токсичности по трофической пищевой цепи вплоть до человека.

С одной стороны, для человека многие ТМ, такие как Fe, Cu, Zn, Mo, являются не-

обходимыми для нормальной работы организма, т. к. участвуют в биологических процессах. С другой стороны, накопление данных элементов в тканях организма в большом количестве может оказывать вредное воздействие, включая замедление роста, снижение репродуктивной активности и даже преждевременную смерть [3].

В течение долгого времени химический анализ был единственным методом оценки загрязнения окружающей среды. Однако он лишь констатирует наличие или отсутствие определенных химических элементов в пробе воды [4]. С помощью метода биотестирования [5, 6] с применением тест-организмов *Daphnia magna Straus* оценивается комбинированное воздействие всех токсических загрязнений в воде.

Действующий стандарт имеет следующие недостатки. Отсутствуют методики оценки биоаккумуляции (накопления) токсических веществ в тест-организме. Выявление этого признака очень важно для трофической цепи гидроэкосистемы, так как в итоге может пострадать человек, являющийся конечным звеном в этой цепи. Также отсутствуют методы оценки возможного проявления мутагенности вслед-

ствии биоаккумуляции токсических веществ, которые могут проявляться в изменении функциональных реакций: изменение наследственности; ослабление репродуктивной функции, ускорение старения. Необходимо также установить возможность биоиндикации тест-объектом находящегося в анализируемой пробе конкретного токсического микроэлемента.

Постановка задачи. Совершенствование системы мониторинга качества воды в природных источниках с использованием биотестирования занимают за рубежом и в отечественных научно-исследовательских институтах. Основополагающей проблемой биотестирования является обеспечение достаточно высокой, и главное, одинаковой физиологической чувствительности тест-организмов *Daphnia magna Straus* к токсичным водным загрязнениям.

Целью настоящей работы является обоснование методических рекомендаций по подготовке популяции тест-организмов одного генотипа с высокой физиологической чувствительностью к загрязнению поверхностных водных источников тяжелыми металлами.

Объект исследования — водный организм *Daphnia magna Straus* для биотестирования степени нарушения среды его обитания.

Предмет исследования — физиологические реакции водных организмов *Daphnia magna Straus* на изменение условий среды их обитания.

Задачи исследования:

- анализ публикаций по реакции тест-организмов *Daphnia magna Straus* на тяжелые металлы;
- анализ тест-функций при биотестировании среды обитания;
- оценка фенотипных реакций тест-популяции;
- анализ различий тест-функций по генотипам тест-организмов *Daphnia magna Straus*;
- обоснование рекомендаций по обеспечению высокой и одинаковой чувствительности тест-популяции.

Методика исследования. В качестве базового организма для биотестирования рекомендуется использовать биологический вид *Daphnia magna Straus* (далее *Daphnia magna*), который по характеру питания относится к фильтраторам, является типичным для исследуемой территории малых рек Донбасса. У рачков хорошо развиты кровеносная и нервная системы (позволяет экстраполировать результаты токсикологических исследований на других многоклеточных представителей экосистем и даже на человека) [7]. Для обоснования методических рекомендаций по подготовке популяции тест-организмов использован метод обобщения исследований по оценке физиологической реакции тест-организмов *Daphnia magna Straus* на ухудшение условий обитания.

Изложение материала. В природной среде дафнии размножаются циклически согласно сезонам года. В благоприятных условиях (например, весной при достаточном уровне кислорода и количестве пищи) размножение происходит путем партеногенеза: личинки развиваются из специальных яиц без оплодотворения. Когда условия среды ухудшаются, у самок дафнии зарождаются цистовые яйца путем оплодотворения самцами. Цистовые яйца обладают высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям, таким как заморозки и засуха, что повышает выживаемость вида в неблагоприятных условиях [8].

В лабораторных условиях удается обеспечить одинаковую физиологическую чувствительность тестовой популяции благодаря партеногенетическому размножению и поддержанию синхронизированной культуры (особей, находящихся на одной стадии развития). Из работы [9] вытекает дополнительное требование к выращиванию тестовой синхронизированной популяции — необходимо ограничивать количество культивирований, так как оно может изменять чувствительность к токсикантам.

Необходимо подчеркнуть, что современные стандарты (ГОСТ Р 56236-2014,

РД 52.24.868-2017) устанавливают два принципиально разных, но взаимодополняющих подхода к определению токсического воздействия: метод А (летальность), где ключевым параметром служит количество выживших особей; и метод Б (иммобилизация), основанный на оценке двигательной активности тест-организмов. Летальность тест-организма является одной из самых распространенных тест-функций в биотестировании. Хотя данная тест-функция является простой в исследовании, однако и самой «грубой», так как показывает лишь крайнюю степень проявления токсического эффекта.

Плодовитость — вторая тест-функция, рекомендованная для оценки токсичности [7] в соответствии с методикой (ФР.1.39.2007.03222), допущенной для целей государственного контроля и мониторинга. Способность тест-популяции к размножению представляет особый интерес для диагностики, поскольку позволяет устанавливать наличие биоаккумуляции хронического токсического действия при биотестировании водных сред.

Большинство современных исследований с применением *Daphnia magna* направлены на изучение чувствительности тест-организма к составу воды, в частности к ТМ. Авторы исследования [10] приходят к выводу, что наибольшей токсичностью для *Daphnia magna* обладают ионы Cu . Уже при концентрации $0,03 \text{ мг/дм}^3$ они снижают репродуктивную и фильтрационную активность, вызывают гибель рачков. Интересен тот факт, что предельно допустимая концентрация Cu для водных объектов (ПДКв) составляет $0,1 \text{ мг/дм}^3$ (СанПиН 2.1.4.1074-01), т. е. в речных водоемах допускается такое содержание ионов Cu , которое подавляет жизненные функции зоопланктона. В этой же работе говорится, что ионы Zn в концентрациях ниже ПДКв ($0,1 \text{ мг/дм}^3$) угнетают репродуктивную функцию, но не вызывают гибель и не оказывают значительного воздействия на фильтрационную активность. Наименьшей

токсичностью обладают ионы Co . Их присутствие в воде мало влияет на жизнедеятельность рачка.

В работе К. Э. Бизингера и Г. М. Кристенсена [11] показано, что ионы металлов при концентрациях $\text{Cd } 0,00017 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Hg } 0,0034 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Co } 0,01 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Cu } 0,022 \text{ мг/дм}^3$, Pb и $\text{Ni } 0,03 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Zn } 0,07 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Cr } 0,33 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Mn } 4,1 \text{ мг/дм}^3$ не снижают выживаемость, но понижают репродуктивную функцию на 16 %, а также отрицательно влияют на вес дафний.

Изучая влияние ионов Co на организм в течение длительного времени (полный жизненный цикл) [12], было выявлено, что ионы Co при концентрациях около $0,1 \text{ мг/дм}^3$ влияют на выживаемость и линейный рост дафний, около $0,3 \text{ мг/дм}^3$ — на эмбриогенез и его синхронность с овогенезом, около $0,16 \text{ мг/дм}^3$ — на наполнение кишечника и накопление жира, около $0,01 \text{ мг/дм}^3$ — на количество выметанной молоди.

В проведенном исследовании Е. П. Жилицкой с соавторами [13] изучалось влияние тяжелых металлов на иммобилизацию организма. При концентрации ионов $\text{Cd } 0,05 \text{ мг/дм}^3$ наблюдается угнетение двигательной активности. Для катионов Pb и Ni подобный эффект наблюдался при концентрациях $0,7 \text{ мг/дм}^3$ и $1,0 \text{ мг/дм}^3$ соответственно.

Некоторые элементы способны к функциональной кумуляции, т. е. к накоплению вредного вещества в организме, при котором эффект воздействия усиливается при повторных поступлениях, даже если само вещество не накапливается в тканях в значительных количествах. Например, в работе Л. П. Рыжкова с соавторами [14] экспериментально показано, что Cr способен к функциональной кумуляции, поэтому в поколениях дафний регистрировали снижение устойчивости к повреждающему воздействию Cr . Отклонения в уровне основных биологических процессов (рост, размножение) у потомства не только сохранялись, но и выявлялись по сравнению с исходными особями в менее концентрированных растворах.

В ряде исследований показано, что тяжелые металлы могут взаимодействовать друг с другом, вызывая синергетические и антагонистические эффекты при попадании в водные организмы. Так, например, при совместном влиянии пар Ni-Hg и Ni-Cu токсичное воздействие пары выше, чем каждого металла в отдельности, и, наоборот, в парах Ni-Cd, Ni-Zn совместное воздействие ниже, чем каждого металла в отдельности. Если Cd попадает в среду, где уже есть смесь Zn и Cu, то общее токсическое воздействие резко усиливается [15]. Стоит подчеркнуть, что на синергетический и антагонистический эффекты влияют и концентрации элементов в водной среде. В частности, добавление Cu к низким концентрациям Pb и Cd усиливает токсический эффект (синергизм), при высоких концентрациях этих же веществ наблюдается такое взаимодействие веществ, при котором их совместное токсическое действие оказывается слабее, чем сумма эффектов каждого вещества в отдельности (антагонизм) [16].

Токсическое действие соединений ТМ зависит и от условий водной среды (содержания органических веществ, рН и температуры). Например, в щелочной и жесткой воде Zn и Ni образуют малорастворимые карбонаты и гидроксиды, что снижает их доступность, а в кислой воде металлы переходят в свободные ионы, повышая токсичность. Содержание органических веществ уменьшает токсичность соединений металлов, так как гуминовые кислоты связывают катионы Cu, Cd и Pb [17]. Повышение температуры усиливает эффект токсических веществ, например, с ее повышением усиливается токсичность Cd на 3–4 порядка и выше, Cu и Zn — на два порядка, а Hg и Mn — мало изменяется [7].

Стоит отметить, что в процессе исследований разными учёными, могут быть получены различные результаты при анализе одних и тех же веществ. Это можно объяснить тем, что в каждой лаборатории используется вода, которая имеет свои особенности, характерные для конкретного региона. Кроме того, условия проведения эксперимента могут отличаться: например, продолжительность эксперимента и количество организмов в тестируемой среде могут быть разными. Также исследователи могут применять различные модельные вещества для оценки воздействия потенциально токсических элементов.

Научно-исследовательским институтом биологии при Иркутском государственном университете, а также Лимнологическим институтом СО РАН (г. Иркутск) исследованы корреляционные связи между количественными оценками морфологических и физиологических реакций природной популяции *Daphnia magna* на ухудшение качества среды обитания (снижение количества пищи) [18, 19]. Установлено три генотипа в одной исходной природной популяции (табл. 1). Генотипы R1 и R2 имеют противоположные тенденции в изменении морфологических и физиологических реакций. Стабильный генотип St не имел корреляционных связей между оценками аналогичных реакций. В таблице приняты следующие обозначения: P — плодовитость; C — время созревания; B — выживаемость; st — отсутствие изменения реакции; + — увеличение реакции; +, + — значительное увеличение реакции; – — уменьшение реакции; –, – — значительное уменьшение реакции элементов.

Таблица 1

Рекомендации по оценке морфофизиологической чувствительности тест-организма *Daphnia magna*

Генотипы	Морфологические признаки		Физиологические признаки		
	длина тела	длина иглы	P	C	B
R ₁	–	–, –	+	+, +	–
R ₂	+	+	–	–, –	+, +
S _t	st	st	st	st	st

Из таблицы следует, что для повышения чувствительности синхронизированной тест-популяции необходимо предварительное аналогичное исследование генотипов природной популяции и выделение одного генотипа с наибольшей морфофизиологической чувствительностью.

Выводы и направление дальнейших исследований. Для обеспечения высокой и одинаковой физиологической чувствительности тест-организмов *Daphnia magna* Straus при биотестировании воды на малых реках Восточного Донбасса необходимо учесть следующие научные результаты.

1. Рачки *Daphnia magna* Straus чувствительны к большинству загрязняющих веществ и имеют способность накапливать значительные количества токсических микроэлементов.

2. Необходимо разделение природной популяции на отдельные генотипы по наличию противоположных корреляционных связей между количественными оценками морфологических и физиологических

реакций природной популяции *Daphnia magna* на ухудшение качества условий среды обитания.

3. Генотип с наибольшей морфофизиологической чувствительностью принимается за основу для создания синхронизированной тест-популяции.

4. Для исключения снижения морфофизиологической чувствительности необходимо минимизировать количество культивирований синхронизированных популяций из одного исходного генотипа.

5. Для мониторинга последствий загрязнения природных водных источников для гидрэкосистем методом биотестирования необходима оценка возможных биологических эффектов у тестируемых популяций: биоаккумуляции токсических микроэлементов и проявлений мутагенности в последующих поколениях тест-объектов, проявления функциональной кумуляции, проявления синергетических и антагонистических эффектов от комбинированного воздействия микроэлементов в шахтной воде.

Список источников

1. Павлов В. И., Кусайко Н. П., Сергейчук О. В. Климатические особенности формирования стока малых рек ЛНР // *Экологический вестник Донбасса*. 2022. № 4. С. 31–40. EDN: RJIYKQ
2. Влияние угледобычи в Донбассе на подземные и поверхностные воды / Г. Ю. Склярченко [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 2017. № 3-1 (195-1). С. 100–107. EDN: ZOKXNZ
3. Махниченко А. С., Пащенко А. Е. Влияние тяжелых металлов на организм человека // *Science Time*. 2016. № 2 (26). С. 395–401. EDN: VQFMLJ
4. Александрова В. В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод : монография. Нижневартовск : Нижневартовский государственный университет, 2013. 119 с. EDN: ENAWHL
5. ГОСТ Р 56236-2014. Вода. Определение токсичности по выживаемости пресноводных ракообразных *Daphnia magna* Straus. М. : Стандартинформ, 2014. 44 с.
6. РД 52.24.868-2017. Методы биотестирования воды и донных отложений водных объектов / Росгидромет. Ростов н/Д : ФГБУ «ГХИ», 2017. 64 с.
7. Олькова А. С. Разработка стратегии биотестирования водных сред с учетом многофакторности ответных реакций тест-организмов : дис. ... д-ра биол. наук. Киров, 2020. 359 с. : ил. EDN: IRBGXV
8. Ebert D. *Daphnia as a versatile model system in ecology and evolution* // *EvoDevo*. 2022. Vol. 13. Iss. 1. Article number: 16. 13 p. DOI: 10.1186/s13227-022-00199-0. EDN: EGYEPI
9. Воробьева О. В., Самойлова Т. А., Гершикович Д. М. Пути исследования морфо-физиологических параметров лабораторных культур ветвистоусых ракообразных, применяемых для биотестирования // *Актуальные проблемы изучения ракообразных : сборник тезисов и материалов*

докладов науч.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня рождения Н. Н. Смирнова, Борок, 17–20 мая 2018 года. Борок : ООО «Филигрань», 2018. С. 57–59. EDN: XWJVZR

10. Шилова Н. А., Рогачева С. М., Губина Т. И. Влияние биогенных металлов на жизнедеятельность *Daphnia magna* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1-8. С. 1951–1953. EDN: NDYGXF

11. Biesinger K. E., Christensen G. M. Effects of various metals on survival, growth, reproduction, and metabolism of *Daphnia magna* // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 1972. Vol. 2. No. 12. P. 1691–1700. DOI: 10.1139/j72-269

12. Лузгин В. К. Морфо-физиологические изменения дафний при кратковременном воздействии солей тяжелых металлов, их обратимость и влияние на продуктивность популяции : дис. ... канд. биол. наук. Ленинград, 1984. 203 с. : ил.

13. Характеристика токсикологических эффектов тяжелых металлов на физиологические показатели Большой Дафнии (*Daphnia Magna*) / Е. П. Живицкая [и др.] // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. 2024. № 2. С. 21–29. EDN: YRMGQL

14. Рыжков Л. П., Артемьева Н. В., Канская М. А. Токсичность хрома трехвалентного для *Daphnia magna* Straus // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2011. № 6 (119). С. 28–31. EDN: OGBUAN

15. Гуркина Л. В., Наумова И. К. Синергизм и антагонизм токсичных металлов в организме животных // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России : сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Ивановской ГСХА им. Д. К. Беляева, Иваново, 29–30 окт. 2015 года. Иваново : Ивановская ГСХА, 2015. Т. 3. С. 18–21. EDN: VRFOYN

16. Галах А. К., Яковлева А. П. Оценка экотоксикологических эффектов тяжелых металлов с использованием *Letmatipog* и *Daphnia magna* в качестве биоиндикаторов // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации : материалы XI междунар. конф. аспирантов и молодых ученых, Витебск, 6 декабря 2024 года. Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2024. С. 21–23. EDN: NQOTLX

17. Моисеенко Т. И. Биодоступность и экотоксичность металлов в водных системах: критические уровни загрязнения // Геохимия. 2019. Т. 64. № 7. С. 675–688. DOI: 10.31857/S0016-7525647675-688. EDN: GBYYBL

18. Генотипическая структура природной популяции дафнии по фенотипической реакции особей на изменение количества корма / Е. Л. Ермаков, С. И. Питулько, В. М. Корзун, Г. В. Гречаный // Генетика. 2010. Т. 46. № 2. С. 239–248. EDN: LOIXWL

19. Ермаков Е. Л., Питулько С. И. Анализ генетических корреляций по фенотипической реакции особей по комплексу количественных признаков на изменение количества корма в природной популяции дафнии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-3. С. 1110–1114. EDN: RXEAFZ

© Павлов В. И., Кулакова С. И., Климов Ю. С., 2025

**Рекомендована к печати к.б.н., доц. каф. ЭиБЖД ДонГТУ Швыдченко С. С.,
начальником службы экологической безопасности и производственной санитарии
управления охраны труда и промышленной безопасности ООО «ЮГМК» Красноносом Н. Н.**

Статья поступила в редакцию 01.07.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Павлов Валерий Иванович, канд. техн. наук, доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: pavlow2005@rambler.ru

Кулакова Светлана Ивановна, канд. техн. наук, доцент каф. высшей математики и естественных наук
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Климов Юрий Сергеевич, магистрант I курса каф. экологии и безопасности жизнедеятельности
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

***Pavlov V. I., Kulakova S. I., Klimov Yu. S.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: pavlow2005@rambler.ru)

TASKS TO ENSURE UNIFORM AND HIGH PHYSIOLOGICAL SENSITIVITY OF THE TEST-ORGANISMS DAPHNIA MAGNA STRAUS FOR BIOASSAYING WATER IN SMALL RIVERS OF EASTERN DONBASS

To ensure high and uniform physiological sensitivity of the test-organisms *Daphnia magna* Straus prior to the synchronization procedure, it is essential to isolate test-organisms from the natural population based on genetic correlations between the complex traits of the phenotypic response; it is also important to minimize the number of cultivations of synchronized populations derived from a single original genotype.

Key words: mine water, high-density metals, biotesting, daphnids, natural population, phenotypical reaction, genotypes, synchronized population, physiological sensitivity.

Funding: the studies were carried out with funding from the federal budget (theme code: FRRU-2024-0004 in the Unified state information system for accounting the research, experimental and technical works).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pavlov Valery Ivanovich, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Ecology and Life Safety
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: pavlow2005@rambler.ru

Kulakova Svetlana Ivanovna, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Higher Mathematics and Natural Sciences
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Klimov Yury Sergeevich, First-year Candidate for a Master's Degree of the Department of Ecology and Life Safety
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

^{1,*}Левченко Э. П., ²Павленко А. Т., ¹Левченко О. А., ¹Кучеренко Л. Э.

¹Донбасский государственный технический университет,

²Луганский государственный университет им. В. Даля

*E-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

ПРОГНОЗ ОСНОВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Исследуется влияние глобального изменения климата на динамику атмосферного давления планеты Земля. На основе данных искусственного интеллекта рассматриваются процессы, происходящие в атмосфере вследствие повышения средней температуры поверхности, такие как изменение парциального давления газов, перераспределение воздушных масс.

Ключевые слова: изменение климата, атмосферное давление, атмосфера, земной шар, температура, анализ, искусственный интеллект.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Изменение климата — одна из важнейших современных экологических проблем, оказывающих огромное влияние на состояние биосферы и жизнедеятельность человека [1]. Рост средних температур на планете влечёт за собой серьёзные последствия для всех элементов окружающей среды, в частности для атмосферы [2].

В настоящее время установлено, что уровень углекислого газа в атмосфере достиг рекордных значений, превышая 420 ppm, что способствует общему потеплению на планете. По состоянию на май 2025 года многие регионы сталкиваются с последствиями глобального потепления, такими как засуха, сильнейшие ураганы и беспрецедентные уровни нагрева океанов [3].

Согласно новейшим научным исследованиям, атмосфера Земли претерпевает значительные изменения [4], непосредственно затрагивающие динамику давления. Вопрос состоит в том, насколько быстро эти изменения произойдут и какими последствиями они обернутся для экосистем и человеческого общества.

Изменение давления связано с изменением плотности воздуха, увеличением интенсивности испарения воды и формирования циклонов и антициклонов. Настоящая работа направлена на изучение меха-

низмов взаимодействия глобального потепления и атмосферного давления, с представлением научных обоснований и возможных сценариев будущего.

Кроме того, снижение давления на больших высотах затрудняет дыхание и снижает доступ кислорода к тканям организма, ухудшая качество жизни жителей высокогорных районов.

Наблюдения за последние пять лет показывают резкое снижение давления в ряде регионов. Исследователи связывают это с образованием аномальных горячих точек, вызванных высокой концентрацией CO₂. Статистические данные подтверждают, что средние величины давления уменьшались на 0,5 кПа каждые десять лет, начиная с 2015 года [5].

До 2030 года ожидается дальнейшее уменьшение атмосферного давления на 0,3–0,5 кПа, а в период 2030–2050 годов прогнозируется сильное расслоение давления с появлением областей резко пониженного давления в Северном полушарии и устойчивого повышенного давления в Южном [5].

Постановка задачи. Перераспределение зон атмосферного давления способствует образованию мощных циклонов и антициклонов, приводящих к учащению опасных погодных явлений, таких как шторма, наводнения и сильные дожди. Та-

кие события негативно влияют на физическое самочувствие населения, повышают риск заболеваний сердечно-сосудистой системы, дыхательных путей и аллергических реакций.

В связи с этим, **целью** данной работы является систематизация известных фактов и выявление механизмов, лежащих в основе наблюдаемых изменений влияния глобального потепления на атмосферное давление, аналитический анализ современных данных и прогнозирование развития событий на ближайшее будущее.

Объектом исследования является процесс глобального потепления климата и его роль в изменении атмосферного давления.

Предмет исследования — особенности изменения величины атмосферного давления в период глобального потепления климата.

Задача исследования — анализ известных фактов и выявление механизмов, лежащих в основе наблюдаемых изменений, акцентирование внимания на роли изменений атмосферного давления в формировании климатических аномалий и оценке последствий этих изменений для окружающей среды и человеческого общества.

Методика исследования. Аналитический анализ современных данных об изменении климата и его влияние на изменение атмосферного давления на планете.

Изложение материала. Изменение атмосферного давления зависит от множества факторов, среди которых температура играет одну из ведущих ролей. Для анализа процесса рассмотрим ряд основных уравнений термодинамики и газокинетики, используемых в метеорологии и физике атмосферы [6].

Закон идеальных газов

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \cdot P \cdot V, \quad (1)$$

где P — атмосферное давление; R — универсальная газовая постоянная; V — объем газа; n — количество молей газа; T — абсолютная температура газа.

Атмосферное давление

$$P(h) = P_0 \cdot e^{-M \cdot g \cdot h / R \cdot T} \cdot P(h), \quad (2)$$

где h — высота над уровнем моря; P_0 — давление над уровнем моря; M — молекулярная масса воздуха (29 г/моль для сухого воздуха); g — ускорение свободного падения; R — универсальная газовая постоянная.

Плотность воздуха характеризуется уравнением Менделеева — Клайперона

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}. \quad (3)$$

Приведенные формулы отражают изменение плотности воздуха на больших высотах и его влияние на общую картину атмосферного давления.

Парниковый эффект, усугубляемый углекислым газом и метаном, способствует удержанию тепла в атмосфере [2]. Это усиливает конвективные потоки и формирует области высокого и низкого давления.

Механистический подход [7] к определению высоты облачного покрова пока не даёт адекватных результатов, а замеченный эффект постепенного опускания облачного покрова [8] ниже его обычных высот может говорить о том, что удельный вес водяных паров в атмосфере повышается, что делает их тяжелее, заставляя опускаться ближе к земной поверхности.

С повышением температуры формируются зоны пониженного давления вблизи полюсов и повышенного давления ближе к экватору. Это порождает мощную циркуляцию, способствующую развитию циклонов и антициклонов.

На основе климатических моделей Global Circulation Models (GCMs) возможно развитие изменения атмосферного давления в ближайшее десятилетие. Так выглядит основной прогноз [5].

При последующем развитии возможны нарушения традиционной схемы пассатов и муссонов, ведущие к непредсказуемым изменениям погодных условий.

Некоторые данные о зарегистрированных случаях аномального изменения дав-

ления приведены в таблице 1 [5], а оценка ожидаемых последствий изменения давления в таблице 2 [5], что говорит о серьёзных вариантах развития событий, усугубляемых глобальным потеплением климата.

Полученные результаты показывают чёткую связь между глобальным потеплением и изменением атмосферного давления.

Визуальное представление об аномалиях атмосферного давления по различным территориальным зонам земного шара показывает рисунок 1 [5].

Аномалии атмосферного давления представляют собой существенные отклонения текущих значений давлений от их средних установившихся многолетних значений. Они могут быть классифицированы по следующим признакам: по величине отклонения (слабая, умеренная, сильная); по продолжительности (краткосрочная, долговременная); по типу давления (низкое, высокое); по причине происхождения (естественное, антропогенное).

Основными причинами возникновения аномалий давления, как правило, являются: изменение средней температуры атмосферы; усиление горизонтального перемещения воздушных масс; образование термических зон (тёплые и холодные ядра); возмущения струйных течений и прочие крупномасштабные атмосферные волны.

В целом годовой ход атмосферного давления за различные климатические периоды характерен показанному на рисунке 2 [9], откуда видно постепенное снижение среднего атмосферного давления во времени.

Таблица 1

Статистика случаев аномалий атмосферного давления (2010–2025 гг.)

Период	Кол-во случаев	Тип аномалии	Проявления
2010–2015	12	Низкое давление	Штормовые циклоны
2016–2020	18	Высокое давление	Жаркая погода
2021–2025	24	Смешанная	Синоптические экстремумы

Таблица 2

Оценка последствий изменения давления

Регион	Последствия
Арктика	Усиление зимних бурь
Северная Америка	Увеличение количества торнадо
Европа	Учащение летних засух
Австралия	Усиление жары и распространение лесных пожаров

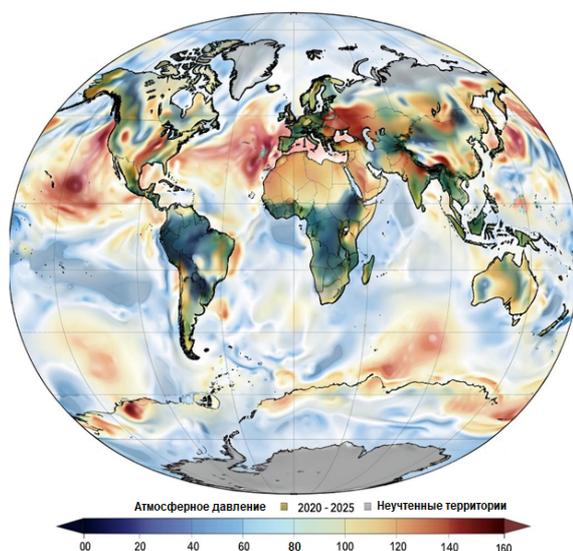


Рисунок 1 — Пространственное распределение аномалий атмосферного давления

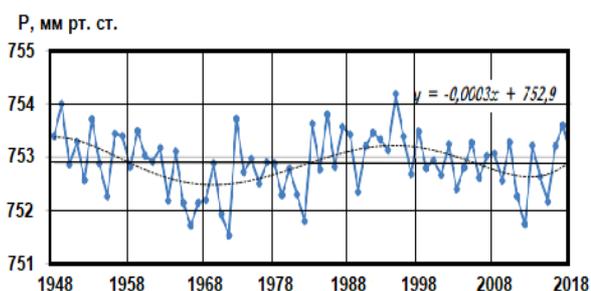


Рисунок 2 — Динамика изменения атмосферного давления по временной шкале

Прогнозирование изменений атмосферного давления на основе использования принципов искусственных нейронных сетей [5] и алгоритмов машинного обучения на период ближайшего десятилетия показывает, что ожидается его дальнейшее по-

степенное снижение, которое может привести к усилению природных аномалий и увеличению частоты экстремальных погодных явлений. К 2030 году ожидается значительное перераспределение зон повышенного и пониженного давления, сопровождающееся формированием более выраженных сезонных вариаций и созданием предпосылок для возникновения частых климатических аномалий.

Косвенным образом атмосферное давление может оказывать незначительное влияние на организм человека. Так, высокое атмосферное давление облегчает поступление кислорода в кровь [10], улучшая доставку питательных веществ к органам и тканям, включая кости и хрящи, участвующие в росте. Напротив, длительное пребывание в условиях низкого давления (например, на больших высотах) может приводить к гипоксии, что отрицательно скажется на общем состоянии организма и в некоторой степени на возможностях роста ребёнка.

Перераспределение зон атмосферного давления способствует образованию мощных циклонов и антициклонов, приводящих к учащению опасных погодных явлений, таких как шторма, наводнения и сильные дожди. Такие события негативно влияют на физическое самочувствие населения, повышают риск заболеваний сердечно-сосудистой системы, дыхательных путей и аллергических реакций.

Например, люди, проживающие на больших высотах, подвергаются воздействию более низкого атмосферного давления. Организм вынужден адаптироваться, вырабатывая больше эритроцитов для компенсации недостатка кислорода [11]. Такая адаптация может иметь отдалённые последствия для метаболизма и физического развития. Дети, выросшие в горах, часто отличаются от сверстников, родившихся на равнинах, по многим физиологическим параметрам, включая массу тела и длину костей.

Психозмоциональный стресс, возникающий в результате непривычного атмосферного давления, может провоцировать

повышенную выработку кортизола и адреналина, что тормозит секрецию гормона роста и других анаболических гормонов, необходимых для нормального роста и развития.

Некоторые эпидемиологические исследования обнаруживали небольшие корреляции между ростом взрослых и характером их детства в отношении регионального атмосферного давления. Например, дети, воспитанные в условиях умеренно-влажного климата с плавными колебаниями давления, могут демонстрировать лучшие показатели роста по сравнению с теми, кто рос в суровом сухом климате с большими перепадами давления [5].

Хотя прямой связи между ростом человека и атмосферным давлением нет, атмосферное давление может косвенно влиять на развитие и рост через дыхательную, кровеносную и нервную системы, психоэмоциональное состояние и способность организма усваивать полезные вещества. Тем не менее, основное влияние на рост оказывают наследственность, полноценное питание, регулярная физическая активность и медицинское обслуживание.

Существует идея, что ранняя Земля имела значительно более высокое атмосферное давление, чем современное. Высокорастворимая среда могла поддержать существование гигантов, облегчив нагрузку на опорно-двигательный аппарат и лёгкие. Большая сила гравитации [12] компенсировалась повышенным давлением воздуха, делая передвижение и дыхание крупных организмов проще. Эта гипотеза требует дополнительных исследований и подтверждения фактами.

Ожидаемое снижение атмосферного давления в умеренных зонах северного полушария и стабилизация высокого давления над тропиками может привести к следующим последствиям [5]:

– перемещения крупных фронтов скажется на сдвигах ареалов обитания животных и растений, нарушая привычные миграционные пути и их пищевые цепочки;

– засушливые регионы будут становиться ещё суше, в то время как влажные районы получают избыток влаги, провоцируя эрозию почв и опустынивание;

– резкое изменение скорости и направления ветровых потоков может привести к изменению характера распространения семян растений и пыли, повлиять на флору и фауну обширных территорий;

– резкое падение давления над основными аграрными районами может вызвать дефицит урожая зерновых культур и фруктов, повысив стоимость продуктов питания и усиливая продовольственный кризис.

По мере усугубления глобального потепления рационально учитывать потенциальные риски, возникающие в результате изменений климата, и планировать адаптацию человеческих сообществ к новым условиям. Среди важных рекомендаций выделяются следующие моменты, представленные ниже [5].

Страны и территории, находящиеся в зоне наименьшего риска климатических потрясений, являются предпочтительными местами для размещения населения. При этом основными критериями выбора могут служить: минимизация угрозы затопления прибрежных низменностей; устойчивость к экстремальным погодным явлениям, таким как смерчи, цунами и пожары; наличие развитой инфраструктуры водо- и энергоснабжения.

Исходя из результатов текущих исследований и моделей климата для относительно комфортного проживания рекомендуются следующие территории [5]:

– северные страны Европы, такие как Норвегия, Швеция и Финляндия, обладающие достаточно низким риском климатических сдвигов и способные сохранить комфортные условия жизни даже при увеличении средней температуры;

– Центральная Россия и Сибирь. Области Восточной Сибири и центральной части России характеризуются относительно небольшим воздействием на своё сельское хозяйство и климатические условия в ближайшие десятилетия;

– Южная Канада и некоторые горные регионы Северной Америки, имеющие комфортный климат благодаря удалённости от побережья и низкой опасности землетрясений и вулканизма;

– Австралия, центральные и южные регионы, имеющие сравнительно небольшой риск разрушения инфраструктуры, несмотря на жаркий климат, за счёт широких возможностей адаптации к высоким температурам.

Существенное значение в контексте глобального потепления занимает Западная Сибирь [13], служащая важным индикатором изменений климата на всей планете. Особенности её геофизических условий делают этот регион критически важным для изучения потенциальных угроз и адаптации к ним.

Западная Сибирь характеризуется мягким субарктическим климатом с холодными зимами и умеренно-тёплыми летними сезонами. Температурные колебания велики, однако высокая влажность почвы обеспечивает высокую устойчивость жизнедеятельности растительности и животному миру. Большое количество озёр и болотистых земель обеспечивает накопление углерода и поддержание водного баланса. Имеется богатая флора и фауна, зависящие от стабильности местных микроклиматических условий.

Территория Западной Сибири активно участвует в обмене тепла и влагооборота, являясь частью гигантского теплообменного механизма планетарного масштаба. Её уникальные болотно-таёжные массивы играют важную роль в поддержании равновесия влажности и теплового режима Евразии [5].

Среди специфических особенностей выделяют:

– активное таяние вечной мерзлоты приводит к освобождению метана и накоплению атмосферой углекислого газа, усугубляющих эффект глобального потепления;

– изменение характера осадков и появление длительных сезонов засух, создающих угрозу лесных пожаров и деградации плодородных почв.

Несмотря на существующие климатические трудности, Западная Сибирь сохраняет значительный потенциал для комфортного проживания [5]. Меры по сохранению лесов и защите водных ресурсов способны создать условия для эффективного ведения сельского хозяйства и поддержки здоровой экологической обстановки.

Важно понимать, что успешная адаптация к глобальному потеплению возможна лишь при условии комплексного подхода, включающего сохранение уникальных ландшафтов и разработку эффективных мер защиты территорий от стихийных бедствий.

Таким образом, Западная Сибирь играет значительную роль в процессах глобального потепления и способна стать примером успешного освоения северных территорий с минимальным ущербом для окружающей среды и человеческого благополучия.

Однако следует отметить, что любые массовые миграции требуют тщательного планирования, поскольку каждый регион обладает уникальными характеристиками, такими как экономическая инфраструктура, доступность ресурсов и социальная стабильность, что может вызвать существенную разбалансировку.

Альтернативные сценарии развития погоды зависят от нескольких ключевых факторов, включая степень снижения выбросов парниковых газов, реакцию климатической системы на внешние возмущения и адаптацию человеческого общества. Ниже приведены несколько возможных вариантов развития событий, основанных на существующих исследованиях и прогнозах [5].

1. Оптимистичный сценарий («устойчивое развитие») предполагает радикальное сокращение выбросов парниковых газов, активное использование возобновляемой энергии и экологически чистых технологий. Этот сценарий предполагает следующие шаги:

- постепенное снижение температуры до уровней, близких к показателям XIX века;
- сохранение биоразнообразия и восстановление утраченных экосистем;

– улучшение качества воздуха и меньшее количество чрезвычайных погодных явлений.

Температура стабилизируется на уровне +1,5 °C относительно доиндустриального периода, сохраняя минимальные отклонения в диапазоне $\pm 0,5$ °C. Данный сценарий предусматривает полное достижение целей Парижского соглашения [14].

2. Умеренно-позитивный сценарий («частичное улучшение») заключается в реализации ограниченных мер по снижению выбросов, включающих модернизацию транспорта и энергосберегающие технологии. В данном случае:

- допускается медленное увеличение температуры (+2,0 °C к концу столетия);
- частичная адаптация к климатическим изменениям;
- появление большего числа редких, но серьезных погодных аномалий.

Вероятным является сохранение высоких региональных различий в воздействии глобального потепления, требующих создания специальных адаптационных мероприятий.

3. Негативный сценарий («бездействия») предполагает отсутствие существенных шагов по решению проблемы изменения климата, продолжение традиционного образа жизни и экономической деятельности. К основным чертам этого сценария относятся:

- быстрая деградация существующих экосистем и биоразнообразия;
- постоянное повышение температуры (+3,0...+4,0 °C к концу XXI века);
- увеличение частоты экстремальных погодных явлений в виде засух, наводнений и ураганов.

Регионы Сибири и Скандинавии, вероятно, подвергнутся интенсивному заселению, так как остальные континенты столкнутся с дефицитом ресурсов и высокими температурами.

4. Крайне негативный сценарий («катастрофа») может характеризоваться максимально неблагоприятным вариантом развития событий, связанных с отсутствием любых мер по улучшению ситуации:

– средний прирост температуры превышает +5,0 °С;

– высока вероятность масштабных климатических катастроф, утрата пригодных для жизни регионов;

– возможны крупные социально-экономические кризисы и массовая миграция населения.

Однако помимо вышеуказанных сценариев, возможны дополнительные обстоятельства, способные оказать решающее влияние на погоду, например, включающие:

– воздействие солнечной активности, временные циклы которой способны оказывать кратковременное охлаждение или дополнительное потепление;

– антропогенные вмешательства в виде геоинжиниринга, включающего распыление частиц в верхних слоях атмосферы, способных временно привести к понижению температуры;

– неожиданные климатические события, носящие непредсказуемый характер природных феноменов (например, крупные извержения вулканов), приводящих к изменению климатических условий на длительный срок.

Кроме этого, практически постоянно ведущиеся вооружённые конфликты [15] по всему земному шару также вносят существенный вклад в разбалансировку климата со всеми вытекающими отсюда последствиями. В целом же вся человеческая деятельность в системе техносферной безопасности требует срочного гуманного подхода к деятельности всего общественного социума [16].

Выводы и направление дальнейших исследований. Полученные данные свидетельствуют о наличии значительных угроз для устойчивого функционирования

экосистем и жизнедеятельности человечества, требующих необходимости принятия срочных мер по сокращению антропогенных воздействий.

Прослеживается чёткая связь между глобальным потеплением и снижением атмосферного давления. Важнейшие меры по предотвращению неблагоприятных последствий включают сокращение выбросов парниковых газов, внедрение технологий энергосбережения и переход на возобновляемые источники энергии.

Потепление климата значительно повлияет на структуру атмосферного давления, способствуя увеличению риска стихийных бедствий и нарушений состояния здоровья человека.

Необходимо разработать адаптивные стратегии, направленные на смягчение негативных эффектов изменений атмосферного давления и подготовку к возможным природным катастрофам.

Международное сотрудничество должно способствовать созданию инфраструктуры раннего предупреждения о природных опасностях и поддержке уязвимых регионов.

Таким образом проблема глобального потепления должна рассматриваться не только с точки зрения энергетики и промышленности, но и как важнейший фактор сохранения стабильного существования человеческой цивилизации и живой природы.

Для установления адекватности картины, предложенной искусственным интеллектом, в дальнейших исследованиях предполагается оценить реальную картину происходящих процессов и выполнить сравнительный анализ.

Список источников

1. Андреев С. С. К вопросу о глобальном потеплении // *Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 2007. № 2. С. 102–103. EDN: LAFROR

2. Левченко Э. П. Перспективы управления агрегатным состоянием водных ресурсов на основе глобального потепления климата // *Экологический вестник Донбасса*. 2021. № 2. С. 28–37. EDN: NMPGKV

3. Дополнительные источники водозабора для тушения лесостепных пожаров в Перевальском районе / Э. П. Левченко, А. Т. Павленко, А. А. Ноженко, М. Э. Левченко // *Экологический вестник Донбасса*. 2024. № 1 (11). С. 3–11. EDN: XONEDW

4. Влияние экологических факторов на состояние атмосферного воздуха / И. А. Ладьи, А. Т. Павленко, Е. Д. Долгих, Г. А. Стародворов // *Современные тенденции развития аграрного комплекса : материалы международной научно-практической конференции. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2016. С. 80–84. EDN: WWPXRP*

5. GigaChat 2.0 : [сайт]. URL: <https://giga.chat/gigachat/> (дата обращения: 06.07.2025).

6. Левченко Э. П., Давиденко В. А., Ноженко А. А. *Физика Земли. Лабораторно-практические работы : учеб. пособие. Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2019. 208 с.*

7. Рубежанский В. И. *Специальные главы теоретической механики: малые колебания систем: учебное пособие. Алчевск : ФГБОУ ВО «ДонГТУ», 2024. 73 с. EDN: ZBQXUP*

8. Левченко Э. П., Павленко А. Т., Ноженко А. А. *Особенности вариации облачного покрова в период глобального потепления климата // Экологический вестник Донбасса. 2024. № 1 (14). С. 3–11. EDN: XONEDW*

9. *Динамика атмосферного давления и параметров ветра восточной части Краснодарского края и их влияние на посевы сахарной свёклы / А. В. Логвинов, Д. Н. Записоцкий, С. М. Володина [и др.]. // Сахар. № 9. 2019. С. 24–30. EDN: NYRTYG*

10. Алтаева Н. К., Батыргалиева М. С. *Влияние атмосферного давления на организм человека // Молодой учёный. 2019. № 20 (258). С. 160–161. EDN: TIRHPX*

11. Левченко Э. П., Давиденко В. А., Ноженко А. А. *Безопасность жизнедеятельности. Лабораторно-практические работы : учебное пособие. Алчевск : ООО «Вифлеем», 2020. 260 с. EDN: YVANFN*

12. Дементьев Ю. В., Каленицкий А. И., Мареев А. В. *Влияние атмосферного давления и температуры воздуха на значение силы тяжести // Вестник СГУГиТ. 2016. Вып. 1 (33). С. 62–68. EDN: WDHJQR*

13. *Западная Сибирь станет Ноевым Ковчегом: Пророк Эдгар Кейси о страшных катастрофах Земли [Электронный ресурс] // PROGorodChelny : [сайт]. [2025]. URL: <https://progorodchelny.ru/news/view/zapadnaa-sibir-stanet-noeyum-kovcegom-prorok-edgar-kejsi-o-strasnyh-katastrofah-zemli-v-2022-godu> (дата обращения: 06.07.2025).*

14. Рассел Р., Позднякова Н. *На 1,5 градуса выше. Как глобальное потепление меняет жизнь [Электронный ресурс] // Deutsche Welle : [сайт]. [2025]. URL: <https://www.dw.com/ru/na-15-gradusa-vyshe-kak-globalnoe-poteplenie-menjaet-nashu-zhizn/a-59573908> (дата обращения: 06.07.2025).*

15. Кравцова О. А., Павленко А. Т. *Природная среда в условиях вооружённых конфликтов // Материалы пула научно-практических конференций. Керчь : ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. С. 494–499. EDN: QAFQAQ*

16. Кравцова О. А., Павленко А. Т., Малкин В. Ю. *Системный анализ техносферной безопасности в системе «Земля»: коэволюционная перспектива // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2023. № 5 (71). С. 83–85. EDN: ZQGRYG*

© Левченко Э. П., Левченко О. А., Кучеренко Л. Э., 2025

© Павленко А. Т., 2025

Рекомендована к печати к.фарм.н., доц., зав. каф. ЭБЖД ДонГТУ Федоровой В. С., д.т.н., проф. каф. пожарной безопасности ЛНУ им. В. Даля Филатьевым М. В.

Статья поступила в редакцию 07.07.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Левченко Эдуард Петрович, канд. техн. наук, доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

Павленко Александр Тимофеевич, канд. техн. наук, доцент, зам. директора института гражданской защиты
Луганский государственный университет им. В. Даля,
г. Луганск, Россия

Левченко Оксана Александровна, канд. техн. наук, доцент каф. технологии и организации машиностроительного производства
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Кучеренко Лилия Эдуардовна, студент каф. машин металлургического комплекса
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Levchenko E. P. (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru), **Pavlenko A. T.** (Lugansk State University named after V. Dahl, Lugansk, Russia), **Levchenko O. A.**, **Kucherenko L. E.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia)

PREDICTING THE MAIN CONSEQUENCES OF ATMOSPHERIC AIR PRESSURE CHANGES BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The impact of global climate change on the dynamics of atmospheric pressure of the planet Earth is investigated. Based on artificial intelligence data, processes occurring in the atmosphere due to an increase in average surface temperature are considered, such as changes in the partial pressure of gases and the redistribution of air masses.

Key words: climate change, atmospheric pressure, atmosphere, planet, temperature, analysis, artificial intelligence.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Levchenko Eduard Petrovich, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Ecology and Life Safety
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

Pavlenko Alexander Timofeyevich, PhD in Engineering, Assistant Professor, Deputy Director of the Institute of Civil Defense
Lugansk State University named after V. Dahl,
Lugansk, Russia

Levchenko Oksana Aleksandrovna, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Technology and Organization of Machine-building Engineering
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Kucherenko Liliya Eduardovna, Student, Department of Metallurgical Complex Machine
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Кулакова С. И., *Павлов В. И., Кусайко Н. П.
Донбасский государственный технический университет
*E-mail: pavlow2005@rambler.ru

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ ЛНР

На территории южной части ЛНР риски загрязнения атмосферы Алчевским металлургическим комбинатом возрастают из года в год из-за наметившейся устойчивой тенденции роста в летний период количества безветренных дней и температуры приземной атмосферы. По болезненному состоянию старых деревьев отмечено накопление большого экологического вреда. На основе выполненного анализа факторов экологического риска и обзора публикаций в качестве первоочередного шага в оздоровлении атмосферы города Алчевска предложено создание многоуровневой автоматизированной системы мониторинга окружающей среды.

Ключевые слова: черная металлургия, выбросы, факторы экологического риска, изменение климата, коэффициент трансформации выбросов, накопленный экологический вред, регулирование выбросов, система мониторинга.

Финансирование: исследования выполнены за счет средств федерального бюджета (код темы: FRRU-2024-0004 в ЕГИСУ НИОКТР).

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Для города Алчевска градообразующими являются предприятия Южного горно-металлургического комплекса (ООО «ЮГМК»), включающие все современные технологии черной металлургии и коксохимического производства. Производство кокса сопровождается переработкой улавливаемого коксового газа и выпуском дополнительной продукции: фенола, аммиака, бензолных углеводородов и серной кислоты. Отходы черной металлургии (доменные и сталеплавильные шлаки, а также прокатная окалина) используются для производства агломерата, который в свою очередь используется для улучшения процесса выплавки чугуна. Для производства стали мартеновские печи заменены на более экономичные и экологичные кислородно-конвертерные установки. Производство проката оснащено машиной непрерывного литья заготовок, которая позволяет значительно уменьшить затраты энергии на повторный разогрев стальных слабов перед прокатом, а также уменьшить выбросы в атмосферу парниковых газов.

В период наибольшей реализации производственной мощности после реконструкции ООО «ЮГМК» в 2013 г. общее количество выбросов составило 95 тыс. тонн, из них твердые вещества — 5,95 тыс. т, газообразные — 89,1 тыс. т. В настоящее время за границей санитарно-защитной зоны ООО «ЮГМК», которая для предприятий с полным металлургическим циклом составляет 1000 метров, городская атмосфера подвергается дополнительному интенсивному загрязнению, увеличивающемуся из года в год, объемами выхлопных газов из-за непрерывного роста количества автомобильного транспорта.

Основной валовой объем загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятиями ООО «ЮГМК», состоит из взвешенных веществ, включая аэрозоли, и различного уровня токсичности дымовых газов: оксида углерода (CO), диоксида азота (NO₂), диоксида серы (SO₂), сероводорода, бензола, фенолов, аммиака, нафталина, бензапирена, паров серной кислоты и еще целого ряда довольно ядовитых веществ. Бензапирен особо опасен для чело-

века даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством биоаккумуляции. После начала боевых действий в городе не ведется мониторинг за выбросами загрязняющих веществ. Несмотря на снижение производственной деятельности металлургического комплекса, жителями города и ближайших населенных пунктов отмечаются периодические ощутимые загрязнения атмосферы. В связи с этим анализ факторов, вызывающих значимые загрязнения окружающей среды от выбросов ООО «ЮГМК», для принятия рациональных проектных решений по минимизации загрязнений является актуальной задачей.

Постановка задачи. Понятие экологического риска загрязнения окружающей среды рассмотрим в более широком аспекте по сравнению с традиционным пониманием. Обычно экологический риск оценивается вероятностью возникновения в атмосфере концентрации ядовитого газа, превышающей предельно допустимое значение. Безопасные приземные концентрации, меньше предельно допустимых, возникающие длительное время, также следует отнести к категории экологических рисков, как вероятность потери самоочищительной способности атмосферы. Понятие потери самоочищительной способности относится и к остальным составляющим окружающей среды, к почве и природным водным источникам. Ситуация такого антропогенного загрязнения окружающей среды постоянно расширяется и настолько актуальна в настоящее время, что в Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «Об охране окружающей среды» введено специальное понятие — накопленный экологический вред окружающей среде. Таким образом имеют место две экологические ситуации: кратковременная с нарушением предельно допустимых норм и длительная без нарушения норм, но с концентрациями загрязнений близкими к ПДК. Обе ситуации являются следствием недостаточной защиты окружающей среды от антропогенного воздействия.

Целью данной работы является анализ факторов экологического риска загрязнения окружающей среды предприятиями металлургического комплекса на территории ЛНР и обоснование эффективных решений по его минимизации.

Объект исследования — состав выбросов предприятий черной металлургии.

Предмет исследования — физико-химические процессы в атмосфере, загрязненной выбросами предприятий черной металлургии на территории Луганской Народной Республики.

Задачи исследования:

– анализ научных публикаций по исследованиям физико-химических процессов в атмосфере, загрязненной выбросами промышленных предприятий, и нормативных документов по регулированию загрязнений атмосферы;

– установление тенденций в изменении метеорологических показателей, влияющих на концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере;

– анализ факторов экологического риска, исходя из требований нормативных документов и тенденций в изменении метеорологических показателей;

– обоснование эффективных решений по минимизации экологического риска загрязнения городской среды предприятиями металлургического комплекса.

Методика исследования. Для анализа факторов экологического риска загрязнения городской среды промышленными предприятиями использован метод обобщения исследований физико-химических процессов в атмосфере, загрязненной выбросами промышленных предприятий, стандартные методы статистического анализа и математические модели, приведенные в нормативном документе ОНД-86.

Изложение материала. Наиболее опасные, трудно поддающиеся регулированию ситуации возникают при загрязнении атмосферы. Основные технологические решения по дымовым выбросам в атмосферу предприятиями металлургического комплекса

принимались, исходя из экологических требований нормативного документа 1987 г. [1], и не соответствуют современному приросту экологической нагрузки.

Влияние факторов на максимально разовую приземную концентрацию выбрасываемого в атмосферу вредного вещества из одного точечного источника предлагается оценить по формуле [1]

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1)$$

где A — коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M — масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n — коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H — высота дымовой трубы, м;

η — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

ΔT — разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_2 и температурой окружающего атмосферного воздуха $T_в$, °С;

V_1 (м³/с) — расход газовой смеси, м³/с.

Коэффициент A отражает климатические условия местности. Для территории города Алчевска, который находится южнее северной широты 48,5°, $A = 200$. Широта определяет количество солнечного тепла, попадающего на территорию. Исходя из анализа данных метеостанции г. Луганска, в настоящее время в летний период значительно повысилась климатическая норма температуры приземного воздуха на 1,2 °С [2]. Если учесть, что климат становится более засушливым, лето более жарким, то значение коэффициента A для широты г. Алчевска повышается и вместо $A = 200$ необходимо принимать $A = 230$.

Выброс дымовой смеси зависит также от разности температур ΔT , которая уменьшается при увеличении летней температуры. Если учесть перечисленные параметры A и ΔT в формуле (1), то риски повышения расчетной величины C_M из-за климатических изменений увеличиваются.

Другим негативным метеорологическим фактором является устойчивое уменьшение скорости приземного воздуха, которое описывается линейной зависимостью (рис. 1)

$$y = 0,4911x - 977,29, \quad (2)$$

где y — количество безветренных дней в летний период;

R^2 — коэффициент детерминации, $R^2 = 0,4338$ (статистически надежный).

Уравнение (2) иллюстрирует учащение в летние периоды наиболее опасных атмосферных явлений для загрязнения атмосферы — увеличилась частота и длительность стояния над территорией ЛНР, включая и город Алчевск, блокирующих антициклонов. Опускающиеся массы воздуха из верхних слоев атмосферы в центр антициклона разгоняют облака, за счет чего устанавливается с высокой солнечной радиацией безветренная засушливая погода. Возникают опасные малые скорости ветра в диапазоне 0–3 м/с [3].

В случае малых опасных скоростей ветра величину C_M следует рассчитывать по формуле [1]

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m' \cdot \eta}{H^{7/3}}. \quad (3)$$

Значение C_M (3) будет больше расчетного значения по (1), так как числитель увеличится ($m' > m$, n не учитывается, $n < 1$), а знаменатель уменьшится (не учитываются величины V_1 и ΔT).

Таким образом, наблюдаемое потепление климата будет способствовать на территории ЛНР повышению рисков возникновения предельных приземных концентраций токсических компонентов в дымовых выбросах.

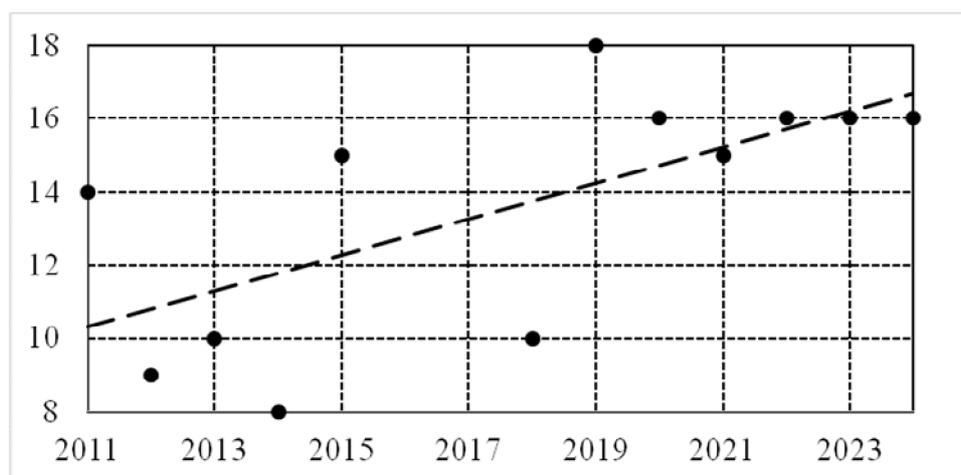


Рисунок 1 — Изменение количества безветренных дней в летние месяцы 2011–2024 гг. по данным метеостанции г. Шахты в Ростовской области

Неопасные приземные концентрации газовых компонент являются результатом рассеивания исходного факела выбросов. Однако в осенне-весенние периоды при наличии в атмосфере дождевых облаков в газовые компоненты дымовых выбросов CO_2 , NO_2 , SO_2 образуют с водяными парами кислоты и на почву выпадают кислотные дожди. Кроме того, дожди могут содержать растворимые в воде химические соединения фенола, сероводорода, аммиака. В природных условиях почва обладает определенной самоочистительной способностью. В городских условиях большая часть поверхности почвы покрыта асфальтом и тротуарной плиткой. Оставшаяся часть открытой почвы, на которой растут деревья и кустарники, принимает сравнительно большие объемы дождевых осадков, насыщенных компонентами дымовых выбросов, поэтому со временем почва теряет способность самоочищения. Индикатором накопленного экологического вреда от длительного загрязнения городской среды могут служить старые деревья. На улицах, застроенных при восстановлении города Алчевска в послевоенный период, часто встречаются старые деревья, на стволах которых наблюдаются ракоподобные деформации-наросты (рис. 2). У городского населения одной из распространенных причин смерти стал рак.

Наблюдения за концентрацией выбросов в атмосфере проводятся сетью станций Росгидромета. Анализ накопленных данных свидетельствует о сложных химических преобразованиях, происходящих в атмосфере в газовых выбросах. Установлены противоречивые факты, когда рост промышленных и автомобильных выбросов не сопровождается увеличением концентрации диоксида азота и даже наблюдаются случаи её снижения. Росгидрометом отмечаются и опасные преобразования в атмосфере, когда регистрируются запредельные концентрации формальдегида в атмосфере городов при незначительных его объемах в промышленных выбросах [4]. Установлено, что потенциал химической активности атмосферы поддается оценке с помощью коэффициента трансформации (КТ). Например, для всех возможных химических соединений азота с кислородом (оксидов азота) КТ показывает, какая часть выбрасываемых в атмосферу этих соединений трансформируется (преобразуется) в ядовитый газ NO_2 . В нормативном документе РД 34.02.305-98 указывается, что коэффициент трансформации может достигать 0,8. Отсюда следует, что расчетное значение C_m по формуле (1) существенно занижается из-за отсутствия учета дополнительной трансформации других неядовитых оксидов азо-

та [5]. Анализ многолетних исследований коэффициента трансформации показал, что он увеличивается при повышении температуры [6] и солнечной радиации [7].

В работе [8] изучались размеры ореола и концентрации рассеивания аэрозольных выбросов при переработке полиметаллических руд на металлургических предприятиях комбината «Казцинк» в городах Усть-Каменогорск и Риддер Восточно-Казахстанской области. Установлено трансграничное загрязнение территории России в пределах Горного Алтая. Протяженность ореола загрязнения превышает 300 км, ширина составила 100–120 км. Исследования включали биоиндикацию по листьям тополя черного (*Populus nigra L.*). В золе листьев установлено превышение концентраций микроэлементов, которые содержатся в полиметаллических рудах, перерабатываемых в городах Усть-Каменогорск и Риддер, по сравнению со средним их содержанием вне ореола: цинка в 51,5 раза; кадмия в 14,1; сурьмы в 9,1;

мышьяка в 5,3 раза. Установленные высокие концентрации микроэлементов в листьях тополя на расстояниях от источника выброса, многократно превышающих расчётные значения, свидетельствуют о трудно предсказуемых процессах в атмосфере.

На современном уровне технических государственных решений для минимизации влияния обозначенных факторов экологического риска требуются значительные экономические ресурсы, негативным результатом вложения которых будет повышение себестоимости продукции черной металлургии. Поэтому «информация об уровнях загрязнения, полученная от сети станций Росгидромета и других ведомств, представленная в Ежегодниках состояния загрязнения атмосферы, выступает как вспомогательная и необязательная. Эта информация используется, если подтверждает уменьшение выбросов, или считается недостоверной, если идет вразрез с результатами расчетов предельно допустимых выбросов (ПДВ)» [4].



Рисунок 2 — Деформационные наросты на стволах старых деревьев города Алчевска

В нормативном документе РД 52.04.52-85 изложены основные принципы разработки мероприятий по регулированию выбросов в зависимости от трех возможных категорий периодов неблагоприятных метеоусловий (НМУ). Основное мероприятие заключается во временном изменении режима работы предприятия по снижению ПДВ на период НМУ. Однако эффективная реализация этих принципов весьма проблематична, особенно для низкой и средней тяжести НМУ (1-й и 2-й категорий). Сложность заключается в том, что рассеивание выбросов по территории города неравномерно. В зависимости от ориентации высотных зданий с наветренной и особенно с подветренной стороны образуются аномалии скопления дымовых выбросов. Распространенная планировка высотных зданий по кольцевому принципу может формировать из одиночных скопления целые плохо проветриваемые зоны. Дополнительной проблемой является сложность и невысокая надежность прогноза периодов НМУ, право установления которых предписано органам Роскомгидромета. По перечисленным причинам часто сложно выполнить главное требование — обеспечение оперативности принятия решений.

В приоритетных направлениях научно-технического развития Российской Федерации отмечается необходимость создания технологий мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды (Указ Президента РФ от 18.06.2024 г. № 529). Современная база программно-технических средств позволяет разработать и внедрить многоуровневую (от города до органов принятий решений) автоматизированную систему мониторинга всех компонентов окружающей среды (почвы, воды и воздуха) и расширение её функциональности. Основная функция мониторинга будет заключаться в непрерывном контроле загрязнений по всей территории города, регистрации и ситуационного зонирования территории в реальном времени по уровням загрязнений атмосферы. Информация

должна быть доступна населению и техническим контрольным службам города для принятия соответствующих решений в текущей ситуации. Интегральная оценка текущих объемов выбросов, полученная на основе автоматического непрерывного мониторинга, должна быть положена в основу начисления налогов в бюджет города на компоненты дымовых выбросов. Значительные налоговые обложения необходимы для мотивации собственников предприятий к внедрению технических решений по снижению выбросов, а в противном случае к компенсации экологического ущерба здоровью населения и восполнению затрат города на экологический мониторинг.

Выводы и направление дальнейших исследований. Для принятия решений по минимизации экологического риска загрязнения городской атмосферы выбросами предприятий черной металлургии на территории ЛНР необходимо учесть на основании проведенного анализа следующие научные результаты.

1. В течение последних 10-ти лет наметилась опасная для рассеивания выбросов тенденция увеличения количества безветренных дней в летний период с одновременным повышением приземной температуры атмосферного воздуха.

2. Расчетное значение приземной концентрации загрязняющего вещества по нормативному документу ОНД-86 в южной части территории ЛНР увеличилось в связи с изменившимися климатическими условиями; климатический коэффициент А увеличился с 200 до 230.

3. Существуют риски превышения предельно допустимых выбросов по ОНД-86 из-за неучтенного коэффициента трансформации неопасных окислов NO_x в токсичную двуокись азота NO_2 .

4. Ситуация накопленного экологического вреда за многолетний период от выбросов предприятиями черной металлургии проявляется в черте города и далеко за его пределами.

5. Первоочередным шагом в оздоровлении атмосферы города Алчевска является создание технологии автоматизированной системы мониторинга многофакторных физико-химических процессов рассеивания дымовых выбросов предприятий черной металлургии.

Список источников

1. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / Госкомгидромет. Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. 82 с.
2. Павлов В. И., Кусайко Н. П., Сергейчук О. В. Климатические особенности формирования стока малых рек ЛНР // Экологический вестник Донбасса. 2022. № 4. С. 31–40. EDN: RJIYKQ
3. Аргучинцева А. В., Кочугова Е. А. Потенциал самоочищения атмосферы // Известия Иркутского государственного университета. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 27. С. 3–15. DOI: 10.26516/2073-3402.2019.27.3. EDN: ZABYRV
4. Безуглая Э. Ю., Ивлева Т. П. Проблема сокращения выбросов в городах России // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2012. № 567. С. 225–233. EDN: QCNVQV
5. Безуглая Э. Ю., Ашмарин А. С. Трансформация оксидов азота в диоксид азота в городах с предприятиями энергетики // Инженерные системы. 2004. № 1. С. 25–32.
6. Безуглая Э. Ю., Завадская Е. К., Ивлева Т. П. Роль климатических условий в формировании изменений загрязнения атмосферы // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2013. № 568. С. 267–279. EDN: RUZXAT
7. Самукова Е. А. Тенденции временных изменений суммарной солнечной радиации в Европе // Труды ГГО. Вып. 565. 2012. С. 188–204. EDN: PGPFIF
8. Индикация компонентами природной среды трансграничного переноса загрязняющих веществ на территорию горного Алтая / Ю. В. Робертус [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 9. С. 39–48. EDN: XHPYLT

© Кулакова С. И., Павлов В. И., Кусайко Н. П., 2025

Рекомендована к печати к.фарм.н., доц., зав. каф. ЭБЖД ДонГТУ Федоровой В. С., начальником службы экологической безопасности и производственной санитарии управления охраны труда и промышленной безопасности ООО «ЮГМК» Красноносом Н. Н.

Статья поступила в редакцию 10.07.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кулакова Светлана Ивановна, канд. техн. наук, доцент каф. высшей математики и естественных наук
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Павлов Валерий Иванович, канд. техн. наук, доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: pavlow2005@rambler.ru

Кусайко Наталья Петровна, директор научного центра мониторинга окружающей среды
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Kulakova S. I., *Pavlov V. I., Kusayko N. P. (*Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: pavlow2005@rambler.ru*)

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION RISK FACTORS FROM EMISSIONS OF FERROUS METALLURGY ENTERPRISES IN THE LUGANSK PEOPLE'S REPUBLIC

The risks of air pollution in the southern part of LPR from the Alchevsk iron-and-steel works are increasing year by year because of the outlined stable trend in number of windless days and ground temperatures during the summer. On the diseased condition of old trees, a large accumulation of environmental damage was observed. Based on the analysis of environmental risk factors and a review of publications, the establishment of a multi-level automated environmental monitoring system is proposed as a priority step towards improving the atmosphere of Alchevsk.

Key words: *ferrous metallurgy, emissions, environmental risk factors, climate change, conversion rate of emissions, accumulated environmental damage, emission control, monitoring system.*

Funding: *the studies were carried out with funding from the federal budget (theme code: FRRU-2024-0004 in the Unified state information system for accounting the research, experimental and technical works).*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kulakova Svetlana Ivanovna, *PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Higher Mathematics and Natural Sciences
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia*

Pavlov Valery Ivanovich *PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Ecology and Life Safety
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: pavlow2005@rambler.ru*

Kusayko Natalia Petrovna *Director of the Scientific Center for Environmental Monitoring
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia*

Фёдорова В. С.

Донбасский государственный технический университет

**E-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru*

ДОРОЖНАЯ ПЫЛЬ КАК НЕГАТИВНЫЙ ФАКТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В статье анализируется проблема загрязнения окружающей среды дорожной пылью. Анализируется состав дорожной пыли, выделены основные источники ее образования. Представлен обзор механизмов воздействия дорожной пыли на атмосферный воздух, почву, воду, растительность и здоровье человека. Особое внимание уделено негативному влиянию твердых частиц, тяжелых металлов и органических загрязнителей, входящих в состав дорожной пыли. На основе проведенного анализа предлагаются комплексные меры по снижению образования и распространения дорожной пыли, включая улучшение качества дорожного покрытия, регулярную уборку дорог, озеленение городов, ограничение скорости движения транспорта и использование более чистых видов транспорта. Подчеркивается необходимость скоординированных усилий правительства, местных властей, бизнеса и населения для решения проблемы загрязнения окружающей среды дорожной пылью и создания более чистой и здоровой городской среды.

Ключевые слова: *дорожная пыль, загрязнение окружающей среды, промышленный город, твердые частицы, тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды, транспорт, здоровье человека, анкетирование, экологическая безопасность, экологическое сознание.*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. В современном обществе, особенно в условиях урбанизации и интенсивного развития транспортных систем, проблема загрязнения окружающей среды выходит на передний план. В промышленном городе Алчевске, где расположен мощный металлургический комплекс — ООО «Южный горно-металлургический комбинат», преобладает интенсивное движение транспорта и специфические климатические условия, что сопровождается комплексом экологических проблем. Среди различных источников загрязнений особое место занимает загрязнение атмосферного воздуха и приземного слоя дорожной пылью. Она, как и обычная пыль, (PM-частиц — particulate matter) представляет собой тонкие мелкодисперсные частицы, которые поднимаются в воздух в результате движения транспортных средств, ремонта и строительства дорог, а также из-за действия природных факторов. Дорожная пыль — это одна из наиболее значимых, но часто недооцененных форм загрязнения окружающей среды.

Этот незрочный продукт износа дорог и автотранспорта не только ухудшает качество воздуха в городах, но и создает опасные условия для здоровья людей, животных и экосистем в целом [1, 2]. Рассмотрим более подробно сущность этой проблемы и пути ее решения.

Цель работы — анализ воздействия дорожной пыли на загрязнение окружающей среды, установление источников формирования, состава и путей распространения, включая оценку негативных последствий ее воздействия на здоровье человека и устойчивость экосистем, а также оценка восприятия жителями г. Алчевска проблемы загрязнения природы дорожной пылью.

Объектом исследования является дорожная пыль как специфическая твердая фракция загрязняющих веществ, аккумулирующаяся на поверхностях дорожных покрытий и в придорожной зоне.

Предмет исследования — процессы формирования, состав, закономерности распространения, трансформации и негативного воздействия дорожной пыли на

компоненты окружающей среды и живые организмы.

Задачи исследования:

– изучить существующие исследования, касающиеся воздействий дорожной пыли на здоровье человека и экологические системы;

– определить и систематизировать основные источники формирования дорожной пыли;

– разработать потенциальные мероприятия по снижению эмиссии дорожной пыли и минимизации ее негативных последствий.

Методика исследования. Выполнено анонимное анкетирование жителей города Алчевска в период с 1 марта по 1 апреля 2025 года. Анкета включала 20 вопросов, сгруппированных в несколько блоков. Количество заполненных и обработанных анкет составило 245 штук. Статистическую обработку результатов проводили с использованием прикладной программы Microsoft Office Excel.

Изложение материала. Дорожная пыль образуется в результате длительной эксплуатации дорожных покрытий, в первую очередь износа шин, тормозных колодок, дорожного покрытия, а также вследствие эрозии грунта, обработки земель, вспашки и сбора урожая, сноса зданий и строительных работ в городских условиях вблизи дорог. Каждая из этих составляющих вносит свой вклад в загрязнение атмосферы частицами разного размера и химического состава. Часто в состав пыли входят минеральные частицы, такие как слюда и кварц; песок и глина, основные компоненты которых образуются от разложения горных пород; частицы металлов; органические соединения, являющиеся продуктами разложения растительности, например, пылинки от листьев, веток и других растительных остатков, пыльца и микроорганизмы, элементы которых могут вызывать различные аллергические реакции у людей. Кроме того, составными компонентами пыли могут выступать микроорганизмы (бактерии, грибы, их споры), пылевые клещи, пыльца, а также антропогенные

примеси (частицы асфальта и резины — битумы, резиновая крошка). В качестве загрязняющих веществ дорожной пыли выступают тяжелые металлы, такие как свинец (Pb), кадмий (Cd), цинк (Zn), никель (Ni), хром (Cr), мышьяк (As), марганец (Mn), сурьма (Sb); полициклические ароматические углеводороды, например, бенз(а)пирен, флуорантен, пирен; пестициды, канцерогенные соединения, сажа, микропластик, что повышает опасность для здоровья человека и его жизнедеятельности, а также другие токсичные ингредиенты, которые способны поступать в пыль из выхлопных газов, в том числе соединения азота, окислы серы, и вследствие производственных процессов. В результате интенсивного увеличения транспорта и недостаточного уровня очищения улиц эта пыль попадает в атмосферный воздух и распространяется по городу. Естественными источниками происхождения дорожной пыли являются геологические процессы, такие как разрушение горных пород или выветривание, а также почва, когда ветер поднимает ее мелкие частицы, и атмосферные осадки путем сбора и переноса пыли дождевыми каплями.

Необходимо отметить, что один из факторов, способствующих образованию дорожной пыли, — это угольные котельные и производственные выбросы частиц в атмосферу. Для того чтобы их минимизировать, на предприятиях и в котельных ставятся уловительные системы и фильтры. Однако основным источником пыли в больших городах, включая Алчевск, является дорожный транспорт, а также в холодный период времени появляется дополнительный источник пыли — использование песко-соляных смесей и смесей, которые используются для борьбы с гололедом. В России этот последний компонент особенно не стоит недооценивать, потому что в крупных городах песко-соляных смесей иногда применяют до 100 тысяч тонн в сезон.

Загрязненность дорожной пылью в городе Алчевске и Перевальском районе продемонстрирована на рисунке 1.



Рисунок 1 — Загрязненность дорожной пылью в городе Алчевске и Перевальском районе

Механизмы образования пыли просты и заключаются в следующем описании. Во время интенсивного движения автотранспорт, проезжающий по дорогам, поднимает с поверхности пыль и мелкие частицы. Шины и тормозные системы при движении изнашиваются, выделяя мельчайшие частицы резины, металлов и других материалов. Строительные и ремонтные работы в городе вызывают условия для обнажения грунта, что увеличивает количество пыли в воздухе, создают пыль из цементных смесей и строительных материалов. Отсутствие покрытий на некоторых участках дорог, т. е. грунтовые и непрофессионально подготовленные поверхности дороги, также способствует образованию пыли. Эрозия грунтовых участков, особенно при отсутствии озеленения и защитных барьеров, также способствует образованию пыли. Наиболее активно она возникает в условиях сухого климата, когда ветры поднимают частички грунта и асфальта в воздух. В результате эти частицы попадают в атмосферу, образуя аэрозоль, который переносится ветром по всему городу.

Дорожная пыль представляет собой негативный фактор загрязнения окружающей среды, что проявляется в существенном ухудшении качества воздуха, создавая аэрозольные загрязнения, которые могут проникать глубоко в дыхательные пути человека и животных. Пыль, оседающая на поверхности почв, приводит к накоплению вредных веществ в грунте, приводя к снижению биоразнообразия почвенной микро- и мезофауны, изменениям физико-химических свойств почвы, а именно рН, засолению, структуры. При этом нарушается почвенное плодородие и биогеохимические циклы. Засоление почвы ведет к угнетению и гибели чувствительных видов растительности, накоплению токсинов в тканях растений (фитотоксичность металлов), а также забиванию устьиц листьев пылью, снижению фотосинтеза и транспирации, изменению видового состава растительных сообществ в придорожной зоне.

При сильной сушке загрязненные частицы могут переноситься на большие расстояния и попадать в водоемы с поверхностным стоком. Там они нарушают экологическое равновесие, способствуют загрязнению воды и донных отложений тяжелыми металлами и химическими веществами, а также затрудняют развитие водных организмов, оказывая токсическое воздействие на гидробионты, например, рыб, беспозвоночных, водорослей, и негативно влияют на растительность, оседая на листьях и препятствуя фотосинтезу. Это может привести к снижению качества воздуха и ухудшению состояния местной флоры. Водные объекты подвергаются эвтрофикации от попадания фосфора и азота, которые поступают из моющих средств и разлагающейся органики. Применение химических удобрений, а также загрязнение пылью могут негативно сказаться на биоразнообразии. Некоторые частицы, содержащиеся в дорожной пыли, например, углеродные соединения, способны влиять на климатические условия и способствовать глобальному потеплению.

Особую опасность дорожная пыль представляет для жителей крупных городов, особенно в районах с интенсивным движением. Она негативно сказывается на качестве воздуха, создавая аэрозольные загрязнения, которые аспирируются и попадают в дыхательные пути человека и животных. Особенно опасна мелкодисперсная пыль (размер менее 5 мкм), легко проникающая в легочные альвеолы и вызывающая воспалительные реакции. Благодаря своим физическим свойствам частицы проникают во внутреннюю среду организма, не задерживаясь в верхних дыхательных путях, а попадая сразу в альвеолы и получая почти прямой контакт с кровью [3]. Механизмы воздействия включают развитие воспалительных процессов в дыхательных путях, ухудшение общего состояния организма и повышение риска онкологических заболеваний. Дорожная пыль содержит множество вредных для здоровья веществ, включая

тяжелые металлы, токсичные химические элементы и патогенные микроорганизмы. Попадая в дыхательные пути человека, эти частицы могут вызывать аллергические реакции, что может усугублять симптомы аллергии и астмы; снижение иммунитета из-за попадания пыли в легкие вместе с кислородом и разрушения их изнутри, ухудшая таким образом качество жизни людей; респираторные заболевания, вследствие оседания пыли на слизистую оболочку дыхательных путей нарушается микроциркуляция и газообмен воздуха, что может привести к различным заболеваниям дыхательной системы, включая бронхит, хроническую обструктивную болезнь легких, пневмонию и даже рак легких; сердечно-сосудистые заболевания: вдыхаемые ультратонкие частицы могут транспортироваться в сосудистую систему и сердце, вызывая сердечную аритмию и снижение сократительной способности сердечной мышцы. Особенно уязвимы чувствительные люди с заболеваниями легких или сердца, а также люди пожилого возраста и дети.

Длительное воздействие дорожной пыли связано с развитием респираторных заболеваний, таких как бронхит, астма, пневмония, а также с ухудшением общего состояния здоровья. Тяжелые металлы, входящие в состав пыли, оказывают токсическое влияние, вызывая нарушения функций печени, почек, нервной системы. Люди, живущие вблизи транспортных магистралей, особенно чувствительны к этим воздействиям, а у уязвимых групп — детей, пожилых, аллергиков — риск развития осложнений значительно выше.

Дорожная пыль попадает в организм через дыхательные пути. Количество пыли, которое взрослый человек может вдыхать или проглатывать ежедневно, варьируется в зависимости от различных факторов, таких как место проживания, уровень загрязнения воздуха, образ жизни и т. д. Однако в среднем считается, что взрослый человек ежедневно пропускает через себя до 60 микрограммов пыли, большая часть

фильтруется организмом, но самые мелкие частицы задерживаются в легких. Важно отметить, что это лишь приблизительные оценки и фактические значения могут значительно варьироваться. В условиях сильного загрязнения или в пыльных помещениях количество вдыхаемой пыли может быть гораздо выше. Кроме того, пыль ухудшает санитарно-гигиенические условия жизни, загрязняет жилища, воду и продукты питания.

С целью сбора информации о восприятии и изучения общественного мнения о дорожной пыли как факторе загрязнения окружающей среды, оценке осведомленности населения о проблеме и выявлении возможных путей ее решения для улучшения экологической информации было проведено анкетирование жителей города Алчевска. Для удобства при ответе на вопросы анкеты вопросы были сгруппированы в несколько следующих взаимосвязанных блоков: демографические данные, в которых подробно описывался район и длительность проживания в городе, уровень образования, сфера деятельности/род занятий, половая принадлежность и возраст респондентов, расстояние от дома/места работы до ближайшей оживленной дороги. Во втором блоке изучали восприятие и оценку проблемы наличия чрезмерного количества пыли, которая находится не только на автомобильных дорогах, но и попадает в дома и на рабочие места жителей города, находясь в непосредственной близости и сопровождая в течение всего дня. В этом модуле вопросы посвящались актуальности проблемы, степени беспокойства и частоте столкновения с пылью. Следующая группа вопросов включала оценку экологической обстановки в городе в целом, а также воздействие дорожной пыли на здоровье опрашиваемого человека и членов его семьи, если такие случаи возникали. Оценивали влияние пыли на качество жизни (быт, отдых, внешний вид города). Кроме того, исследовали возможные источники частиц дорожной пыли и

факторы, наиболее сильно влияющие на количество ее в атмосферном воздухе, по мнению респондентов. В завершающем блоке изучали мнение об эффективности существующих мер по борьбе с пылью, готовность горожан участвовать в природоохранных мероприятиях и возможные предложения по улучшению экологической ситуации.

На основании реализованного исследования анкетным методом получены данные, некоторые из которых для наглядности показаны в графическом виде на рисунках 2–4.

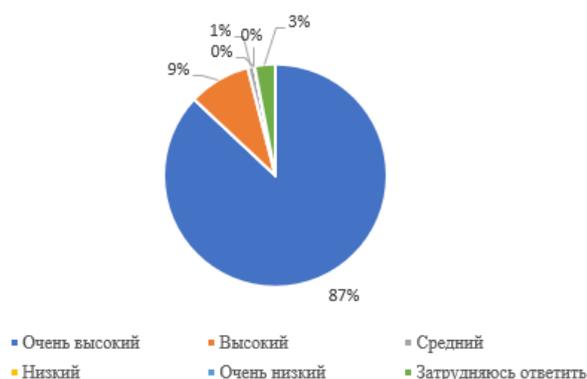


Рисунок 2 — Оценка уровня загрязнения и серьезности проблемы дорожной пыли в Алчевске (% респондентов)

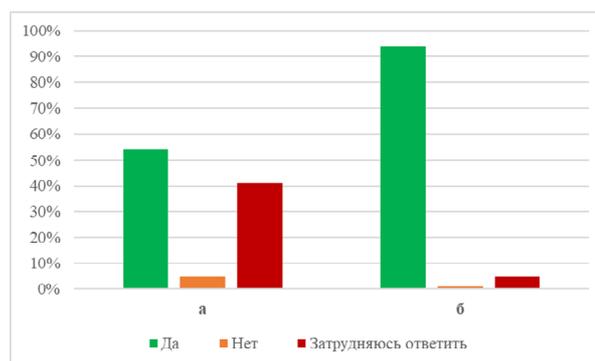


Рисунок 3 — Влияние дорожной пыли: а) на здоровье анкетированного или его родных и близких (% опрошенных, отмечавших, по их мнению, симптомы или негативные последствия); б) ухудшение внешнего облика города (% респондентов)

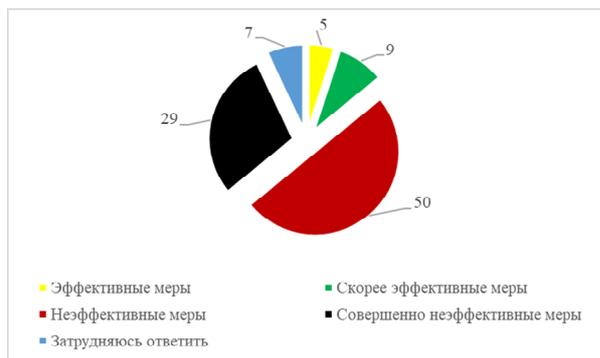


Рисунок 4 — Оценка эффективности мероприятий по уборке и поливу дорог и других способов борьбы с дорожной пылью (% анкетированных)

В анонимном анкетировании приняли участие почти в 2 раза больше женщин, чем мужчин. Наибольшая доля опрошенных находилась в диапазоне от 18 до 25 лет и 26–40 лет, проживающих во всех районах города Алчевска, и имеющих различный уровень образования, максимальное число из которых на данный момент являются студентами университета или уже получили высшее образование.

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что люди (82 %) серьезно обеспокоены экологической обстановкой в городе, которая на данный момент представляется им неблагоприятной. Это подтверждается данными опроса — 87 % анкетированных оценивают проблему загрязнения воздуха дорожной пылью как «очень высокую» и 9 % — «высокую» (рис. 2). Практически все респонденты замечают избыточное скопление пыли не только на дорогах, транспортных средствах, но и на подоконниках домов и мест работы, что подтверждает высокую степень осведомленности населения об исследуемой проблеме и значительное визуальное загрязнение города. Необходимо отметить, что наибольшая обеспокоенность проблемой чрезмерного количества пыли наблюдается у людей, проживающих вблизи металлургического предприятия и наиболее загруженных автодорог (почти 92 %). Среди факто-

ров образования пыли наиболее часто отмечали интенсивное движение автомобильного транспорта, отсутствие регулярной уборки улиц и выбросы Алчевского металлургического комбината, в меньшей степени выделяли строительные работы и ветровую эрозию незакрепленных грунтов.

Как видно из рисунка 3, только немного больше половины (54 %) опрошенных считают, что дорожная пыль оказывает негативное влияние на его здоровье или близких, что может свидетельствовать о недостаточной осведомленности населения о последствиях загрязнения воздуха, вызванного дорожной пылью. Однако многие предполагают, что обострение заболеваний дыхательных путей, участившиеся случаи аллергических реакций и в целом ухудшение общего самочувствия зачастую спровоцированы повышенной запыленностью воздуха, что продемонстрировано на рисунке 5. Также 94 % респондентов обеспокоены внешним видом города, который существенно ухудшает дорожная пыль, а многие из-за этого просто не хотят выходить на улицу. Кроме того, горожане упоминали, что им приходится делать гораздо чаще влажную уборку дома и на работе вместо того, чтобы восстанавливать силы и отдыхать или работать, соответственно.



Рисунок 5 — Негативные последствия, вызванные воздействием дорожной пыли (можно было выбрать несколько вариантов ответов) (% участников опроса, отмечавших клинические проявления перечисленных заболеваний)

При анализе эффективности существующих мероприятий по борьбе с пылью установлено, что приблизительно 79 % респондентов такую работу оценивают как «неэффективную» и «совершенно неэффективную», собственно, только 5 % опрошенных расценивают проводимые способы как эффективные (рис. 4).

Стоит отметить, что примерно 74 % участников анкетирования предварительно проявили желание участвовать в подготовке и проведении различных мероприятиях по улучшению экологической ситуации в нашем городе.

По мнению жителей города Алчевска, наиболее эффективными и актуальными способами защиты от вредного воздействия пыли являются следующие: систематическая, запланированная согласно графику, уборка автодорог, включая влажную (97 %), ремонт выбоин и асфальтирование грунтовых участков (около 80 %), а также ужесточение контроля за выбросами промышленных предприятий и их пылеподавление (почти 79 %). Несколько меньшее количество анкетированных (70 %) полагают, что необходимо расширять существующие площади зеленых насаждений.

Полученные результаты проведенного анкетирования указывают на то, что исследуемая проблема в значительной степени оказывает негативное воздействие на здоровье и уровень жизни местных жителей, ухудшая таким образом качество окружающей среды в целом. Поэтому необходимо повышать уровень информированности населения о последствиях загрязнения атмосферного воздуха, вызванного дорожной пылью, как для человека, так для всех живых организмов, и способах защиты от нее, что поможет привлечь к данной проблеме больше сознательных и экологически образованных людей, способных помочь нашему городу «дышать» чистым воздухом.

По итогам проведенного анкетирования были разработаны эффективные способы борьбы с дорожной пылью, которые пред-

ставлены ниже. Важно принимать во внимание, что для снижения уровня дорожной пыли и, соответственно, негативных последствий, необходимо внедрять комплексные мероприятия. К ним относятся следующие:

1. Улучшение дорожного покрытия, повышение его качества и долговечности: использование современных покрытий с низким износом и специальными материалами для уменьшения пылеобразования, а также асфальтирование проселочных дорог.

2. Регулярная и эффективная уборка и полив дорог: влажная уборка улиц (с очисткой стоков) и орошение дорог способствуют осаждению пылевых частиц и помогают удерживать пыль на поверхности. Особенно важна уборка после зимы (противогололедные реагенты с песком).

3. Снижение запыленности воздуха на грунтовых дорогах и обочинах: установка пылеуловителей и пылеулавливающих систем на транспорте и в автомоечных комплексах, использование связующих материалов (хлориды кальция/магния, полимерные эмульсии), гидросеяние трав может способствовать улучшению экологической обстановки и безопасности движения. Также необходимо укреплять обочины и бороться с эрозией почв.

4. Управление транспортным потоком и ограничение скорости автомобилей: снижение интенсивности движения, оптимизация скоростного режима на пыльных дорогах способствует уменьшению пылеобразования.

5. Применение защитных зеленых технологий вдоль дорог: озеленение улиц и тротуаров, создание зеленых насаждений вокруг дорог, которые задерживают пыль, может помочь в фильтрации пыли и улучшении качества воздуха. Древесно-кустарниковые полосы выступают как барьер для пыли и шума.

6. Внедрение экоинициатив в городской инфраструктуре: снижение уровня автомобильных выбросов [4] за счет перехода на экологичные виды топлива, например, при-

родный газ, биодизель, водород, позволяет снизить объём выбросов, что, в свою очередь, уменьшает количество пыли; развитие общественного транспорта и внедрение электромобилей, которые уменьшают износ тормозов за счет рекуперации, однако не решают проблему износа шин и покрытий полностью. Разработка и внедрение экологических шин и тормозных колодок приведет к уменьшению содержания в них токсичных компонентов.

7. Законодательное нормирование: принятие и строгое исполнение законодательных мероприятий, ограничивающих выбросы и стимулирующих использование экологически чистых технологий.

8. Замена песка на растворимые противогололедные материалы: использование растворимых смесей вместо песка уменьшает запыление, так как нерастворимые материалы стираются под колесами машин.

9. Совершенствование систем мониторинга путем развития методов измерения и моделирования выбросов дорожной пыли, а также создание экологических карт загрязнения.

10. Просвещение населения и формирование экологической культуры: пропаганда экологической ответственности помогает снижать объемы дорожной пыли и, соответственно, токсичных веществ. Привлечение населения города к участию в мероприятиях по улучшению экологической ситуации.

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, дорожная пыль — это сложная смесь, состоящая как из природных, так и из антропогенных компонентов. Она представляет собой серьезный и многогранный фактор загрязнения окружающей среды, оказывая негативное воздействие как на здоровье человека, так и на экосистемы, не только для города Алчевска и Перевальского района, но и для всей России, и требует внимания со стороны властей и общества, а также комплексного подхода к решению анализируемой проблемы для улучшения каче-

ства жизни горожан и состояния окружающей среды, поэтому важно контролировать и снижать ее количество в населенных пунктах. Ее роль в ухудшении качества воздуха и загрязнении почв и водных ресурсов требует системного подхода к управлению и профилактике.

Проведенное анкетирование населения г. Алчевска однозначно свидетельствует о значительной актуальности проблемы загрязнения окружающей среды дорожной пылью для жителей промышленного центра. Население четко осознает масштабы проблемы, ее основные источники (неудовлетворительная уборка, транспорт, промышленность, ветровая эрозия грунтов) и испытывает на себе ее негативные последствия для здоровья человека (респираторные симптомы, аллергические проявления) и качества жизни (частая уборка, ограничение пребывания на воздухе, эстетический дискомфорт), а также для растений и животных.

Выявлена крайне низкая оценка населением эффективности текущих мероприятий по борьбе с пылеобразованием и пылеподавлению. Население города Алчевска понимает, что необходимо срочно устранять сложившуюся неблагоприятную ситуацию с помощью внедрения комплекса эффективных мер, включающих как технические решения, так и природоохранные способы борьбы с дорожной пылью. Жители согласны принимать участие в мероприятиях по улучшению экологической ситуации в нашем городе и предлагают конкретные меры по снижению уровня запыленности и улучшению городской среды посредством усиления экологического контроля.

Полученные результаты подчеркивают необходимость включения проблемы дорожной пыли в приоритеты городской экологической политики Алчевска. Разработка и последовательная реализация комплексного плана по снижению пылевой нагрузки, учитывающего мнение жителей, является важным шагом для улучшения

экологической обстановки, охраны здоровья населения и повышения качества жизни в промышленном городе.

Современные технологические решения, экологическая политика и общественное участие являются ключами к снижению уровня дорожной пыли и сохранению экологического баланса в городах.

Осознание масштаба анализируемой проблемы и применение эффективных методов ее решения могут значительно улучшить качество жизни населения, содействуя здоровой и устойчивой окружающей среде. Реализация комплексного подхода, включающего в себя как технические и природоохранные, так и образовательные меры, станет ключевым шагом

на пути к созданию экологически безопасной и чистой городской среды.

Дальнейшие исследования рассматриваемой проблемы будут направлены на изучение долгосрочного эффекта дорожной пыли на здоровье населения города. А это, в свою очередь, будет осуществляться с помощью проведения научных экспериментов, включая определение химического состава пыли, а также выявление источников дорожной пыли и их сравнительный анализ. Кроме того, планируется внедрение предложенных мероприятий по уменьшению пыли на автодорогах и разработка математической модели для оценки воздействия таких мер на общее качество воздуха в городе.

Список источников

1. Касимов Н. С., Власов Д. В., Кошелева Н. Е. Химический состав дорожной пыли и ее фракции PM10 как индикатор загрязнения городской среды // *Экология и промышленность России*. 2021. Т. 25. № 10. С. 43–49. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-10-43-49. EDN: TXWEIN

2. Федорова В. С. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха города Алчевска // *65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации : сборник тезисов докладов юбилейной международной научно-технической конференции (Алчевск, 13–14 октября 2022 года) : в 2 ч.* Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. Ч. 2. С. 290–291. EDN: LKNKJH

3. Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека / А. С. Холодов, К. Ю. Кириченко, К. С. Задорнов, К. С. Голохваст // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 2019. № 2. С. 88–95. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-49-81-88. EDN: TEZQAU

4. Федорова В. С., Калева В. А. Автомобиль — средство передвижения или вред для окружающей среды? // *Сборник материалов XVI студенческой экологической научно-практической конференции ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (г. Алчевск, 25 апреля 2025 г.)*. Алчевск : ФГБОУ ВО «ДонГТУ», 2025. С. 45–52. EDN: IVOLLR

© Федорова В. С., 2025

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. ЭБЖД ДонГТУ Рутковским А. Ю., д.с-х.н., проф., зав. каф. экологии и природопользования ЛГАУ Ладыш И. А.

Статья поступила в редакцию 14.07.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Федорова Валерия Сергеевна, канд. фарм. наук, доцент, заведующий каф. экологии и безопасности жизнедеятельности
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru

Fyodorova V. S. (*Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, e-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru*)
ROAD DUST AS A NEGATIVE FACTOR IN ENVIRONMENTAL POLLUTION

The article examines the issue of environmental pollution caused by road dust. The composition of road dust is being analyzed, the main sources of its formation were identified. An overview of the mechanisms through which road dust impacts the atmosphere, soil, water, vegetation, and human health has been presented. Particular attention has been paid to the negative impact of particulate pollutants, high-density metals, and organic pollutants found in road dust. Based on the analysis conducted, comprehensive measures are proposed to reduce the formation and spread of road dust, including the improvement of road surface quality, regular street cleaning, urban greenery, limiting vehicle speed, and using the cleaner modes of transport. The need for coordinated efforts from the government, local authorities, businesses, and the population is emphasized in order to tackle the issue of environmental pollution caused by road dust and to create a cleaner and healthier urban environment.

Key words: *road dust, environmental pollution, industrial city, particulate pollutants, high-density metals, polycyclic aromatic hydrocarbon, transport, human health, polling, ecological safety, ecological consciousness.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Fyodorova Valeriya Sergeevna, *PhD in Pharmacy, Assistant Professor, Head of the Department of Ecology and Life Safety*
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: fvs.valeri@gmail.com

^{1,*}Капранов С. В., ²Капранова Г. В., ¹Тарабцев Д. В., ²Кравченко Т. Д.

¹Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии
в Луганской Народной Республике в г. Алчевске»,

²Научное объединение «Республиканская малая академия наук»

*E-mail: fbuz_alchevsk_87-2@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОБЛЮДЕНИЯ ВЗРОСЛЫМИ ЖИТЕЛЯМИ И ПОДРОСТКАМИ ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРОФИЛАКТИКИ ОСТРОЙ РЕСПИРАТОРНОЙ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ В ПЕРИОД ЭПИДЕМИИ COVID-19

Выполнена сравнительная оценка соблюдения взрослыми жителями различных возрастных групп и подростками гигиенических и противоэпидемических требований профилактики острой респираторной вирусной инфекции (ОРВИ) в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19. Установлено, что по всем основным критериям эпидемической безопасности удельный вес взрослых жителей, соблюдавших требования профилактики ОРВИ, достоверно выше по сравнению с подростками, посетившими общеобразовательные учреждения. С увеличением возраста жителей закономерно возрастает их озабоченность риском заболевания острыми респираторными вирусными инфекциями. Это обстоятельство является побудительным мотивом для принятия гражданами более старшего возраста строгих противоэпидемических мер. По сравнению с мужчинами женщины более ответственно относятся к необходимости соблюдения противоэпидемических требований по профилактике ОРВИ.

На основании результатов исследований разработаны профилактические рекомендации.

Ключевые слова: *взрослые граждане, подростки, ОРВИ, коронавирусная инфекция COVID-19, профилактические мероприятия.*

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Здоровье человека является важнейшим показателем и условием развития человека, общества и экономики. Оно рассматривается как главный фактор благополучия, успеха и устойчивого положения в обществе. В любом государстве здоровье нации выступает как мера качества жизни. Здоровье населения во многом определяет потенциал страны и ее национальную безопасность [1].

Одним из основных критериев здоровья является заболеваемость, которая включает в себя показатели, характеризующие уровень и структуру различных заболеваний всего населения или отдельных его групп, проживающих на определённой территории. Большая группа заболеваний населения представлена острой респираторной вирусной инфекцией (ОРВИ). ОРВИ (англ. viral respiratory infections) — общий термин для обозначения клинически и морфологически

подобных острых воспалительных заболеваний дыхательных путей и легких, вызываемых вирусами, тропными к мерцательному эпителию дыхательных путей. Является самой распространённой в мире группой заболеваний, объединяющей грипп, респираторно-синцитиальную, риновирусную, коронавирусную, аденовирусную и другие инфекции, вызывающие катаральные воспаления дыхательных путей. ОРВИ вызываются вирусами более 200 видов, в ряде случаев могут быть вызваны одновременно несколькими видами возбудителей. ОРВИ включают в себя различные инфекции, в том числе, грипп и COVID-19, могут также протекать как простуда, гриппоподобное заболевание, реже как тяжелая острая респираторная инфекция [2]. 30 января 2020 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила вспышку новой коронавирусной инфекции COVID-19 чрезвычайной ситуацией в области обще-

ственного здравоохранения, имеющей международное значение, а 11 марта — пандемией [3].

В результате исследований, проведенных в регионе Донбасса, было установлено, что подъем заболеваемости населения ОРВИ, пневмониями, коронавирусной инфекцией COVID-19, а также смертности от данной патологии отмечается в два периода времени: первый — зимне-весенний и второй — летне-осенний. При увеличении заболеваемости населения ОРВИ достоверно увеличивается заболеваемость пневмониями и коронавирусной инфекцией COVID-19, а также смертность от указанных заболеваний. В наибольшей степени закономерность увеличения заболеваемости выражена у взрослого населения, а увеличение смертности характерно только для жителей данной возрастной группы [4].

Эпидемия коронавирусной инфекции COVID-19, а также рост заболеваемости обычной ОРВИ являются основанием необходимости принятия эффективных противоэпидемических мероприятий. Следует отметить, что в принципиальном отношении большинство мероприятий по профилактике ОРВИ и COVID-19 идентичны.

В деятельности, направленной на предотвращение распространения ОРВИ и 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.); 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 коронавирус. Мероприятия, направленные на II звено, включают разрыв путей передачи вируса от источника инфекции восприимчивому здоровому организму. Мероприятия, направленные на III звено, предусматривают повышение устойчивости организма взрослых, детей и подростков к ОРВИ, коронавирусу COVID-19 и возбудителям других инфекционных заболеваний [5–8].

В предупреждении распространения коронавирусной инфекции большое значение имеет соблюдение жителями всех профессиональных и возрастных групп гигиенических и противоэпидемических требований, направленных на профилактику эпидемии [9].

В то же время, согласно результатам исследований, проведенных в одном из промышленных городов Донбасса, по многим критериям в период эпидемии коронавирусной инфекции значительная часть учащихся общеобразовательных учреждений не соблюдала требования профилактики COVID-19. Удельный вес девочек-подростков, соблюдавших основные требования профилактики распространения коронавирусной инфекции, достоверно выше по сравнению мальчиками. На основании результатов проведенных исследований разработаны профилактические рекомендации [10].

Постановка задачи. В связи с распространением среди населения острой респираторной вирусной инфекции, особенно в весенний и осенний периоды года, а также сохранением опасности возникновения новой эпидемии коронавирусной инфекции представляется актуальным подготовить и изучить сравнительную оценку соблюдения взрослыми гражданами и подростками требований профилактики ОРВИ.

Целью работы является сравнительная оценка соблюдения взрослыми жителями

различных возрастных групп и подростками гигиенических и противоэпидемических требований профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 с последующей разработкой необходимых профилактических рекомендаций.

Объект исследования — соблюдение взрослыми жителями и подростками, посещающими общеобразовательные учреждения, гигиенических и противоэпидемических требований профилактики ОРВИ.

Предмет исследования — взрослые жители различных возрастных групп и школьники в возрасте 15–17 лет обоего пола, фрагменты образа жизни, характеризующие соблюдение требований профилактики ОРВИ.

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 452 взрослых жителей (158 мужчин и 294 женщины) различных возрастных групп. Анкета под названием «Изучение соблюдения населением требований профилактики ОРВИ и COVID-19» включала всего 44 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 вакцинации.

В качестве контрольной группы для сравнения с взрослыми жителями были выбраны 752 учащихся (372 мальчика и 380 девочек) 9–11 классов в возрасте 14–17 лет, посещавших 11 общеобразовательных учреждений г. Алчевска. Анкетирование указанных школьников выполнено на добровольных условиях. Согласно Конвенции о правах ребенка, принятой Генеральной Ассамблеей ООН (резолюция 44/25 от 20 ноября 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 тоже, как и при анкетировании взрослых, 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. Результаты исследований по оценке соблюдения учащимися старших классов гигиенических и противоэпидемических требований профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 были обобщены и опубликованы в научном издании [10].

В настоящей работе по результатам анкетирования 452 взрослых жителей и 752 учащихся в возрасте 15–17 лет проведена сравнительная оценка соблюдения двумя разными возрастными группами людей гигиенических и противоэпидемических требований профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции. Для этого выполнен расчет удельного веса взрослых лиц и школьников в зависимости от соответствующих вариантов ответов на поставленные вопросы и проведено сравнение результатов ответов разных возрастных групп на одинаковые вопросы, изложенные в анкетах. Сравнение полученных данных выполнено по критерию Стьюдента.

Также по результатам анкетирования все взрослые граждане были распределены на группы по полу — мужчины и женщины, а также возрасту — 18–40 лет, 41–60 лет, а также 61 год и старше. Проведен расчет удельного веса взрослых лиц в зависимости от соответствующих вариантов ответов на поставленные вопросы. Сравнение полученных данных выполнено по критерию Стьюдента. Кроме того, для оценки влияния возраста жителей на степень соблюдения ими требований профилактики ОРВИ был использован метод «хи-квадрат» (χ^2).

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что в период эпидемии коронавирусной инфекции среди взрослых людей по сравнению со школьниками достоверно больше лиц, которые:

- располагали сведениями об основных симптомах заболевания, вызванного коронавирусной инфекцией COVID-19 (различие в 1,28 раза достоверно при $p < 0,001$);
- старались избегать людных мест (различие в 1,52 раза, $p < 0,001$);
- использовали любую возможность для соблюдения социальной дистанции не менее 1,5 метра друг от друга (различие в 1,76 раза, $p < 0,001$);
- старались чаще ходить пешком (а не пользоваться общественным транспортом) для снижения риска заражения коронавирусом (различие в 1,10 раза, $p = 0,013$);
- избегали по возможности контактов с больными людьми (различие в 1,04 раза, $p = 0,022$);
- воздерживались от рукопожатий при встрече и/или прощании с людьми (различие в 2,72 раза, $p < 0,001$);
- не касались немытыми руками лица, рта, носа и глаз (различие в 1,47 раза, $p < 0,001$);
- закрывали носовым платком (салфеткой и др.) рот и нос при чихании и кашле (различие в 1,25 раза, $p < 0,001$);
- применяли в общественных местах средства индивидуальной защиты органов дыхания — марлевые маски и др. (различие в 1,24 раза, $p < 0,001$);
- своевременно (через 2 часа) меняли средства индивидуальной защиты органов дыхания (различие в 1,44 раза, $p < 0,001$);
- регулярно проветривали наружным воздухом помещения мест учебы, работы (различие в 2,46 раза, $p < 0,001$);
- ежедневно осуществляли влажную уборку помещений квартиры (различие в 1,56 раза, $p < 0,001$);
- ежедневно осуществляли влажную уборку помещений мест учебы, работы (различие в 1,19 раза, $p < 0,001$);

– использовали для уборки помещений пребывания дезинфицирующие средства, содержащие хлорреагенты, спирт и т. д. (различие в 1,28 раза, $p < 0,001$);

– регулярно мыли руки с мылом перед приемом пищи (различие в 1,12 раза, $p < 0,001$);

– использовали для мытья рук обеззараживающие средства — специальный антисептик, спирт и т. д. (различие в 1,37 раза, $p < 0,001$);

– регулярно пользовались индивидуальным полотенцем для соблюдения личной гигиены (различие в 1,20 раза, $p < 0,001$);

– регулярно протирали влажными антисептическими салфетками предметы, которые были использованы в общественных местах, в транспорте — сумки, телефоны и т. д. (различие в 1,44 раза, $p < 0,001$).

Таким образом, в период эпидемии коронавирусной инфекции по всем основным критериям удельный вес взрослых жителей, соблюдающих требования профилактики ОРВИ, достоверно выше по сравнению с подростками, посещавшими общеобразовательные учреждения.

Исключением является только то обстоятельство, что количество лиц, которые регулярно утром, днем и вечером проветривали наружным воздухом помещения квартиры, достоверно больше среди подростков — $43,62 \pm 1,81$ %, по сравнению со взрослыми жителями — $43,62 \pm 1,81$ % (различие в 1,36 раза, $p < 0,001$). Указанный результат исследования, по нашему мнению, связан с особенностью менталитета молодых людей, более уверенных в своем здоровье и не опасющихся простудиться в результате открытия окон и форточек. Полученные данные представлены в таблице 1.

На следующем этапе проведенных исследований установлено, что взрослых лиц, избегавших людных мест для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19, достоверно больше в возрастной группе 61 год и старше — $84,71 \pm 3,90$ %, по сравнению с лица-

ми в возрасте 41–60 лет — $75,00 \pm 2,87$ % ($p = 0,048$) и 18–40 лет — $71,22 \pm 3,84$ % ($p = 0,016$). И наоборот, удельный вес жителей, которые не избегали людных мест, ниже в возрасте 61 года и старше — $2,35 \pm 1,64$ %, чем в 41–60 лет — $7,02 \pm 1,69$ % ($p = 0,050$) и 18–40 лет — $10,07 \pm 2,55$ % ($p = 0,013$). Аналогичная закономерность ха-

рактерна также отдельно в группах мужчин и женщин. Влияние возраста в принятии решения избегать людных мест для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 подтверждается с использованием метода «хи-квадрат» в группе мужчин — $\chi^2 = 11,484$ ($p = 0,021$). Данные представлены в таблице 2.

Таблица 1

Распределение взрослых жителей и школьников в зависимости от соблюдения ими основных требований профилактики ОРВИ в период эпидемии COVID-19, % ($n = 1042$)

Соблюдение требований профилактики ОРВИ	Удельный вес лиц в зависимости от соблюдения требований профилактики ОРВИ, %		Кратность различия	p
	взрослые	школьники		
1	2	3	4	5
Располагали сведениями об основных симптомах заболевания, вызванного коронавирусной инфекцией COVID-19	$92,48 \pm 1,24$	$72,21 \pm 1,63$	1,28	< 0,001
Старались избегать людных мест	$75,66 \pm 2,02$	$49,87 \pm 1,82$	1,52	< 0,001
Использовали любую возможность для соблюдения социальной дистанции не менее 1,5 метра друг от друга	$80,97 \pm 1,85$	$45,88 \pm 1,82$	1,76	< 0,001
Старались чаще ходить пешком (а не пользоваться общественным транспортом) для снижения риска заражения коронавирусом	$73,67 \pm 2,07$	$67,02 \pm 1,71$	1,10	0,013
Избегали по возможности контактов с больными людьми	$92,68 \pm 1,23$	$88,83 \pm 1,15$	1,04	0,022
Воздерживались от рукопожатий при встрече и/или прощании с людьми	$65,93 \pm 2,23$	$24,20 \pm 1,56$	2,72	< 0,001
Не касались невымытыми руками лица, рта, носа и глаз	$54,65 \pm 2,34$	$37,10 \pm 1,76$	1,47	< 0,001
Закрывали носовым платком (салфеткой и др.) рот и нос при чихании и кашле	$91,15 \pm 1,34$	$72,74 \pm 1,62$	1,25	< 0,001
Применяли в общественных местах средства индивидуальной защиты органов дыхания (марлевые маски и др.)	$96,24 \pm 0,90$	$77,39 \pm 1,53$	1,24	< 0,001
Своевременно (через 2 часа) меняли средства индивидуальной защиты органов дыхания	$45,45 \pm 2,35$	$31,52 \pm 1,69$	1,44	< 0,001
Регулярно утром, днем и вечером проветривали наружным воздухом помещения квартиры	$32,15 \pm 2,20$	$43,62 \pm 1,81$	1,36*	< 0,001
Регулярно проветривали наружным воздухом помещения мест учебы, работы	$26,16 \pm 2,07$	$10,64 \pm 1,12$	2,46	< 0,001
Ежедневно осуществляли влажную уборку помещений квартиры	$38,84 \pm 2,30$	$24,87 \pm 1,58$	1,56	< 0,001
Ежедневно осуществляли влажную уборку помещений мест учебы, работы	$68,11 \pm 2,35$	$57,31 \pm 1,80$	1,19	< 0,001

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Использовали для уборки помещений пребывания моющие средства (мыло, стиральные пасты и порошки, другие)	85,84±1,64	84,44±1,32	-	> 0,05
Использовали для уборки помещений пребывания дезинфицирующие средства (содержащие хлорреагенты, спирт и т. д.)	76,77±1,99	59,84±1,79	1,28	< 0,001
Регулярно мыли руки с мылом перед приемом пищи	97,35±0,76	86,83±1,23	1,12	< 0,001
Использовали для мытья рук обеззараживающие средства (специальный антисептик, спирт и т. д.)	80,53±1,86	58,91±1,79	1,37	< 0,001
Регулярно пользовались индивидуальным полотенцем для соблюдения личной гигиены	94,03±1,12	78,06±1,51	1,20	< 0,001
Регулярно протирали влажными антисептическими салфетками предметы, которые были использованы в общественных местах, в транспорте (сумки, телефоны и т. д.)	70,13±2,15	48,80±1,82	1,44	< 0,001

*Лиц, которые регулярно проветривали наружным воздухом помещения квартиры, достоверно больше среди подростков, по сравнению со взрослыми жителями (различие в 1,36 раза, $p < 0,001$).

Таблица 2

Распределение взрослых жителей в зависимости от их склонности избегать людных мест для профилактики ОРВИ, % (n = 452)

Возраст взрослых лиц	Удельный вес взрослых с различной склонностью избегать людных мест, %:		
	избегали регулярно, часто	избегали редко	не избегали
Общая группа (мужчины + женщины)			
18–40 лет	71,22±3,84	18,71±3,31	10,07±2,55
41–60 лет	75,00±2,87	17,98±2,54	7,02±1,69
61 год и старше	84,71±3,90	12,94±3,64	2,35±1,64
Все возрастные группы	75,66±2,02	17,26±1,78	7,08±1,21
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 2,46, p_{1,3} = 0,016,$ $t_{2,3} = 2,00, p_{2,3} = 0,048$	$p > 0,05$	$t_{1,3} = 2,54, p_{1,3} = 0,013,$ $t_{2,3} = 1,98, p_{2,3} = 0,050$
Мужчины, $\chi^2 = 11,484, p = 0,021, n = 4$			
18–40 лет	76,09±6,29	6,52±3,64	17,39±5,59
41–60 лет	66,29±5,01	22,47±4,42	11,24±3,35
61 год и старше	91,30±5,88	8,70±5,88	0
Все возрастные группы	72,79±3,54	15,82±2,90	11,39±2,53
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{2,3} = 3,24, p_{2,3} = 0,003$	$t_{1,2} = 2,78, p_{1,2} = 0,007$	$t_{1,3} = 3,11, p_{1,3} = 0,004,$ $t_{2,3} = 3,36, p_{2,3} = 0,002$
Женщины			
18–40 лет	68,82±4,80	24,73±4,47	6,45±2,55
41–60 лет	80,57±3,36	15,11±3,04	4,32±1,72
61 год и старше	82,26±4,85	14,52±4,47	3,22±2,24
Все возрастные группы	77,21±2,45	18,03±2,24	4,76±1,24
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,2} = 2,01, p_{1,3} = 0,047,$ $t_{2,3} = 1,97, p_{2,3} = 0,050$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Различия между полами, t/p	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$t = 2,35, p = 0,020$

Полученные результаты исследований указывают на то, что с увеличением возраста жителей достоверно возрастает их убежденность в необходимости избегать людных мест для профилактики ОРВИ.

Удельный вес граждан, не избегавших людных мест, достоверно выше в группе мужчин — $11,39 \pm 2,53$ %, чем среди женщин — $4,76 \pm 1,24$ % ($p = 0,020$). Следовательно, женщины проявляли большую озабоченность состоянием своего здоровья в период эпидемии коронавирусной инфекции.

Взрослых жителей, которые для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 соблюдали

социальную дистанцию не менее 1,5 метра друг от друга, больше в возрастной группе 61 год и старше — $89,41 \pm 3,34$ %, по сравнению с лицами в возрасте 41–60 лет — $78,51 \pm 2,72$ % ($p = 0,013$) и 18–40 лет — $79,86 \pm 3,40$ % ($p = 0,047$). Аналогичная закономерность характерна также отдельно в группах мужчин и женщин. Влияние возраста в принятии решения о соблюдении установленной социальной дистанции для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 подтверждается с использованием метода «хи-квадрат» в группе мужчин — $\chi^2 = 11,080$ ($p = 0,026$). Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3

Распределение взрослых жителей в зависимости от соблюдения ими социальной дистанции для профилактики ОРВИ, % ($n = 452$)

Возраст взрослых лиц	Удельный вес взрослых с различной склонностью к соблюдению социальной дистанции, %:		
	соблюдали регулярно, часто	соблюдали редко	не соблюдали
Общая группа (мужчины + женщины)			
18–40 лет	$79,86 \pm 3,40$	$15,11 \pm 3,04$	$5,03 \pm 1,86$
41–60 лет	$78,51 \pm 2,72$	$16,67 \pm 2,47$	$4,82 \pm 1,42$
61 год и старше	$89,41 \pm 3,34$	$5,88 \pm 2,55$	$4,71 \pm 1,64$
Все возрастные группы	$80,97 \pm 1,85$	$14,16 \pm 1,64$	$4,87 \pm 1,01$
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 2,01, p_{1,3} = 0,047, t_{2,3} = 2,53, p_{2,3} = 0,013$	$t_{1,3} = 2,33, p_{1,3} = 0,022, t_{2,3} = 3,04, p_{2,3} = 0,003$	$p > 0,05$
Мужчины, $\chi^2 = 11,080, p = 0,026, n = 4$			
18–40 лет	$86,95 \pm 4,97$	$8,70 \pm 4,15$	$4,35 \pm 3,01$
41–60 лет	$66,29 \pm 5,01$	$26,97 \pm 4,70$	$6,74 \pm 2,66$
61 год и старше	$91,30 \pm 5,88$	$8,70 \pm 5,88$	0
Все возрастные группы	$75,95 \pm 3,40$	$18,99 \pm 3,12$	$5,06 \pm 1,74$
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,2} = 2,93, p_{1,3} = 0,005, t_{2,3} = 3,24, p_{2,3} = 0,003$	$t_{1,2} = 2,91, p_{1,3} = 0,005, t_{2,3} = 2,43, p_{2,3} = 0,020$	$t_{2,3} = 2,54, p_{2,3} = 0,016$
Женщины			
18–40 лет	$76,34 \pm 4,41$	$18,28 \pm 4,01$	$5,38 \pm 2,34$
41–60 лет	$86,33 \pm 2,91$	$10,07 \pm 2,55$	$3,60 \pm 1,58$
61 год и старше	$88,71 \pm 4,02$	$4,84 \pm 2,73$	$6,45 \pm 3,12$
Все возрастные группы	$83,67 \pm 2,16$	$11,57 \pm 1,87$	$4,76 \pm 1,24$
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,3} = 2,07, p_{1,3} = 0,042,$	$t_{1,3} = 2,77, p_{1,3} = 0,007,$	$p > 0,05$
Различия между полами, t/p	$p > 0,05$	$t = 2,04, p = 0,042$	$p > 0,05$

Полученные данные свидетельствуют о том, что при увеличении возраста жителей достоверно возрастает их убежденность в необходимости соблюдения социальной дистанции не менее 1,5 метра для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавируса инфекции.

Удельный вес жителей, которые для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 избегали здороваться за руку, выше в группе людей 61 год и старше — 74,12±4,75 %, по сравнению с лицами в возрасте 41–60 лет — 62,72±3,20 % ($p = 0,049$). И наоборот, лиц, регулярно или часто здоровавшихся за ру-

ку, меньше среди людей 61 год и старше — 9,41±3,17 %, чем 41–60 лет — 18,42±2,57 % (различия в 2 раза достоверны ($p = 0,029$)). Аналогичная закономерность характерна также отдельно в группах мужчин и женщин. Данные представлены в таблице 4.

Следовательно, в период эпидемии коронавирусной инфекции при увеличении возраста жителей достоверно снизилось их желание здороваться за руку.

Мужчин, которые даже в период эпидемии коронавирусной инфекции систематически здоровались за руку, выявлено в 3,7 раза больше, по сравнению с женщинами.

Таблица 4

Распределение взрослых жителей в зависимости от их склонности не здороваться за руку для профилактики ОРВИ, % ($n = 452$)

Возраст взрослых лиц	Удельный вес взрослых с различной склонностью не здороваться за руку, %:		
	не здоровались за руку	здоровались за руку редко	здоровались за руку регулярно, часто
Общая группа (мужчины + женщины)			
18–40 лет	66,19±4,01	19,42±3,36	14,39±2,98
41–60 лет	62,72±3,20	18,86±2,59	18,42±2,57
61 год и старше	74,12±4,75	16,47±4,02	9,41±3,17
Все возрастные группы	65,93±2,23	18,58±1,83	15,49±1,70
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{2,3} = 1,99, p_{2,3} = 0,049$	$p > 0,05$	$t_{2,3} = 2,21, p_{2,3} = 0,029$
Мужчины			
18–40 лет	43,48±7,31	26,09±6,47	30,43±6,78
41–60 лет	25,84±4,64	38,20±5,15	35,96±5,09
61 год и старше	34,78±9,93	47,83±10,42	17,39±7,90
Все возрастные группы	32,28±3,72	36,08±3,82	31,64±3,70
Различия между возрастными группами, t/p	$t_{1,2} = 2,04, p_{1,3} = 0,046,$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Женщины			
18–40 лет	77,42±4,34	16,13±3,81	6,45±2,55
41–60 лет	86,33±2,91	6,48±2,09	7,19±2,19
61 год и старше	88,71±4,02	4,84±2,73	6,45±3,12
Все возрастные группы	84,02±2,14	9,18±1,68	6,80±1,47
Различия между возрастными группами, t/p	$p > 0,05$	$t_{1,2} = 2,22, p_{1,3} = 0,028,$ $t_{1,3} = 2,41, p_{1,3} = 0,018$	$p > 0,05$
Различия между полами, t/p	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

Жителей, которые для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции регулярно или часто мыли руки перед приемом пищи, больше в группе лиц 61 год и старше — 100,00±0,00 %, чем в возрасте 41–60 лет — 96,49±1,22 % (p=0,005) и 18–40 лет — 97,12±1,42 % (p=0,045). При этом в возрастной группе 61 год и старше отсутствовали граждане, которые не мыли руки перед приемом пищи. Следовательно, при увеличении возраста жителей возрастает их убежденность в необходимости мытья рук перед приемом пищи для профилактики ОРВИ в период эпидемии коронавирусной инфекции. Данные представлены в таблице 5.

Далее выполнен сравнительный анализ соблюдения взрослыми гражданами разного пола основных мероприятий по профилактике ОРВИ во время эпидемии COVID-19. Установлено, что в этот период в нарушение противоэпидемических требований удельный вес жителей, которые регулярно

или часто касались неммытыми руками лица, рта, носа и глаз достоверно выше в группе мужчин — 13,29±2,70 %, по сравнению с женщинами — 6,80±1,47 %, различие в 2 раза достоверно (p = 0,036). И наоборот, лиц, не касавшихся этих частей тела неммытыми руками, больше среди женщин — 58,16±2,88 %, чем в группе мужчин — 48,10±3,98 % (p = 0,042).

Удельный вес жителей, регулярно или часто применявших средства индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания, выше среди женщин — 98,30±0,75 %, по сравнению с мужчинами — 92,41±2,11 % (p = 0,009). Граждан, своевременно (через 2 часа использования) менявших СИЗ органов дыхания, также больше в группе женщин — 49,83±2,92 %, чем в группе мужчин — 37,34±3,85 % (p = 0,011). И наоборот, лиц, которые меняли СИЗ органов дыхания через 2 и более суток, больше среди мужчин — 8,86±2,26 %, по сравнению с мужчинами — 2,39±0,89 % (p = 0,008).

Таблица 5

Распределение взрослых жителей в зависимости от их склонности мыть руки с мылом перед приемом пищи для профилактики ОРВИ, % (n = 452)

Возраст взрослых лиц	Удельный вес взрослых с различной склонностью мыть руки с мылом перед приемом пищи, %:		
	мыли руки регулярно, часто	мыли руки редко	не мыли руки
Общая группа (мужчины + женщины)			
18–40 лет	97,12±1,42	0,72±0,72	2,16±1,23
41–60 лет	96,49±1,22	0,88±0,62	2,63±1,06
61 год и старше	100,00±0,00	0	0
Все возрастные группы	97,35±0,76	0,66±0,38	1,99±0,66
Различия между возрастными группами, t/p	t _{1,3} = 2,03, p _{1,3} = 0,045, t _{2,3} = 2,88, p _{2,3} = 0,005	p > 0,05	t _{2,3} = 2,48, p _{2,3} = 0,014
Женщины			
18–40 лет	96,77±1,83	1,08±1,07	2,15±1,50
41–60 лет	96,40±1,58	0,72±0,72	2,88±1,42
61 год и старше	100,00±0,00	0	0
Все возрастные группы	97,28±0,95	0,68±0,48	2,04±0,83
Различия между возрастными группами, t/p	t _{2,3} = 2,28, p _{2,3} = 0,025	p > 0,05	t _{2,3} = 2,03, p _{2,3} = 0,045
Различия между полами, t/p	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Примечание: в группе мужчин различия не достоверны (p > 0,05).

Лиц, ежедневно осуществлявших влажную уборку помещений места работы, больше среди женщин — $72,62 \pm 2,75$ %, чем в группе мужчин — $58,91 \pm 4,33$ % ($p = 0,008$). В то же время жителей, которые очень редко проводили влажную уборку этих помещений, наоборот, больше среди мужчин — $9,30 \pm 2,56$ %, по сравнению с женщинами — $2,66 \pm 0,99$ % ($p = 0,017$). При этом лиц, не использовавших для уборки помещений своего пребывания моющие средства, также больше среди мужчин — $10,13 \pm 2,40$ %, чем среди женщин — $3,40 \pm 1,06$ %, различие в 3 раза достоверно ($p = 0,011$).

Удельный вес граждан, которые для мытья рук регулярно или часто использовали обеззараживающие средства (специальный антисептик, спирт и т. д.), выше в группе женщин — $83,67 \pm 2,16$ %, чем в группе мужчин — $74,68 \pm 3,46$ % ($p = 0,028$). При этом лиц, не использовавших для мытья рук обеззараживающие средства, наоборот, больше среди мужчин — $14,56 \pm 2,81$ %, по сравнению с женщинами — $7,48 \pm 1,54$ % ($p = 0,028$).

На заключительном этапе работ было установлено, что граждан, которые регулярно или часто протирали влажными антисептическими салфетками предметы, используемые в общественных местах, в транспорте (сумки, телефоны и т. д.), больше среди женщин — $74,49 \pm 2,54$ %, чем в группе мужчин — $62,03 \pm 3,86$ % ($p = 0,008$). И наоборот, удельный вес лиц, не использовавших антисептические салфетки в общественных местах, выше среди мужчин — $21,52 \pm 3,27$ %, по сравнению с женщинами — $8,84 \pm 1,66$ %, различия в 2,4 раза достоверны ($p < 0,001$).

Полученные данные указывают на то, что женщины по сравнению с мужчинами более ответственно относятся к необходимости соблюдения противоэпидемических требований по профилактике ОРВИ.

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, в период эпидемии коронавирусной инфекции по

всем основным критериям эпидемической безопасности удельный вес взрослых жителей, соблюдавших требования профилактики ОРВИ, достоверно выше по сравнению с подростками, посещавшими общеобразовательные учреждения.

Исключением является только то обстоятельство, что количество лиц, которые регулярно утром, днем и вечером проветривали наружным воздухом помещения квартиры, в 1,36 раза больше среди подростков, по сравнению со взрослыми жителями ($p < 0,001$). Полученный результат исследования, по нашему мнению, связан с особенностью менталитета молодых людей, более уверенных в своем здоровье и не опасющихся простудиться в результате открытия окон и форточек.

Согласно результатам проведенных исследований, с увеличением возраста жителей закономерно возрастает их озабоченность риском заболевания острыми респираторными вирусными инфекциями. При этом очевидно увеличиваются опасения преждевременного ухода из жизни по причине болезни. Это обстоятельство, особенно в период эпидемии COVID-19, являлось побудительным мотивом для принятия гражданами более старшего возраста строгих противоэпидемических мер. Особенно это касается стремления избегать людных мест, обеспечивать соблюдение социальной дистанции не менее 1,5 метра, не допускать здороваться за руку и реализовать необходимость мытья рук перед приемом пищи.

Установлено, что по сравнению с мужчинами женщины более ответственно относятся к необходимости соблюдения противоэпидемических требований по профилактике ОРВИ. По нашему мнению, это обстоятельство в определенной мере обусловлено тем, что женщины в более значительной мере, чем мужчины, осуществляют воспитание детей и внуков, внушая им необходимость соблюдения основных элементов поведения, направленных на профилактику инфекционных и других болез-

ней (например, избегать касания невымытыми руками лица, рта, носа и глаз, мыть руки перед приемом пищи и другие). При этом в процессе обучения детей и внуков женщины естественно вынуждены являться для них примером соблюдения противоэпидемических мер. Кроме того, обычно достаточно высокое чувство ответственности женщин за дальнейшую судьбу и благополучие своего потомства является побудительным мотивом для сохранения собственного женского здоровья на более длительный срок, что также способствует бо-

лее строгому соблюдению женщинами противоэпидемических мер.

Данная ситуация может рассматриваться как одна из причин более высокой средней продолжительности жизни женского населения по сравнению с мужским.

В целях снижения риска заболеваемости ОРВИ и другими инфекционными болезнями следует рекомендовать повышение эффективности санитарно-просветительной работы в первую очередь среди молодого поколения (особенно школьников) и среди мужчин.

Список источников

1. Каратаева Т. А. Здоровье населения как важный фактор экономической безопасности // Вестник Алтайской академии экономического права. 2018. № 5. С. 142–145. EDN: YTAGST
2. *Viral Respiratory Infections*. SA Health. Government of South Australia, 2019. 3 p. URL: <https://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/a46eeb51-8511-44bc-aeef-d0a2ea4b6e50/ViralRespiratoryInfections-YGW-20191114.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-a46eeb51-8511-44bc-aeef-d0a2ea4b6e50-nKQH4AL>.
3. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 — 3 March 2020 [Electronic resource] // World Health Organization : [website]. [2025]. URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---3-march-2020>.
4. Оценка связи заболеваемости населения острыми респираторно-вирусными инфекциями, пневмониями, COVID-19 и смертности от COVID-19 и пневмоний / С. В. Капранов, Е. С. Фролова, Ю. А. Округин, Д. В. Тарабцев // Экологический вестник Донбасса. 2022. № 6. С. 9–18. EDN: HCYDGL
5. Капранов С. В. Коронавирусная болезнь COVID-19. Что делать? // Здоровье. 2020. № 10 (51). С. 4.
6. Kapranov S., Kapranova Y. COVID-19 (coronavirus). COSA FARE? // SPAZIO DEM. 2020. Mar. 30. P. 45–47.
7. Капранов С. В., Бойченко П. К. Профилактика коронавирусной инфекции COVID-19. Луганск : [б. и.], 2022. 124 с.
8. Kapranov S. V., Boychenko P. K. Prevention of coronavirus infection COVID-19. 3-rd ed., reprint. and add. Lugansk, 2024. 116 p.
9. Прилуцкий А. С. Коронавирусная болезнь 2019. Часть 2 : Клиника, диагностика, лечение, профилактика // Вестник гигиены и эпидемиологии. 2020. Т. 24. № 1. С. 87–101.
10. Оценка соблюдения учащимися старших классов гигиенических и противоэпидемических требований профилактики коронавирусной инфекции COVID-19 / С. В. Капранов, Г. В. Капранова, Д. В. Тарабцев, Е. С. Соленая // Экологический вестник Донбасса. 2022. № 4. С. 12–20. EDN: IUVRIY

© Капранов С. В., Тарабцев Д. В., 2025

© Капранова Г. В., Кравченко Т. Д., 2025

Рекомендована к печати врачом-эпидемиологом Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Луганской Народной Республике в г. Алчевске» Конюх Л. Н., врачом-методистом кабинета санитарного образования ГБУ здравоохранения «Алчевская центральная городская многопрофильная больница» ЛНР Ермоленко В. Д.

Статья поступила в редакцию 30.07.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Капранов Сергей Владимирович, д-р мед. наук, главный врач
Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Луганской Народной Республике в г. Алчевске»,
г. Алчевск, Россия, e-mail: fbuz_alchevsk_87-2@mail.ru

Капранова Галина Викторовна, канд. пед. наук, руководитель научной секции «Биология»
Научное объединение «Республиканская малая академия наук»,
г. Алчевск, Россия

Тарабцев Денис Витальевич, инженер
Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Луганской Народной Республике в г. Алчевске»,
г. Алчевск, Россия

Кравченко Тимур Дмитриевич, слушатель секции «Медицина»
Научное объединение «Республиканская малая академия наук»,
г. Алчевск, Россия

Kapranov S. V. (Branch Office of FBHI “Center for Hygiene and Epidemiology in the Lugansk People’s Republic in Alchevsk”, e-mail: fbuz_alchevsk_87-2@mail.ru), **Kapranova G. V.** (Scientific Association “Republican Small Academy of Sciences”), **Tarabtsev D. V.** (Branch Office of FBHI “Center for Hygiene and Epidemiology in the Lugansk People’s Republic in Alchevsk”), **Kravchenko T. D.** (Scientific Association “Republican Small Academy of Sciences”)

COMPARATIVE ASSESSMENT OF ADULT RESIDENTS’ AND ADOLESCENTS’ COMPLIANCE WITH HYGIENIC AND ANTI-EPIDEMIC REQUIREMENTS FOR THE PREVENTION OF ACUTE RESPIRATORY VIRUS INFECTION DURING THE COVID-19 EPIDEMIC

A comparison assessment was made between the compliance of adult residents of various age groups and adolescents with hygienic and anti-epidemic requirements to prevent acute respiratory virus infection (ARVI) during the COVID-19 coronavirus pandemic. It was found that, according to all the main criteria of epidemiological safety, the proportion of adult residents who comply with the requirements for ARVI prevention is reliably higher than that of adolescents who attend general education institutions. With increasing age of residents, their concern about the risk of contracting acute respiratory virus infections expectedly increases. This circumstance is a motivating factor for older citizens to adopt stricter anti-epidemic measures. Compared to men, women tend to take a more responsible approach to adhering to the epidemiological measures of ARVI prevention.

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

Key words: adult residents, adolescents, ARVI, COVID-19 coronavirus infection, preventive measures.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kapranov Sergey Vladimirovich, Doctor of Medicine, Chief Physician
Branch Office of FBHI “Center for Hygiene and Epidemiology in the Lugansk People’s Republic in Alchevsk”
Alchevsk, Russia, e-mail: fbuz_alchevsk_87-2@mail.ru

Kapranova Galina Viktorovna, PhD in Pedagogic Sciences, Leader of the Scientific Section “Biology”
Scientific Association “Republican Small Academy of Sciences”,
Alchevsk, Russia

Tarabtsev Denis Vitaliievich, Engineer
Branch Office of FBHI “Center for Hygiene and Epidemiology in the Lugansk People’s Republic in Alchevsk”
Alchevsk, Russia

Kravchenko Timur Dmitrievich, Listener of the Scientific Section “Medicine”
Scientific Association “Republican Small Academy of Sciences”,
Alchevsk, Russia

**Долгих В. П., Кусайко Н. П.
Донбасский государственный технический университет
E-mail: vidoscience@mail.ru

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕТОДИКИ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСЧЕТА ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ р. БЕЛАЯ, ЛНР)

Предложена методика нейросетевого расчета химических показателей качества воды. Приведены этапы расчета, которые учитывают мониторинговую информацию о рассчитываемом компоненте, наличие регламентированных расчетных методик, внешние факторы, оказывающие влияние на загрязнение водосборной территории, самообучение и проверку построенной модели на адекватность путем выполнения серии симуляций на данных, не входящих в обучающую выборку нейросети. На примере данных по сухому остатку апробирован алгоритм градиентного бустинга (CatBoost), погрешность которого в сравнении с экспериментальными данными составила 4,83 %. Алгоритм расчета учитывает влияние внешних факторов (метеоданных) и внутренних связей между другими компонентами.

Ключевые слова: речной сток, алгоритм градиентного бустинга (CatBoost), методика расчета химических показателей качества воды, математическое моделирование, сухой остаток.

Финансирование: исследования выполнены за счет средств федерального бюджета (код темы: FRRU-2024-0004 в ЕГИСУ НИОКТР).

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Трансформация процессов создания, передачи, хранения и обработки данных, полученных в результате экологического мониторинга, является ключевым направлением в распоряжении Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2023 г. № 3664-р [1]. Это направление также актуально для водосборной территории реки Белая, которая является правым притоком реки Лугань и входит в бассейн Северского Донца. Река Белая подвержена влиянию затопленных угольных шахт и потребительскому интересу со стороны промышленных предприятий и населения.

Учитывая множественные и многокомпонентные природные и антропогенные факторы, сосредоточение населения, проживающего вблизи водного объекта, оценка практической применимости цифровой трансформации в контексте локального экологического мониторинга водных объектов усложняется, но не теряет своей практической значимости. При разработке подобных систем необходимо учитывать методическое, информационное и приборное обеспе-

чение, с помощью которого достигается заданный уровень детализации получения и применения мониторинговой информации.

Гидрологические приложения, такие как расчетные программы, модели и методы, которые используются для планирования и управления водными ресурсами, опираются на репрезентативность гидрологических данных. Эти данные, представленные в виде временных рядов, являются основой для принятия решений, а также служат базой для прогнозирования и изучения гидрологических явлений [2]. Решение практических задач водопользования в промышленности и населенных пунктах требует комплексного подхода к анализу водных ресурсов. Необходимо учитывать не только гидрологические и гидрометеорологические характеристики водных объектов и их изменения во времени, но и химический состав речных и подземных вод, включая виды и концентрации загрязняющих веществ.

Вследствие повышенной техногенной нагрузки, которая сформировалась в результате закрытия угольных шахт Донбас-

са [3, 4], водосборная территория реки Белая характеризуется своими особенностями по виду и концентрации загрязняющих веществ. Данные обстоятельства имеют критически важное значение как для промышленных предприятий ООО «Южный горно-металлургический комплекс», так и для населения.

Проблемы создания и функционирования систем локального мониторинга загрязнения водных объектов, в которых уделяется внимание разработке методик расчета и оценки химических показателей качества воды, описаны в многочисленных публикациях, например, Слеймана Алаа [5], Е. А. Белозерова [6]. Авторы подчеркивают, что, несмотря на различия в оборудовании и методах анализа, сбор точных и детализированных данных о состоянии воды (с учетом пространственных, временных, количественных и качественных характеристик) представляет собой значительную трудность.

Закономерности распространения химических компонентов, попадающих в воду с подземными и поверхностными водами, осадками, отмечены в работах С. Е. Гулько [7], Ю. А. Рыбниковой [8], И. В. Смирновой [9] и др. Разработанные модели, отражающие теоретические или полуэмпирические подходы к описанию процессов появления того или иного компонента, характеризуются своей детерминированностью. Это в свою очередь приводит к рассмотрению ограниченного числа значимых параметров и локальному применению научных разработок для конкретного участка исследования.

Как показал краткий обзор литературных источников, общим методологическим недостатком подходов прошлых лет к работе систем локального мониторинга загрязнения водных объектов выступает их слабая цифровизация и автоматизация. В условиях растущих возможностей машинного обучения и сквозных цифровых технологий перед исследователями открываются перспективы использования нейротехнологий и искусственного интеллекта, а

также построения новой методологической базы для оценки химических показателей качества воды и их прогнозирования.

В связи с этим, *целью* настоящей работы является установление принципов построения методики нейросетевого расчета химических показателей качества воды (на примере р. Белая, ЛНР).

Объект исследования — процесс изменения концентрации химических компонентов в речной воде.

Предмет исследования — оценка химических показателей качества воды (на примере сухого остатка).

Задачи исследования:

- анализ существующих подходов к описанию методик для расчета и оценки химических показателей качества воды;
- установление принципов построения методики нейросетевого расчета химических показателей качества воды, включающей описание каждого этапа;
- проверка адекватности методики на основании экспериментальных данных.

Методы исследования. Предлагается общая методика нейросетевого расчета химических показателей качества воды, которая выполнена с использованием алгоритма градиентного бустинга (CatBoost) на данных с водосборной территории р. Белая. Причиной выбора данного алгоритма стала возможность применения ансамблевого обучения, которое в отличие от классических регрессионных моделей типа ARIMA или SARIMAX объединяет ряд слабых моделей прогнозирования. Алгоритм настроен таким образом, чтобы добавлять новые модели в ансамбль. При этом каждая из новых обучается исправлять ошибки предыдущих моделей, что в итоге позволяет достичь более точных прогнозов [10]. Нейросети обладают двойной функциональностью: они могут служить как самостоятельной основой для расчетов, так и дополнять существующие модели. Их основная роль заключается в адаптации уже применяемых методик к фактическим экспериментальным данным. При этом при проектировании каждой

нейросетевой модели ее топология, архитектура и метод обучения выбираются с учетом специфики исследуемого компонента и имеющихся априорных сведений о закономерностях его распространения.

Применение нейросетей для расчета концентраций химических показателей качества воды с возможностью адаптации к водосборной территории реки Белая схематически изображено на рисунке 1.



Рисунок 1 — Методика применения нейросетей для расчета концентраций компоненты химического состава в воде

Методика предусматривает выполнение следующих основных этапов:

1. На **первом этапе** происходит сбор мониторинговой информации о рассчитываемом компоненте. Сбор данных для мониторинга должен быть как можно более исчерпывающим, включая наибольшее количество точек наблюдения и диапазонов возможных концентраций. Информация о замеренных концентрациях применяется как для обучения моделей нейронных сетей, так и для проверки их адекватности.

2. На **втором этапе** определяются наличие регламентированных расчетных методик. Валидация применимых методик осуществляется путем сравнения их расчетных результатов с экспериментальными данными, полученными на начальном этапе. Способ валидации определяется спецификой методики и анализируемого компонента в водной пробе. На основании результатов валидации принимается решение о целесообразности доработки регламентированной методики с использованием дополнительной нейросетевой модели. В случае положительного решения формируется гибридная модель, интегрирующая регламентированную и нейросетевую методики. При этом результаты расчетов по утвержденным методикам выступают в качестве одного из входных параметров для дополнительного нейросетевого блока гибридной модели.

3. На **третьем этапе** выполняется оценка внешних факторов, которые воздействуют на уровень загрязнения водосборной территории. Если на предыдущем этапе было установлено наличие стандартизированной методики для проведения расчетов, то входные параметры этой методики требуют особого внимания.

В зависимости от характера процессов, протекающих на территории и определяющих степень загрязнения, эти внешние факторы могут быть учтены в гибридной модели двумя путями: либо как часть расчетов, выполняемых по регламентированной методике, либо как отдельные, независимые входные данные для нейросетевого

блока модели. В случае отсутствия регламентированной методики, необходимо провести самостоятельный анализ существующих факторов. Все идентифицированные факторы должны быть представлены в числовой, измеримой форме и будут использоваться в качестве входных данных для нейросетевой модели, предназначенной для расчета концентраций определенного компонента.

4. На **четвертом этапе** на основании проведенного анализа второго и третьего этапов разрабатывается и обучается нейросетевой алгоритм для вычисления концентрации химического компонента в водной среде. Экспериментальные данные и результаты расчета нормативов концентрации указанного вещества формируют базу для модели.

5. На **пятом этапе** проводится оценка качества построенной модели на независимых данных, не участвовавших в процессе обучения. Если результаты проверки показывают достаточную точность, модель признается пригодной для расчетов концентрации компонентов. В противном случае необходимо вернуться к этапу анализа влияющих факторов и перестроить модель, учитывая новые данные.

Практическая реализация данной методики требует адаптации алгоритмов построения и обучения нейронных сетей под специфику каждой отдельной задачи.

Для улучшения сходимости разработанные нейронные сети были обучены на данных химического анализа проб воды на реке Белая, полученных сотрудниками Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии в 2024 году (с июня по ноябрь 2024 года). В качестве основного компонента выбран сухой остаток, данные по которому взяты вблизи поссовета пгт. Бугаевка. Место отбора проб выбрано не случайно, потому что данный створ является равномерным и замыкающим перед Исаковским водохранилищем, т. е. аккумулирующим изменение всего ряда химических показателей.

С помощью действующей нормативной методики (для сухого остатка — РД 52.24.468-2019) были установлены соответствия между значениями концентраций компонента и наборами ключевых метеорологических показателей, зафиксированных специальными службами (гидромет, погода.ру и т. д.). В качестве задаваемого массива были выбраны параметры, фрагмент которых приведен в таблице 1.

Фактические замеры проводились не реже одного раза в неделю, но для более полной картины изменения сухого остатка использовался метод линейной интерполяции.

В качестве примера структуры нейросети, используемой для определения концентраций компонентов, были выбраны следующие характеристики (рис. 2):

1. Алгоритм расчета — градиентный бустинг (CatBoost).

2. Количество скрытых слоев — 1.

3. Количество входных нейронов — 8. Данный показатель характеризует наличие внешних факторов и внутренних взаимосвязей.

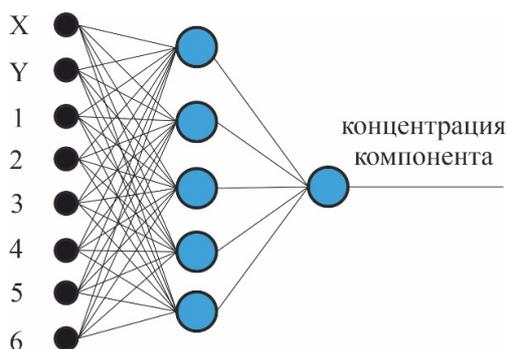
На начальном этапе разработки нейронной сети ключевой задачей был отбор наиболее важных входных данных. Для улучшения точности прогнозирования концентрации компонента, по сравнению с существующими методами, в качестве предикторов были выбраны расчетные значения концентраций примеси и основные метеорологические параметры. Изучение взаимосвязей между концентрациями примеси, зафиксированными в точке отбора проб на реке Белая, и метеорологическими условиями на ее водосборной территории выявило значительное влияние таких факторов, как места пересечения водоносных горизонтов, ранее существовавшие и частично или полностью ликвидированные шахтные выработки, а также температура и атмосферное давление. Эти метеорологические параметры были выбраны в качестве входных данных для нейронной сети.

Точность нейросетевой модели расчета концентраций сухого остатка наглядно продемонстрирована на рисунке 3. Средняя относительная погрешность, полученная с применением данной методики и нормативных коэффициентов, составила 4,83 %.

Таблица 1

Фрагмент массива исходных данных

№ п/п (i)	Дата замера	Местоположение	Метеоданные					Химический анализ
			Средняя температура воздуха [https://global-weather.ru], °C	Среднее атмосферное давление, [https://www.meteoblue.com], (мм рт. ст.)	Средняя скорость ветра [https://www.meteoblue.com], м/с	Направление ветра, [https://www.meteoblue.com], (°)	Среднее количество осадков [https://www.meteoblue.com], мм	
		Координаты, °						Сухой остаток, мг/дм ³
1	01.06.24	48,420454 38,859154	22,5	742	3,1	СЗ	0	1253
2	02.06.24		24	743	3,6	З	0	1261
3	03.06.24		24	742	5,0	ЮЗ	0,1	1268
...
181	28.11.24		1	747	2,8	ССЗ	0	2470
182	29.11.24		1	751	1,7	В	0	2473
183	30.11.24		0,5	755	2,2	ССВ	0	2475



X — координаты точки расчета (широта); Y — координаты точки расчета (долгота);
 1 — средняя температура воздуха (°C); 2 — среднее атмосферное давление (мм рт. ст.);
 3 — средняя скорость ветра (м/с); 4 — направление ветра (°);
 5 — среднее количество осадков (мм); 6 — расчетное значение концентрации примеси, полученное экспериментальным путем на основании методик (мг/дм³)

Рисунок 2 — Структура нейросети для расчета концентрации компонентов химического состава воды

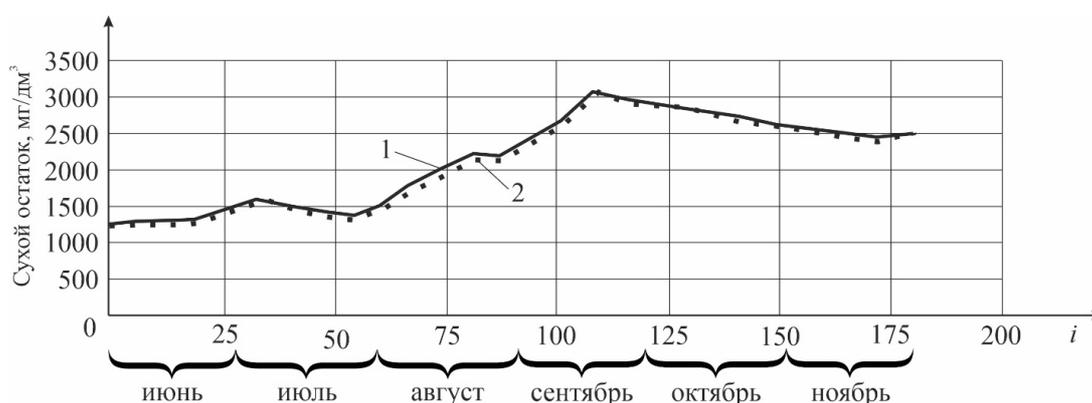


Рисунок 3 — Сравнение экспериментально измеренных (1) и скорректированных нейросетью (2) концентраций сухого остатка

Выводы и направление дальнейших исследований. Несмотря на ограниченность исследуемого ряда наблюдений вследствие слабой экспериментальной сети экологического мониторинга, на примере сухого остатка были получены значения концентрации химического показателя качества воды. Погрешность измерений, выполненных с помощью нейросетевой методики, в основе которой применен алгоритм градиентного бустинга (CatBoost), составила 4,83 %. Разработанная методика, использующая нейросетевой подход, обеспе-

чивает повышение адекватности результатов за счет обучения модели на массиве экспериментальных наблюдений. Это позволяет эффективно компенсировать систематические и случайные ошибки, присутствующие в данных.

Рассмотренная методика будет включена в программно-технический комплекс, одной из задач которого будет выявление закономерностей многофакторного процесса формирования стока поверхностных водных объектов с учетом влияния шахтных вод.

Список источников

1. Стратегическое направление в области цифровой трансформации отрасли экологии и природопользования, относящейся к сфере деятельности Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации : распоряжение Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2023 г. № 3664-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/Mqq6qYnбисSm7CbAqQXy0GHESYTQ9K4.pdf>.
2. Красногорская Н. Н., Нафикова Э. В. Геоэкологическая оценка и прогнозирование опасных природно-техногенных процессов на водосборе реки. М. : Инновационное машиностроение, 2015. 242 с.
3. Крамаренко А. А., Коптева А. К., Лысенко И. Л. О наличии гидрогеологической связи между горными выработками закрытых шахт в горнопромышленных районах на примере участка зоны водосбора р. Белая Перевальского района Луганской Народной Республики // Экологический вестник Донбасса. 2023. № 9. С. 27–38. EDN: QVWFSJ
4. Мохов А. В. Трансформация гидродинамических характеристик горного массива на участках освоения каменноугольных залежей подземным способом : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Ростов н/Д, 2015. 22 с.
5. Слейман А., Козлов Д. В. Моделирование речного стока в условиях недостаточного информационного обеспечения // Гидротехническое строительство, 2024. № 7. С. 7–16. DOI: 10.34831/EP.2024.97.56.002. EDN: XWDHTT
6. Белозерова Е. А., Красногорская Н. Н. Разработка геоинформационной системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами // Гидрометеорология и экология. 2021. № 65. С. 702–725. DOI: 10.33933/2713-3001-2021-65-702-725. EDN: RZGGLF

7. Гулько С. Е. Научные основы экологически безопасных технологий при использовании шахтных вод : дис. ... д-ра тех. наук. Донецк, 2019. 328 с.

8. Рыбникова Л. С. Процессы формирования подземных вод в горнодобывающих районах Среднего Урала на постэксплуатационном этапе : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Москва, 2019. 45 с.

9. Смирнова И. В., Вознюк Ю. С. Расчёт подземного стока в реку Белая гидрохимическими методами // Экологический вестник Донбасса. 2023. № 9. С. 41–46. EDN: MTJOQA

10. Hancock J., Khoshgoftaar T. CatBoost for Big Data: an Interdisciplinary Review // Journal of Big Data. 2020. Vol. 7 (1). URL: https://www.researchgate.net/publication/346496325_CatBoost_for_big_data_an_interdisciplinary_review (date of treatment: 24.06.2025). DOI: 10.1186/s40537-020-00369-8

© Долгих В. П., Кусайко Н. П., 2025

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. ЭБЖД ДонГТУ Павловым В. И.,
заместителем начальника отдела по водо- и кислородоснабжению
отдела главного энергетика ООО «ЮГМК» Стрельченко Н. В.**

Статья поступила в редакцию 06.08.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Долгих Виталий Павлович, канд. техн. наук, научный руководитель Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: vidoscience@mail.ru

Кусайко Наталья Петровна, директор Научного центра мониторинга окружающей среды, старший научный сотрудник Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет
г. Алчевск, Россия

***Dolgikh V. P., Kusayko N. P.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: vidoscience@mail.ru)

PRINCIPLES OF DEVELOPING A NEURAL NETWORK METHOD FOR CALCULATING CHEMICAL WATER QUALITY INDICATORS (THROUGH THE EXAMPLE OF THE BELAYA RIVER, LPR)

A method for neural network calculation of chemical water quality indicators has been proposed. The outlined stages of calculation consider monitoring information about the calculated component, the availability of regulated calculation methods, external factors that influence pollution of the water-collecting area, self-learning and validation of the constructed model for adequacy by performing a series of simulations on data not included in the neural network's training set. Using the example of data on dry residue, a gradient boosting algorithm (CatBoost) has been battle-tested, whose error in comparison with experimental data was 4,83 %. The calculation algorithm takes into account the influence of external factors (meteorological data) and the internal connections between other components.

Key words: river run-off, gradient boosting algorithm (CatBoost), method for calculating chemical water quality indicators, mathematic simulation, dry residue.

Funding: the studies were carried out with funding from the federal budget (theme code: FRRU-2024-0004 in the Unified state information system for accounting the research, experimental and technical works).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dolgikh Vitaliy Pavlovich, PhD in Engineering, Head of Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry

*Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: vidoscience@mail.ru*

Kusayko Natalia Petrovna, Director of the Scientific Center for Environmental Monitoring, Senior Researcher of the Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry

*Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia*

Фёдорова В. С.

Донбасский государственный технический университет

E-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru

К 65-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ДОКТОРА МЕДИЦИНСКИХ НАУК СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА КАПРАНОВА

Жизнедеятельность Сергея Владимировича Капранова связана с городом Алчевском (ранее Коммунарск) Луганской области, где юбиляр родился 2 сентября 1960 года.

После окончания средней школы № 23 родного города С. В. Капранов с 1977 г. учился на санитарно-гигиеническом факультете в Донецком государственном медицинском институте им. М. Горького, который окончил в 1983 г. А в 1981 г. успешно завершил обучение на факультете журналистики Донецкого государственного университета.

В 1983 г. С. В. Капранов начал трудовую деятельность в качестве врача по гигиене окружающей среды Алчевской городской санитарно-эпидемиологической станции, а с 1988 г. по 2013 г. работал заведующим отделением коммунальной гигиены.

С самого начала работы и в течение всей трудовой жизни С. В. Капранов занимает активную жизненную позицию, эффективно совмещая основную работу с научной и литературной деятельностью. Он осуществлял надзор за соблюдением санитарного и природоохранного законодательства на крупных предприятиях черной металлургии и коксохимии, составлял акты и предписания по устранению выявленных нарушений, выполнял разработку экологических планов и программ. Сергей Владимирович в значительной мере способствовал усовершенствованию операции «Чистый воздух» по контролю отработавших газов автомашин, результаты проведения которой неоднократно публиковались в журнале «Автомобильный транспорт» (Москва).

С. В. Капранов регулярно публикует статьи экологической тематики в таких извест-

ных периодических изданиях, как «Медицинская газета», «Экономическая газета», «Рабочая газета», «Луганская правда» и многих других. В 1994 г. он стал редактором Луганской областной научно-популярной медицинской газеты «Человек и здоровье», которая издавалась более 20 лет.

Многолетняя научно-практическая деятельность С. В. Капранова тесно связана с Донбасским государственным техническим университетом, Донецким государственным медицинским университетом им. М. Горького и Луганским государственным медицинским университетом имени Святителя Луки.

В 1994 г. С. В. Капранов в Донецком государственном медицинском институте им. М. Горького успешно защитил диссертацию с присвоением ученой степени кандидата медицинских наук по специальности «Гигиена». После защиты диссертации С. В. Капранов совместно с инженером Д. В. Тарабцевым развивает новое направление исследований: разработка и внедрение в деятельность санитарно-эпидемиологической службы современных информационных технологий по анализу состояния среды жизнедеятельности и здоровья населения, особенно детей и подростков.

В тот же период Сергей Владимирович начинает заниматься научно-педагогической работой — преподает в разное время в высших учебных заведениях гигиену и охрану труда, экологию, безопасность жизнедеятельности и гражданскую оборону. В течение 30 лет проводит занятия с одаренными школьниками старших классов в научной секции «Медицина» Луганского территориального отделения Малой академии наук. Под руководством С. В. Капра-

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

нова школьниками и студентами подготовлены десятки научных работ, которые успешно были представлены на различных конференциях и конкурсах, опубликованы в научных журналах и сборниках. Чуткое руководство опытного наставника позволило многим молодым людям выбрать в жизни правильный путь.

С. В. Капранов успешно занимался разработкой программ социально-гигиенического мониторинга городского уровня. В результате этой работы им был подготовлен документ под названием «Порядок проведения социально-гигиенического мониторинга в г. Алчевске», введенный в действие шестнадцатой сессией Алчевского городского совета от 27.12.2007.

В течение многих лет Сергей Владимирович является инициатором и участником массового оздоровления детей, посещающих детские организованные коллективы, что обеспечило значительное снижение заболеваемости детей и подростков в г. Алчевске. По результатам проведенной работы С. В. Капрановым совместно с профессором педиатрии Э. П. Маноловой были разработаны методические рекомендации «Организация оздоровления детей, проживающих в экологически неблагоприятных регионах», согласованные с Министерством здравоохранения (2004).

В 2017 г. С. В. Капранов в Донецком национальном медицинском университете им. М. Горького успешно защитил диссертацию с присвоением ученой степени доктора медицинских наук. Продолжая научную деятельность, он оказывает научно-методическую и консультативную помощь студентам Донбасского государственного технического университета в подготовке дипломных проектов и научных работ экологической тематики. Как научный и технический редактор, Сергей Владимирович выполнял редактирование научных работ сотрудников Государственной санитарно-эпидемиологической службы Луганской Народной Республики с изданием сборников научных трудов (Луганск, 2019 и 2021).

В настоящее время С. В. Капранов является членом совета по защите диссертаций ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», активно участвует в рассмотрении, рецензировании и защите диссертаций различных специалистов на соискание ученой степени кандидата и доктора медицинских наук. Он является членом редакционной коллегии научных журналов «Экологический вестник Донбасса» (Алчевск) и «Вестник гигиены и эпидемиологии» (Донецк).

С. В. Капранов — автор и соавтор более 360 опубликованных научных работ, включая 15 монографий, книг и брошюр, участник более 120 международных, республиканских и прочих научно-практических конференций, на которых выступал с докладами, автор около 500 статей в различных газетах и журналах. Среди наиболее известных изданий, написанных С. В. Капрановым в соавторстве, такие как «Грибы и здоровье» (В. Д. Ванханен, С. В. Капранов, 1997), «Ртуть и здоровье» (А. Б. Ермаченко, В. П. Денисенко, С. В. Капранов, В. С. Котов, 1998), «Вода и здоровье» (С. В. Капранов, О. Н. Титамир, 2006), «Растения в ноосфере и здоровье населения» (С. В. Капранов, Г. В. Капранова, Л. А. Пенская, 2008), «Почва, отходы и здоровье человека» (С. В. Капранов, В. М. Шулика, 2010), «Профилактика коронавирусной инфекции COVID-19» (С. В. Капранов, П. К. Бойченко, 2022), «Характеристика поверхностных вод и здоровье населения» (С. В. Капранов, В. С. Федорова, 2023).

В течение многих лет Сергей Владимирович поддерживает научные контакты с коллегами, ведущими специалистами Москвы, Донецка, Луганска, Волгограда и других городов.

В настоящее время С. В. Капранов — главный врач Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Луганской Народной Республике в г. Алчевске». Оставаясь верным своему делу, он добивается внедрения в регионе эффективных мероприятий, направленных на улучшение качества

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

окружающей среды и состояния здоровья населения, особенно детей и подростков.

Основные предложения С. В. Капранова, которые имеют общегосударственное значение, изложены в его статье «К вопросу стратегии Российской Федерации в сфере охраны среды жизнедеятельности и защиты здоровья населения», опубликованной в научном журнале «Экологический вестник Донбасса» (2024).

В своей благородной деятельности С. В. Капранов нуждается в поддержке

прогрессивных и творческих людей. Только совместными усилиями за счет эффективного использования прогрессивного отечественного опыта и передовых достижений, полученных в различных государствах мирового сообщества, можно добиться максимальных результатов улучшения среды обитания и оптимальных показателей здоровья населения не только нашей страны, но и планеты в целом.

© Федорова В. С., 2025

Статья поступила в редакцию 14.07.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Федорова Валерия Сергеевна, канд. фарм. наук, доцент, заведующий каф. экологии и безопасности жизнедеятельности

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Fyodorova Valeriya Sergeyevna, PhD in Pharmacy, Assistant Professor, Head of the Department of Ecology and Life Safety

Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: fvs.valeri@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Павлов В. И., Кулакова С. И., Климов Ю. С.</i> ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОДИНАКОВОЙ И ВЫСОКОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕСТ-ОРГАНИЗМОВ <i>DAPHNIA MAGNA STRAUS</i> ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА	3
<i>Левченко Э. П., Павленко А. Т., Левченко О. А., Кучеренко Л. Э.</i> ПРОГНОЗ ОСНОВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	10
<i>Кулакова С. И., Павлов В. И., Кусайко Н. П.</i> АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ ЛНР ...	19
<i>Фёдорова В. С.</i> ДОРОЖНАЯ ПЫЛЬ КАК НЕГАТИВНЫЙ ФАКТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	27
<i>Капранов С. В., Капранова Г. В., Тарабцев Д. В., Кравченко Т. Д.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОБЛЮДЕНИЯ ВЗРОСЛЫМИ ЖИТЕЛЯМИ И ПОДРОСТКАМИ ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРОФИЛАКТИКИ ОСТРОЙ РЕСПИРАТОРНОЙ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ В ПЕРИОД ЭПИДЕМИИ COVID-19	37
<i>Долгих В. П., Кусайко Н. П.</i> ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕТОДИКИ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСЧЕТА ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ Р. БЕЛАЯ, ЛНР)	49
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
<i>Фёдорова В. С.</i> К 65-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ДОКТОРА МЕДИЦИНСКИХ НАУК СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА КАПРАНОВА	57

CONTENT

<i>Pavlov V. I., Kulakova S. I., Klimov Yu. S.</i> TASKS TO ENSURE UNIFORM AND HIGH PHYSIOLOGICAL SENSITIVITY OF THE TEST-ORGANISMS DAPHNIA MAGNA STRAUS FOR BIOASSAYING WATER IN SMALL RIVERS OF EASTERN DONBASS	3
<i>Levchenko E. P., Pavlenko A. T., Levchenko O. A., Kucherenko L. E.</i> PREDICTING THE MAIN CONSEQUENCES OF ATMOSPHERIC AIR PRESSURE CHANGES BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE	10
<i>Kulakova S. I., Pavlov V. I., Kusayko N. P.</i> ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION RISK FACTORS FROM EMISSIONS OF FERROUS METALLURGY ENTERPRISES IN THE LUGANSK PEOPLE'S REPUBLIC	19
<i>Fyodorova V. S.</i> ROAD DUST AS A NEGATIVE FACTOR IN ENVIRONMENTAL POLLUTION	27
<i>Kapranov S. V., Kapranova G. V., Tarabtsev D. V., Kravchenko T. D.</i> COMPARATIVE ASSESSMENT OF ADULT RESIDENTS' AND ADOLESCENTS' COMPLIANCE WITH HYGIENIC AND ANTI-EPIDEMIC REQUIREMENTS FOR THE PREVENTION OF ACUTE RESPIRATORY VIRUS INFECTION DURING THE COVID-19 EPIDEMIC	37
<i>Dolgikh V. P., Kusayko N. P.</i> PRINCIPLES OF DEVELOPING A NEURAL NETWORK METHOD FOR CALCULATING CHEMICAL WATER QUALITY INDICATORS (THROUGH THE EXAMPLE OF THE BELAYA RIVER, LPR)	49
BRIEF REPORTS	
<i>Fyodorova V. S.</i> ON THE 65 TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF DOCTOR OF MEDICINE SERGEY VLADIMIROVICH KAPRANOV	57

UDC 504.064 + 5551.5 + 575.23 + 616.98 +
+ 631.4 + 82-94
EDN: VMUDIA

Ecological Bulletin of Donbass

Scientific Journal

Issue 2 (15) 2025

Establishers:

**Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education "Donbass
State Technical University" supported by
Ministry of Natural Resources
and Environmental Safety of LPR**

*Registration Certificate for mass media
PI No. FS77-86349 dated 30.11.2023*

*Recommended by academic council
of FSEI HE "DonSTU"
(Record № 1 dated 29.08.2025)*

Date of issue: 02.09.2025
Format 60×84¼
Conventional printed sheet 7,6
Order № 211
Circulation 100 copies
Printed by PPC of DonSTU
The journal is distributed free of charge

Computer layout
Ismailova L. M.

Cover art design
Chernyshova N. V.

Address of establisher, editorial board, publisher and
printing office:
FSEI HE "DonSTU"
294204, Lugansk People's Republic,
urban district Alchevsk, Alchevsk, Lenin avenue, 16
E-mail: info@dontu.ru
Web-site: <https://dontu.ru>

Editor-in-chief

Smekalin E. S. — PhD in Engineering, Ass. Prof.

Deputy Editor-in-chief

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

Editorial board:

Krekhtunov E. V. — Minister of Natural Resources
and Ecology of the LPR
Ladysh I. A. — Doctor of Agricultural 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.
Pavlov V. I. — PhD in Engineering, Ass. Prof.
Fyodorova V. S. — PhD in Pharmacy, Ass. Prof.
Gavrik S. Yu. — PhD in Medical Sciences, Ass. Prof.
Filatova N. A. — secretary of the editorial board

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

Issue languages:
Russian, English

