



ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ECOLOGICAL BULLETIN OF DONBASS

№7

Экологический вестник Донбасса



Экологический вестник Донбасса

Научный журнал
Выходит 4 раза в год
Основан в марте 2020 г.
Выпуск 7 2022

Ecological Bulletin of Donbass

Scientific Journal
Publication Frequency: 4 times a year
Established: March, 2020
Issue 7 2022

Алчевск
2022

УДК 502:504.06

Экологический вестник Донбасса

Научный журнал

Выпуск 7 2022

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

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

*Рекомендовано учёным советом
ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»
(Протокол № 4 от 30.11.2022)*

Формат 60×84¹/₈
Усл. печат. л. 8,75
Заказ № 41
Тираж 100 экз.

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

Адрес редакции, издателя и основателя:
ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»
пр. Ленина, 16, г. Алчевск, ЛНР
94204

E-mail: info@dstu.education
Web-site: <http://www.dstu.education>

**ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР,**

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

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Редакционная коллегия:

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

Ладыш И. А. — д.с.-х.н., доц.

Борщевский С. В. — д.т.н., проф.

Шутов М. М. — д.э.н., проф.

Шелихов П. В. — к.б.н., доц.

Зубова Л. Г. — д.т.н., проф.

Зубов А. Р. — д.с.-х.н., проф.

Капранов С. В. — д.м.н.

Зинченко А. М. — к.э.н., доц.

Кусайко Н. П. — директор НЦМОС

Подлипенская Л. Е. — к.т.н., доц.

Левченко Э. П. — к.т.н., доц.

Проценко М. Ю. — к.т.н., доц.

Швыдченко С. С. — к.б.н., доц.

Калинихин О. Н. — к.т.н., доц.

Секретарь редакционной коллегии

Смирнова И. В. — к.х.н.

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

Язык издания:
русский, английский

Компьютерная вёрстка
Исмаилова Л. М.

© ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022
© Чернышова Н. В., художественное
оформление обложки, 2022

ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY

УДК 699.82

*Ноженко А. А.,
к.фарм.н. Федорова В. С.
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР),
Коробов А. Ю.*

(Железнодорожный горно-металлургический колледж, г. Железнодорожный, РФ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В данной статье обоснован способ создания противofильтрационного экрана полигона твердых бытовых отходов, направленный на повышение надежности его функционирования.

Ключевые слова: полигон, твердые бытовые отходы, фильтрат, противofильтрационный экран, геомембрана.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Объём образования твердых бытовых отходов постоянно увеличивается как в абсолютных величинах, так и на душу населения. Ежегодно на каждого жителя образуется от 200 до 300 кг коммунальных отходов. Образование твердых коммунальных отходов в Российской Федерации оценивается в 30–35 млн т в год. Учитывая современное состояние развития технологий обращения с твердыми бытовыми отходами, степень сортировки и уровень потенциального использования отходов в качестве вторичного сырья может достигать 40 % и более [1].

Значительную часть отходов все еще необходимо размещать на полигонах ТБО. Для Крайнего Севера и других удаленных территорий РФ захоронение ТБО на полигонах не имеет альтернативы в виду высоких затрат на транспортирование на мусороперерабатывающие предприятия. В прошлом значительное количество полигонов образовывалось стихийно в различных выемках и котлованах без учета геологического строения, гидрогеологических и ландшафтно-геохимических условий. Защитные инженерные мероприятия не предусматривались или имеют очень низкую эффективность из-за значительного срока службы и переполнения полигонов. Они являются очень значительным источ-

ником поступления вредных веществ в атмосферный воздух, почву, грунтовые воды. Площади территорий, отводимые для захоронения ТБО, постоянно увеличиваются независимо от природно-ресурсной и градостроительной ценности территорий.

Существенным источником химического и микробиологического загрязнения подземных вод и источников водоснабжения является фильтрат. Характеристики и объём фильтрата от полигонов ТБО зависят от региональных условий увлажнения территории, выделения влаги при уплотнении отходов, потери воды за счет процессов биологического разложения ТБО, утечки фильтрата через основание полигона. Сточные воды полигонов ТБО характеризуются значительным содержанием тяжелых металлов, высокими значениями ХПК и БПК и большой минерализацией (в основном за счет наличия натрия, хлоридов, сульфатов и неорганического азота) [2].

Скорость миграции фильтрата в зону аэрации зависит от особенностей геологического строения полигона и времени его функционирования. На начальном этапе, если его основанием служат водоупорные или слабопроницаемые грунты, происходит формирование линзы грунтовых вод. В дальнейшем линза разрастается и превращается в техногенный водоносный горизонт, охватывающий всю площадь полигона, а при недос-

таточном дренаже — и прилегающую территорию. Совокупная мощность этого горизонта может достигать 8–15 м. При наличии в разрезе песков и галечников на начальной стадии боковое растекание фильтрата в прилегающую зону аэрации может достигать сотен метров. Сроки выхода фильтрата из полигона могут колебаться от нескольких месяцев (для песчаных грунтов) до 25 лет (для глинистых). Воздействие фильтрата на подстилающие породы приводит к изменению минералогического состава зоны аэрации, увеличению проницаемости пород и снижению защищенности водоносных горизонтов [2–4].

В связи с этим снижение негативного воздействия фильтрата полигонов твердых бытовых отходов на грунты и подземные воды является актуальной задачей при их строительстве и реконструкции. Приоритетным способом защиты от загрязнения продуктами распада отходов является экранирование основания полигона противofильтрационными материалами и организация дренажа.

Целью настоящей работы является совершенствование противofильтрационной защиты полигонов ТБО.

Объект исследования — противofильтрационные экраны.

Предмет исследования — факторы, оказывающие существенное влияние на эффективность функционирования противofильтрационных экранов.

Задачей исследования является разработка конструктивных особенностей противofильтрационного экрана, способствующих повышению эффективности его функционирования.

Методика исследования. С помощью патентного поиска и анализа литературных источников выявлена необходимость повышения надежности противofильтрационных экранов. Обосновано техническое решение, которое позволяет более рационально устраивать противofильтрационные экраны полигонов ТБО с геомембраной из полимерного материала.

Изложение материала и его результаты. Противofильтрационные барьеры полигонов твердых бытовых отходов должны обладать такими характеристиками: минимально возможной водопроницаемостью, термической и химической инертностью, высокой механической сопротивляемостью к продавливанию и разрыву, однородностью изолирующего слоя и устойчивостью к биодеструкции.

Противofильтрационные материалы подразделяются на две группы: природные (естественные и искусственно насыпные); искусственные (асфальтобетонные и из геосинтетических материалов).

Преимуществом минеральных глиняных экранов является долговечность и повсеместная доступность. Кроме того, бентонитовые глины при гидратации способны разбухать и значительно увеличиваться в объеме. Однако их применение требует устройства нескольких противofильтрационных слоев с промежуточным дренированием. Кроме того, при их устройстве трудно добиться равномерно низкого коэффициента фильтрации по всей площади из-за сложностей с укладкой и уплотнением нескольких слоев глины. Очень часто это приводит к чрезмерному росту стоимости экранов, особенно если глину необходимо завозить, и отсутствию гарантии стабильности гидроизоляции.

К преимуществам асфальтобетонных материалов относят их прочность и доступность. Их недостатками являются недостаточно высокий срок службы и высокая трудоёмкость проведения работ по устройству экранов, что значительно удорожает строительство полигонов ТБО [1, 5].

Для устройства противofильтрационных экранов в последние годы широкое распространение получили геомембраны — геосинтетики, имеющие очень низкую водопроницаемость, компактные размеры и устойчивость к агрессивным средам, высокую прочность и долговечность. Геомембраны представляют собой листовые или рулонные полимерные изоли-

рующие материалы, исходным сырьем для изготовления которых служит полиэтилен высокого или низкого давления, а также поливинилхлорид [6].

При устройстве экрана большой площади пленочный элемент подвержен значительным температурным деформациям. Например, из-за разницы температур при монтаже и эксплуатации в 50–60 °С линейные размеры полиэтиленовой пленки могут изменяться на 1 м на каждые 100 погонных метров. В случае жесткого закрепления кромок экрана и невозможности его движения пленочный элемент подвергается значительным растягивающим напряжениям, которые могут привести к разрыву пленки, нарушению целостности полотна и повышению водонепроницаемости экрана. Аналогичные процессы в противофильтрационном экране могут развиваться при неравномерной осадке, ведущей к деформации основания, поскольку геомембраны при низких температурах теряют свою эластичность. Герметичность нарушается, как правило, в сварных швах, так как прочность шва может быть на 40 % меньше самого материала конструкции [7].

Противофильтрационные экраны могут состоять из одного или нескольких слоев. Однослойный экран состоит из одного слоя природного или искусственного материала с низкой водонепроницаемостью. Двухслойный экран имеет два слоя, изготовленные из одного и того же или различных материалов. Композитный экран состоит из разнородных материалов. Как правило, в этом случае синтетический экран располагается поверх минерального экрана из слабо проницаемого грунта [5].

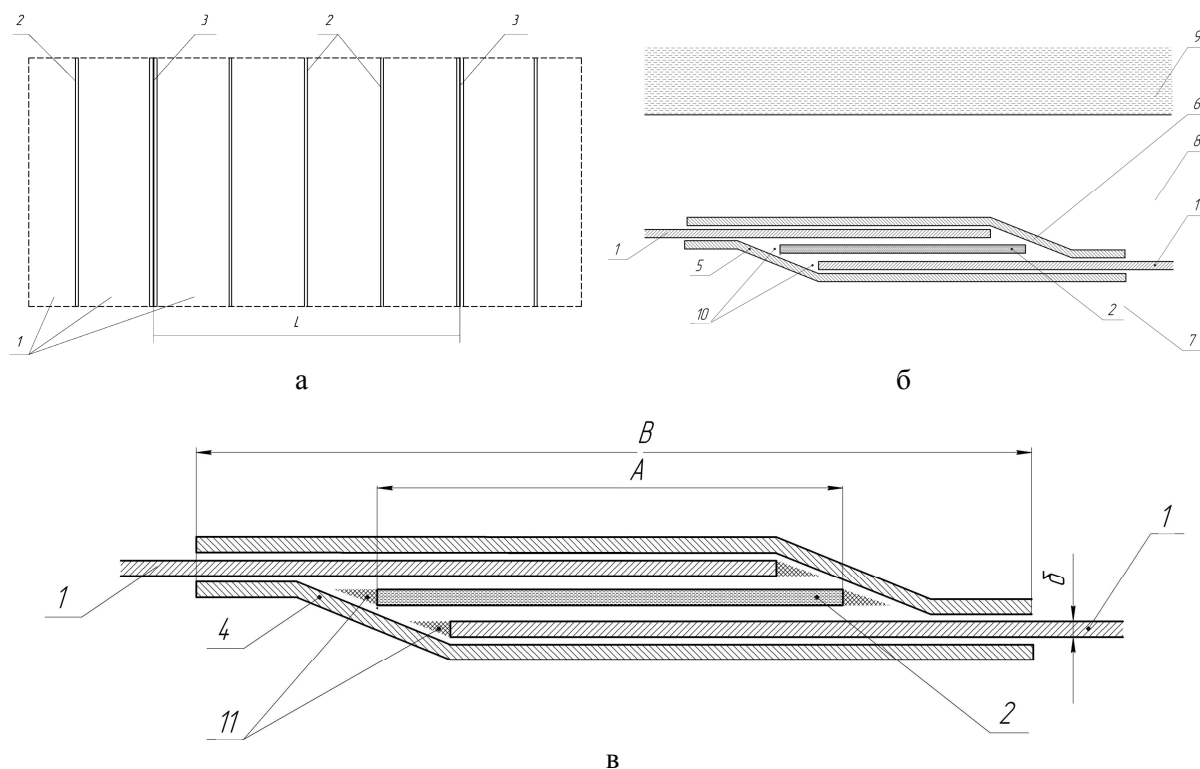
Известен способ создания противофильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала, включающий подготовку грунтового основания, укладку на него водонепроницаемой геомембраны, состоящей из герметично соединенных между собой полотнищ полимерного материала, устройство компенсаторов деформаций геомембраны со стыковым соединением по-

лотнищ в местах устройства компенсаторов и перекрытием стыков снизу и сверху полотнами материала, отличающегося от материала геомембраны. Компенсаторы деформаций геомембраны обеспечивают разгрузку сварных швов и полотнищ экрана от растягивающих напряжений [8].

Недостатком известного способа является то, что при достаточной подвижности компенсатора повышается вероятность раскрытия соединения полотнищ полимерных материалов. В результате возможно нарушение герметичности компенсатора и водонепроницаемости экрана. Технической задачей предлагаемого технического решения является обеспечение необходимой подвижности компенсатора без повреждения пленочной противофильтрационной геомембраны, а также сохранение её герметичности за счет рациональной укладки противофильтрационных полотнищ и размещения компенсаторной прокладки.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в способе создания противофильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала, включающем подготовку грунтового основания, укладку на него водонепроницаемой геомембраны, состоящей из герметично соединенных между собой полотнищ полимерного материала, устройство компенсаторов деформаций геомембраны укладкой на поверхность грунтовой основы защитно-изолирующей накладкой, между полотнищами на длину нахлеста укладывают антифрикционную прокладку, а ширину нижней и верхней защитно-изолирующих накладок в направлении, перпендикулярном стыку определяют расчетным путем из соотношения $B = 2A$, где A — ширина антифрикционной прокладки, мм (рис. 1) [9].

Антифрикционные прокладки выполняют из нетканых геосинтетических материалов — геотекстилей, или из рулонных геосинтетических противофильтрационных материалов на основе бентонитовых глин с каркасом из тканых и нетканых геосинтетических материалов — геотекстилей.



1 — полотнища геомембраны из полимерного материала; 2 — соединение полотнищ со скреплением кромок; 3 — компенсатор деформаций геомембраны; 4 — антифрикционная прокладка; 5, 6 — нижняя и верхняя защитно-изолирующие накладки; 7 — подготовленное грунтовое основание экрана; 8 — защитный слой экрана; 9 — отходы или стоки; 10 — зазоры между геомембраной и защитно-изолирующими накладками; 11 — заполнение зазоров при использовании для антифрикционной прокладки рулонных противofiltrационных материалов на основе бентонитовой глины; l — расстояние между компенсаторами; δ — толщина геомембраны; B — ширина защитной изолирующей накладки; A — ширина антифрикционной прокладки

Рисунок 1 Фльтрационный экран: план (а), разрез в месте установки компенсатора в исходном положении по окончании монтажа (б), сечение компенсатора в рабочем положении при деформации геомембраны (в)

Противofiltrационный экран формируют следующим образом. На подготовленное грунтовое основание 7 укладывают полотнища 1 геомембраны из полимерного материала, например полиэтиленовой пленки. Полотнища геомембраны соединяют между собой с обеспечением герметичности соединений 2, например, путем сварки или склеивания кромок полотнищ, затем покрывают защитным слоем 8 из грунта или иных материалов, предохраняющих геомембрану от повреждения строительными механизмами (в процессе строительства) или веществами, содержащимися в размещенных над экраном при эксплуатации отходах или стоках 9.

Соединение полотнищ геомембраны выполняют в виде компенсаторов 3, обеспечивающих возможность перемещения кромок полотнищ на величину ожидаемых деформаций геомембраны для предотвращения излишних растягивающих напряжений в ней от воздействия неблагоприятных факторов, например значительного понижения температуры. При этом укладку смежных полотнищ полимерного материала геомембраны в месте устройства компенсатора выполняют внахлест без скрепления полотнищ между собой.

Предварительно на поверхности подготовленного грунтового основания 7 под

стыком укладывают защитно-изолирующую накладку 5 из непроницаемого, например полимерного, материала, между верхним и нижним полотнищем полимерного материала укладывают на длину нахлеста антифрикционную прокладку 4 из материала, коэффициент трения которого по материалу геомембраны 1 ниже, чем коэффициент трения материала геомембраны по грунту основания 7, и сверху накрывают ее защитно-изолирующей накладкой 6 из непроницаемого материала, например аналогичного материалу нижней защитно-изолирующей накладки 5.

Герметизацию стыкового соединения выполняют по принципу лабиринтного уплотнения. Для этого ширину нижней и верхней защитно-изолирующих накладок в направлении, перпендикулярном стыку, определяют из соотношения $B=2A$, где A — ширина антифрикционной прокладки, мм.

При необходимости особо высокой герметичности соединения как антифрикционную прокладку используют полосу рулонного геосинтетического противофильтрационного материала на основе бентонитовой глины (Bentomat, Bentofix и т. п.) в виде порошка или гранул, помещенных в каркас между двумя слоями геотекстиля. При замачивании бентонитового заполнителя он выдавливается через открытые кромки прокладки в зазор 10 меж-

ду защитно-изолирующей накладкой и геомембраной, создавая практически непроницаемые уплотнения 11.

Выводы и направление дальнейших исследований. Применение предлагаемого способа формирования противофильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала позволяет обеспечить необходимую подвижность компенсатора без повреждения пленочной противофильтрационной геомембраны, а также сохранение её герметичности, за счёт рациональной укладки противофильтрационных полотнищ и расположения компенсаторной прокладки. В дальнейшем предполагается разработать методику оценки сравнительной эффективности различных способов создания противофильтрационных экранов.

Наиболее приемлемой с точки зрения охраны окружающей среды является организация бессточной схемы полигонов ТБО, при которой фильтрат подается на очистные сооружения и в дальнейшем очищенные фильтрационные воды могут быть использованы для технического и противопожарного водоснабжения.

Поскольку состав фильтрационных вод зависит от множества различных факторов, то, в зависимости от конкретных условий функционирования полигонов ТБО, необходимо осуществлять подбор конкретных методов обработки фильтрата.

Библиографический список

1. Яковлев, В. А. Инновационные противофильтрационные материалы [Текст] / В. А. Яковлев // *Твердые бытовые отходы*. — 2017. — № 4. — С. 32–35.
2. Варнавская, И. В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов [Текст] / И. В. Варнавская // *Экология и промышленность*. — 2008. — № 1. — С. 39–43.
3. Галицкая, И. В. Экологические проблемы обращения и утилизации бытовых и промышленных отходов [Текст] / И. В. Галицкая // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. — 2005. — № 2. — С. 144–147.
4. Галицкая, И. В. Оценка зоны аэрации как вторичного источника загрязнения на территории несанкционированной свалки в московском микрорайоне Марьино [Текст] / И. В. Галицкая, И. А. Позднякова // *Проблемы гидрогеологии XXI века: Наука и образование*. — М.: Изд-во РУДН, 2003. — С. 252–263.
5. Егоров, В. В. Современные противофильтрационные экраны полигонов ТБО [Текст] / В. В. Егоров, Б. В. Трушин // *Твердые бытовые отходы*. — 2006. — № 7. — С. 12–15.

6. Косиченко, Ю. М. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов : монография [Текст] / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. — Новочеркасск : РосНИИПМ, 2014. — 239 с.

7. Яковлев, В. А. Проблемы устройства противофильтрационных экранов на мерзлых грунтах [Текст] / В. А. Яковлев, О. Н. Степанов // Твердые бытовые отходы. — 2016. — № 5. — С. 26–28.

8. Пат. 2374386С1 Российская Федерация, МПК E02B3/16. Способ создания противофильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала / Вострецов С. П., Каменчук А. П., Полошин С. Н., Попов В. М. ; заявители и патентообладатели : ОАО «Галургия», ЗАО «Уралсибспецстрой». — № 200812874/03 ; заявл. 14.07.2008 ; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33. — 9 с.

9. Пат. 83940U Украина, МПК B09B5/00. Способ формирования противофильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала / Коробов А. Ю., Давиденко В. А., Арсенюк С. Ю. ; заявитель и патентообладатель Донбас. гос. технич. ун-т. — № u201302587 ; заявл. 01.03.2013 ; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19. — 5 с.

© Ноженко А. А.

© Федорова В. С.

© Коробов А. Ю.

*Рекомендована к печати к.геол.н., доц. каф. строительства и архитектуры
ЛГУ им. В. Даля Горовой Н. А.,
к.т.н., доц. каф. Э и БЖД ДонГТИ Подлипенской Л. Е.*

Статья поступила в редакцию 23.10.2022.

Nozhenko A. A., Ph. D. Fyodorova V. S. (DonSTI, Alchevsk, LPR), Korobov A. Yu. (Zheleznogorsk Mining and Metallurgical College, Zheleznogorsk, the Russian Federation)

IMPROVEMENT OF ANTI-FILTRATION PROTECTION OF SOLID WASTE LANDFILLS

This article substantiates a method for creating an anti-filtration screen for a solid domestic waste landfill aimed at improving the reliability of its operation.

Key words: *landfill, municipal solid waste, leachate, anti-filtration screen, geomembrane.*

УДК 543.544–414

*Петраков В. Д.,
Тыра А. В.,
Ушаков К. Ю.*

(КузГТУ им. Т. Ф. Горбачёва, г. Кемерово, РФ, ushakovkju@kuzstu.ru)

ТВЁРДЫЙ ОСТАТОК ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН КАК СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ

Работа посвящена разработке объединённой схемы утилизации резинотехнических отходов, основанной на последовательности ведения процессов газификации и пиролиза резиновой крошки отработанных крупногабаритных шин карьерных самосвалов с получением углеродсодержащих сорбентов. В работе определены параметры процессов газификации и пиролиза с получением наиболее высоких значений сорбции.

***Ключевые слова:** углеродный сорбент, газификация, пиролиз, текстурная характеристика, метиленовый голубой, йод.*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. В России функционирует большое количество предприятий по открытой добыче руд цветных и чёрных металлов, алмазов, серебра, платины, золота, урана, угля, горнохимического сырья и т. д. [1]. Основным видом технологического оборудования при добыче полезных ископаемых открытым способом является автомобильный транспорт. Он используется для перевозки примерно 80 % всей горной массы во всем мире [2]. В связи с чем на объектах добычи неминуемы отходы резинотехнических изделий — шины карьерной техники (далее КГШ), конвейерные ленты и т. д. Общий ежегодный объём резинотехнических отходов (РТО), требующих утилизации, оценивается порядка 800 тыс. тонн. Большое количество РТО попросту складировается, к тому же резина огнеопасна, при сгорании выделяются опасные токсины, и не подвергается биологическому разложению [3, 4]. Увеличение объёмов складирования и захоронения отходов резинотехнических изделий от процесса наземной разработки месторождений полезных ископаемых требует развития и внедрения экономически обоснованных технологий их переработки. Критически низкий уровень внедрения технологий термической

переработки резинотехнических отходов основан на их экономической неэффективности и неконкурентоспособности в традиционном видении.

Анализ исследований и публикаций. В научной литературе уделяют большое внимание работам по утилизации и/или переработке резинотехнических изделий [1, 5–9]. Переработка резинотехнических изделий сопровождается получением пиролизного газа, технического углерода и/или сорбентов [10–12]. Пиролиз многими авторами [13–15] рассматривается как привлекательный термохимический процесс, так как позволяет отделить технический углерод от шин, а высвобождаемые летучие вещества (конденсируемые и неконденсируемые соединения) могут быть направлены на производство газообразных и жидких топлив, а также ценных химических соединений. С другой стороны, при газификации образующегося твердого остатка пиролиза можно получать высококалорийный газ (например, синтез-газ) или (при частичной газификации) углеродные сорбенты с развитой пористой структурой [16, 17]. На сегодняшний день к областям применения сорбентов относят: очистку воздуха и газов в промышленности; очистку растворов в промышленности; очистку воздуха в помещениях, про-

тивогазовую защиту людей от вредных веществ; производство защитных тканей; очистку питьевой воды; глубокую очистку сточных вод в химической, нефтехимической промышленности и т. д.

Постановка задачи. Одним из вариантов повышения экономической целесообразности применения термохимических методов является расширение номенклатуры производимой продукции при переработке отходов РТИ. Это может быть достигнуто объединением процессов пиролиза и газификации резиновой крошки, дополнительно в результате совместного проведения процессов появляется возможность рецикла части образующихся продуктов в процессе утилизации, что снизит энергетические затраты на реализацию процесса. Исследовательским коллективом кафедры теплоэнергетики КузГТУ проводятся комплексные исследования [18] по разработке объединенной схемы утилизации резинотехнических отходов (Патент РФ № 2780839). Одним из целевых продуктов процесса термической переработки РТО является углеродный сорбент для очистки технических вод на угольных и нефтегазовых предприятиях. На эксплуатационные характеристики сорбента оказывают влияние режимные условия (температура, продолжительность, расход газифицирующего агента) проведения стадий термической обработки РТО (пиролиза и газификации).

Целью настоящего исследования является определение адсорбционной активности и характеристик удельной поверхности твёрдого углеродного остатка последовательного процесса пиролиза и газификации резиновой крошки шин карьерных автосамосвалов при различных условиях.

Материалы и методы исследования. Ведение процессов пиролиза и газификации РТО при различных параметрах оказывает влияние на удельную поверхность, диаметр и объём пор, что изменяет текстурную характеристику предполагаемого сорбента. Следствием этого является из-

менение сорбционной активности твёрдого остатка. Определение сорбционной активности образцов сводится к традиционным методикам по ГОСТ.

В настоящее время в качестве сорбента для очистки загрязнённых жидкостей широко используется активированный уголь (БАУ-А и ОУ-А). ОУ-А представляет собой порошкообразную массу, которая отличается большей пористостью и удельной поглощающей поверхностью, чем БАУ-А на 300 м^2 в одном грамме угля. Данные угли используются при осветлении и очистке жидких сред, в частности, удалении органических примесей с разной молекулярной массой. В настоящей работе уголь ОУ-А был использован как эталонный сорбент для отработки методики измерения адсорбционной активности по метиленовому голубому, представленной в [19].

Определение адсорбционной активности по метиленовому голубому производилось с использованием фотоэлектроколориметра КФК-3 «ЗОМЗ». Прибор предназначен для снятия величины оптической плотности, т.е. меры ослабления света при прохождении прозрачной жидкости. Работа аппарата выполняется в фиолетовом спектре диапазона длин волн $\lambda = 400 \text{ нм}$. На первом этапе был построен градуировочный график оптической плотности от концентрации раствора метиленового голубого. Построенный график основывается на разных концентрациях раствора сравнения и контрольно-калибровочной дистиллированной воды. Полученные данные при помощи градуировочного графика использованы в определении концентрации контрольных растворов. График оптической плотности от концентрации растворов сравнения изображен на рисунке 1.

Концентрации растворов до взаимодействия с твёрдым остатком и после использованы в формуле определения адсорбционной активности:

$$X = \frac{(C_1 - C_2 \cdot K) \cdot 0,025}{m}, \quad (1)$$

где C_1 — концентрация исходного раствора красителя, мг/дм³; C_2 — концентрация раствора после контактирования с ОУ-А, мг/дм³; K — коэффициент разбавления раствора, взятого для анализа, после контактирования с углеродным материалом; m — масса навески угля, г; 0,025 — объём раствора метиленового голубого, взятого для осветления, дм³.

Полученные результаты адсорбционной активности по метиленовому голубому соответствуют паспортным значениям активированных углей марки ОУ-А. Погрешность измерения адсорбционной активности по метиленовому голубому, рассчитанная по экспериментальным результатам определения адсорбционной активности с использованием методики [20], составила $\pm 0,054$ %. Поэтому метод и оборудование могут быть использованы для определения адсорбционной активности ТУО процесса термической переработки РТО.

На показатели адсорбционной активности влияют текстурные характеристики образцов. Основными текстурными характеристиками сорбентов являются удельная

поверхность, общий объём пор и распределение пор по размерам. Для определения характеристик наиболее широкое распространение получил метод газовой физической адсорбции — низкотемпературная адсорбция азота. Теория полимолекулярной адсорбции газа на поверхности твёрдого тела разработана и впервые опубликована С. Бруннауэром, П. Х. Эмметом и Э. Теллером в 1938 году [21]. Метод низкотемпературной адсорбции азота по сравнению с другими методами газовой адсорбции хорошо обоснован как в теоретическом, так и в экспериментальном отношении и позволяет измерить поверхность в диапазоне от 0,1 до 2000 м²/г с относительной погрешностью 2–6 % [22].

В качестве объекта исследования в настоящей работе использованы твёрдые остатки процесса термической обработки фракции резиновой крошки с размером частиц 2–3,5 мм шин карьерного автосамосвала. Исследования определения пористости материала проводились с использованием автоматического анализатора удельной поверхности и пористости материала 3P sync.

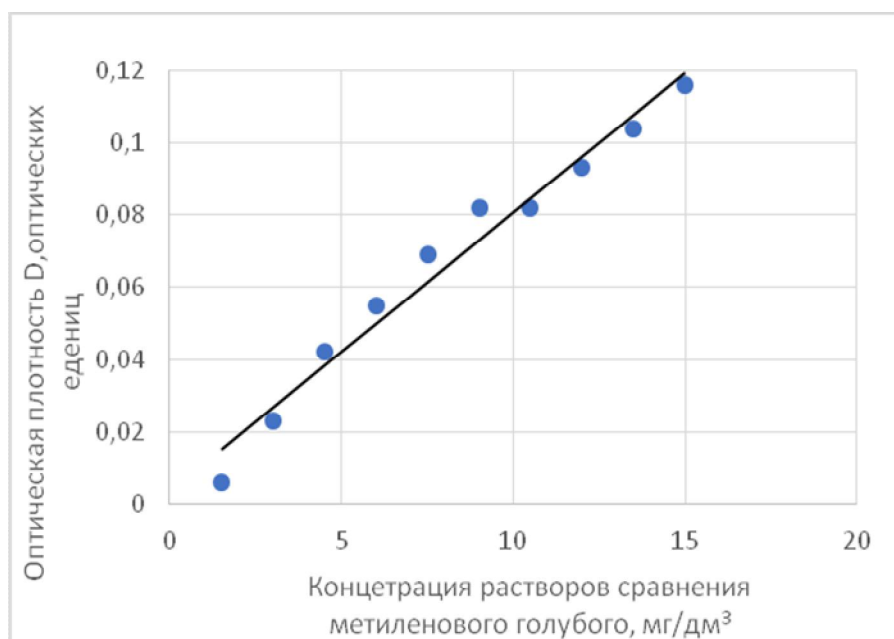


Рисунок 1 Зависимость оптической плотности от концентрации растворов сравнения метиленового голубого

Основные результаты. Полученные значения текстурных характеристик и адсорбционной активности характерных образцов после пиролиза и углекислотной газификации при различных температурах сведены в таблицу 1.

Определение диаметра пор D проводили методом низкотемпературной адсорбции азота после вакуумирования образцов при $130\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 12 часов по методу ВЛН. Величина удельной поверхности F_y , была получена по методу ВЕТ в результате анализа изотерм адсорбции-десорбции N_2 при $-196\text{ }^\circ\text{C}$ (77 K). Значения адсорбционной активности X проводились методом определения концентраций раствора мети-

ленового голубого после взаимодействия с твёрдым остатком.

С использованием аналитического прибора 3P sync получены изотермы адсорбции-десорбции, наиболее типичная изображена на рисунке 3.

График изотермы подходит по классификации, проанализированной С. Брунауэром, к изотермам типа III — с образованием при адсорбции многих слоёв, то есть, с полимолекулярной адсорбцией, взаимодействие обосновывается как адсорбат — адсорбент. При приближении к давлению насыщения — бесконечная адсорбция, характерная для непористых материалов. p/p_0 — отношение давления в системе к давлению конденсации.

Таблица 1

Характеристики твёрдых остатков

Образец	$t_{\text{газификации}},\text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{пиролиза}},\text{ }^\circ\text{C}$	$F_y, \text{ мг/м}^2$	$D, \text{ нм}$	X
Г26	940	550	96,804	64,269	99,44
Г27	960	550	59,092	65,071	89,115
Г49	980	550	29,546	64,493	96,925
Г50	940	600	29,944	68,923	103,3
Г51	940	600	55,408	70,125	102,52
Г52	940	600	43,71	67,822	105,73

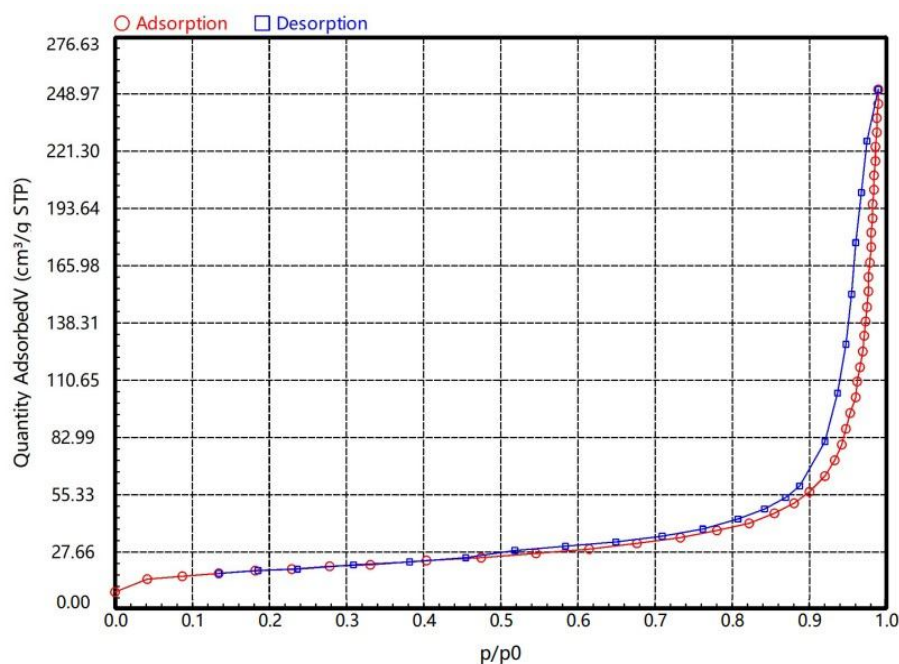


Рисунок 3 Изотерма адсорбции твёрдого остатка резиновой крошки

Как было отмечено ранее, на текстурную характеристику ТУО влияют параметры проведения процесса пиролиза и газификации. В работе определено, что при повышении температуры углекислотной активации с 940 °С до 980 °С удельная поверхность углеродного остатка, подвергнутого термообработке резинотехнического изделия, возрастает (гистограмма на рисунке 4).

Выявлено, что при температуре газификации 960 °С для всех образцов после пиролиза при различных температурах ТУО имеют наименьшие значения адсорбционной активности (рис. 3), вероятно это связано с тем, что при температуре углекислотной активации 940 °С в твёрдом остатке имеется повышенное содержание водород- и кислородсодержащих структур, что отображается на ИК спектрах образцов, которые полностью исчезают с дальнейшим повышением температуры углекислотной активации. В свою очередь, при достижении температуры 980 °С наблюдается развитие удельной поверхности ТУО (рис. 4), которое приводит к увеличению их адсорбционной активности по сравнению с образцом, полученным при температуре газификации 960 °С.

Необходимо отметить, что параметры процессов пиролиза и газификации оказывают влияние и на развитие пористости углеродной структуры твёрдого остатка. Так, уменьшение адсорбционной активности при температуре 960 °С, наблюдаемое в таблице 1, прослеживается с увеличением среднего диаметра мезопор при той же температуре, это объясняет, что положительный диапазон мезопор, характеризующийся высокой адсорбционной активностью, не должен превышать 50 нм.

Зависимость адсорбционной активности от удельной поверхности показана на рисунке 5. Выявлено, что нет прямой зависимости в адсорбционной активности образцов и величины удельной поверхности.

Поэтому при анализе характеристик твёрдого углеродного остатка необходимо учитывать все факторы в комплексе.

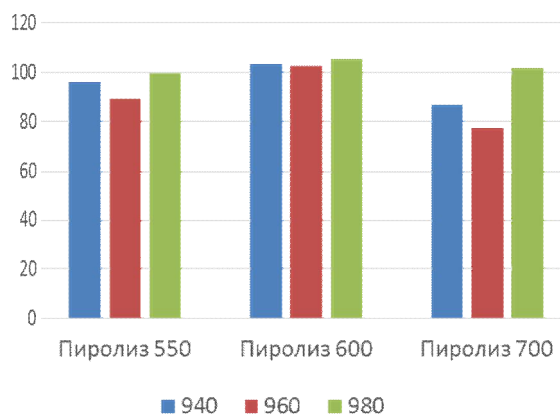


Рисунок 3 Зависимость адсорбционной активности от температуры газификации при различных температурах пиролиза

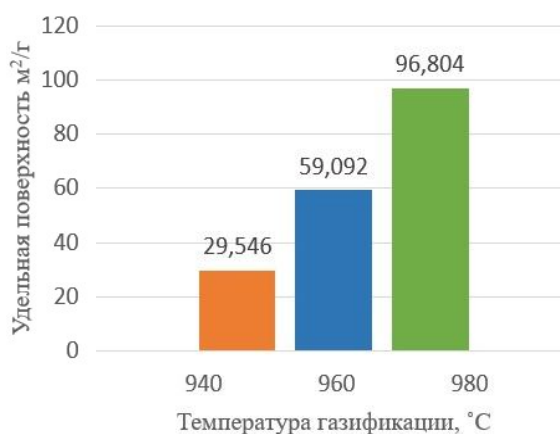


Рисунок 4 Зависимость удельной поверхности ТУО от температуры газификации образцов

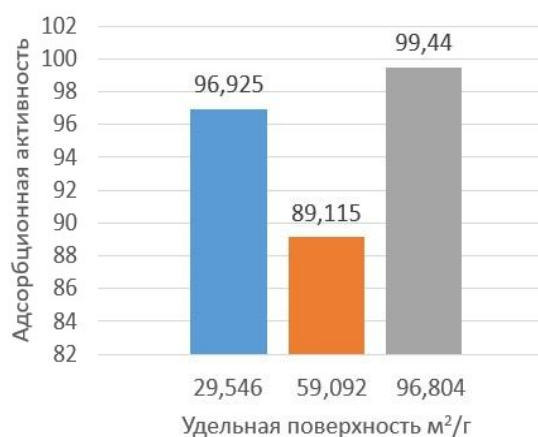


Рисунок 5 Зависимость адсорбционной активности от удельной поверхности

Выводы и направление дальнейших исследований. Показано, что методика определения сорбционных свойств твёрдого остатка термической обработки резиновой крошки КГШ имеет небольшую погрешность. ТУО после пиролиза и газификации может быть использован в качестве сорбента для очистки сточных вод промышленных предприятий. Определено, что с увеличением температуры углекислотной активации увеличивается величина удельной поверхности образцов. При этом нет прямой зависимости между величиной удельной поверхности и значениями абсорбционной активности образцов,

поэтому при определении пригодности ТУО необходимо также учитывать диаметр пор, наличие функциональных групп, определяемых на ИК-спектрах.

Практическая значимость данного исследования заключается в том, что полученный сорбент будет востребован для очистки сточных вод на обогатительных фабриках и угледобывающих предприятиях. На следующем этапе работы исследований авторами планируется провести активацию образцов водяным паром с целью увеличения удельной поверхности твёрдых остатков, а также развития микро- и мезопористой поверхности.

Библиографический список

1. Иванов, К. С. Утилизация изношенных автомобильных шин [Электронный ресурс] / К. С. Иванов, Т. Б. Сурикова. — Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=302> (дата обращения 18.11.2021).
2. Кадырова, Л. Ш. Вопросы утилизации автомобильных покрышек карьерных самосвалов, применяемых в горнодобывающей промышленности [Текст] / Л. Ш. Кадырова, М. Р. Габдуллин, А. Ф. Мкртчян // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 55. — С. 228–233.
3. Labaki, M. Thermochemical conversion of waste tyres — a review [Text] / M. Labaki, M. Jeguirim // Environ. Sci. Pollut. Res. — 2017. — Vol. 24. — P. 9962–9992.
4. Assessment of the environmental impact of a car tire throughout its lifecycle using the LCA method [Text] / K. Piotrowska, W. Kruszelnicka, P. Baldowska-Witos et al. // Materials. — 2019. — Vol. 12, № 24. — P. 4177.
5. Новичков, Ю. А. Исследование процесса бескислородного пиролиза изношенных автомобильных шин [Текст] / Ю. А. Новичков, Т. В. Петренко, В. И. Братчун // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного ун-та. — 2005. — № 29. — С. 68–70.
6. Bridgwater, A. V. Fast pyrolysis processes for biomass. Renew [Text] / A. V. Bridgwater, G. V. C. Peacocke // Sustain. Energy Rev. — 2000. — Vol. 4, № 1. — P. 1–73.
7. Williams, P. T. Catalytic pyrolysis of tyres: Influence of catalyst temperature [Text] / P. T. Williams, A. J. Brindle // Fuel. — 2002. — Vol. 81, № 18. — P. 2425–2434.
8. Kar, Y. Catalytic pyrolysis of car tire waste using expanded perlite [Text] / Y. Kar // Waste Manage. — 2011. — Vol. 31, № 8. — P. 1772–1782.
9. Lewandowski, W. M. Efficiency and proportions of waste tyre pyrolysis products depending on the reactor type — A review [Text] / W. M. Lewandowski, K. Januszewicz, W. Kosakowski // J. Anal. Appl. Pyrolysis. — 2019. — Vol. 140. — P. 25–53.
10. Вольфсон, С. И. Методы утилизации шин и резинотехнических изделий [Текст] / С. И. Вольфсон, Е. А. Фафурина, А. В. Фафурин // Вестник Казанского технологического университета. — 2011. — № 1. — С. 74–79.
11. Папин, А. В. Пути утилизации отработанных автошин и анализ возможности использования технического углерода пиролиза отработанных автошин [Текст] / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, Е. А. Макаревич // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2015. — № 2. — С. 96–100.
12. Моисеев, Р. Е. Анализ отечественных методов переработки [Текст] / Р. Е. Моисеев // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. — 2010. — № 5-2. — С. 196–200.

13. Захарян, Е. М. Пиролиз шин. Особенности процесса и состав продуктов реакции (обзор) [Текст] / Е. М. Захарян, А. Л. Максимов // Журн. прикл. химии. — 2021. — Т. 94, № 10. — С. 1226–1264. — doi:10.31857/S0044461821100017.
14. Influence of process conditions on product yield of waste tyre pyrolysis — a review [Text] / P. Parthasarathy, H. S. Choi, H. C. Park et al. // Korean J. Chem. Eng. — 2016. — Vol. 33, № 8. — P. 2268–2286. — doi: 10.1007/s11814-016-0126-2.
15. Waste tyre pyrolysis — a review [Text] / J. D. Martínez, N. Puy, R. Murillo et al. // Renewable & Sustainable Energy Revs. — 2013. — Vol. 23. — P. 179–213. — doi: 10.1016/j.rser.2013.02.038.
16. Saleh, T. A. Processing methods, characteristics and adsorption behavior of tire derived carbons: a review [Text] / T. A. Saleh, V. K. Gupta // Adv. Colloid Interface Sci. — 2014. — Vol. 211. — P. 93–101. — doi: 10.1016/j.cis.2014.06.006.
17. Labaki, M. Thermochemical conversion of waste tyres — a review [Text] / M. Labaki, M. Jeguirim // Environ Sci. Pollut. Res. — 2017. — Vol. 24. — P. 9962–9992. — doi: 10.1007/s11356-016-7780-0.
18. Продукты переработки отходов резинотехнических изделий [Текст] / А. С. Зябрев, И. Я. Петров, К. Ю. Ушаков, А. Р. Богомолов // XII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия молодая». — 2020. — № 17. — С. 1–8.
19. ГОСТ 6217-74. Уголь активный древесный дробленый [Текст]. — Введ. 1976-01-01. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003. — 7 с.
20. Чарыков, А. К. Математическая обработка результатов химического анализа [Текст] : учеб. пособ. для вузов / А. К. Чарыков. — Л. : Химия, 1984. — 168 с.
21. Brunauer, S. Ad-sorption of gases in multimolecular layers [Text] / S. Brunauer, P. H. Emmett, E. Teller // J. Am. Chem. Soc. — 1938. — Vol. 60. — P. 309–319.
22. Карнаухов, А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов [Текст] / А. П. Карнаухов. — Новосибирск : Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. — 470 с.

© Петраков В. Д.© Тыра А. В.© Ушаков К. Ю.

**Рекомендована к печати директором Института энергетики КузГТУ,
к.т.н. Дворовенко И. В.,
зав. научно-аналитическим сектором НЦМОС ДонГТИ,
к.т.н. Павловым В. И.**

Статья поступила в редакцию 07.11.2022.

Petrakov V. D., Tyra A. V., Ushakov K. Y. (T. F. Gorbachev KuzSTU, Kemerovo, the Russian Federation, ushakovkju@kuzstu.ru)

SOLID RESIDUE OF THE LARGE TIRES' HEAT TREATMENT PROCESS AS A SORBENT FOR THE INDUSTRIAL WASTE WATER CLEANING

The article is devoted to the development of a combined scheme for the industrial rubber waste utilization. The combined scheme is based on the sequence of gasification and pyrolysis processes of rubber granules of used-up large-size dump truck tires to produce carbon-containing sorbents. The parameters of gasification and pyrolysis for obtaining the highest sorption values have been defined during the research.

Key words: carbon sorbent, gasification, pyrolysis, textural characteristics, methylene blue, iodine.

УДК 620.9

*Вилисов Н. Д.,
Ушаков К. Ю.,
к.т.н. Азиханов С. С.,
Горина В. З.*

(КузГТУ им. Т. Ф. Горбачёва, г. Кемерово, РФ, ushakovkju@kuzstu.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПИРОЛИЗА И ГАЗИФИКАЦИИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ РАЗНЫХ ФРАКЦИЙ НА СОСТАВ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

Представлены результаты экспериментальных исследований пиролиза и газификации резиновой крошки разных фракций отработанных шин карьерных самосвалов при различных температурах. Определены оптимальные температуры пиролиза и последующей углекислотной газификации для получения максимального выхода монооксида углерода в генераторном газе.

Ключевые слова: *отходы резинотехнических изделий, пиролиз, углекислотная газификация, генераторный газ, монооксид углерода.*

В мировой повестке вопросы сохранения экологического благополучия имеют первостепенные позиции. Помимо намерений снижения вредных выбросов в атмосферу, в нашей стране, как и во всем мире, имеется необходимость в переработке различных, ранее накопленных, отходов производства. Для реализации этих задач были запущены «Реформа обращения с отходами производства и потребления в Российской Федерации» [1] и национальный проект «Экология» [2], направленные в том числе на ликвидацию свалок и переработку отходов производства и потребления. К одним из наиболее масштабных загрязнителей относятся отходы резинотехнических изделий (РТИ), большую часть которых составляют автомобильные шины, при этом большую часть изношенных шин занимают шины большегрузных автомобилей [3]. Это связано с преобладанием надземного способа добычи полезных ископаемых по всему миру. В Кузбассе используется большое количество большегрузной карьерной техники, поэтому проблема переработки изношенных шин карьерных самосвалов актуальна. На сегодняшний день преимущественная часть отработанных покрышек в РФ вывозится на свалки или подвергается измельчению в резиновую крошку. Термохимические спосо-

бы переработки, такие как пиролиз и газификация, менее развиты, хотя многие авторы данные технологии считают перспективными [4]. В мировой практике используются полупромышленные установки по пиролизу изношенных шин. Авторами предложен способ комплексной переработки резинотехнических отходов, заключающийся в последовательном проведении процессов пиролиза и газификации [5]. Получаемые в результате газообразные и жидкие продукты могут быть использованы либо для получения тепловой энергии, либо для получения ценных химических соединений. Твердый углеродный остаток, оставшийся в результате пиролиза, после его активации может быть использован в качестве сорбента. Автомобильные шины имеют различный состав, что нередко приводит к расхождению получаемых данных по выходу и составу получаемых продуктов термохимических реакций. Очевидно, это связано с характеристиками исходного сырья и условиями протекания термохимических процессов.

Целью исследования является оценка влияния параметров протекания процесса, свойств и размеров исходного сырья на характеристики получаемых продуктов.

Одним из получаемых продуктов процесса газификации является генераторный

газ, имеющий в своем составе монооксид углерода (СО), который может быть использован в качестве топлива, либо как сырье для получения различных товарных продуктов. СО является ключевым компонентом генераторного газа, определяющим его практическую применимость, поэтому одной из задач исследования является получение в составе газа наибольшего содержания СО.

В настоящей работе представлены результаты решения следующих задач:

1) определение влияния температуры проведения пиролиза на выход СО при последующем процессе газификации;

2) определение влияния температуры газификации на выход СО;

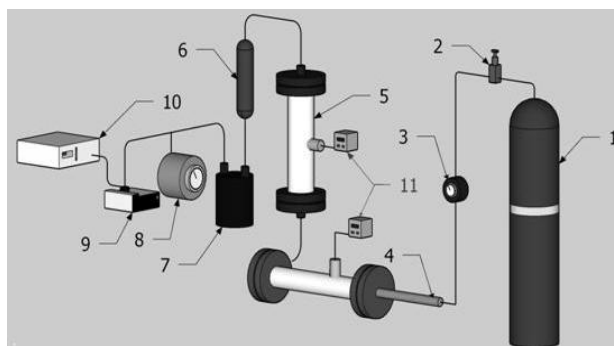
3) определение влияния размера исходной резиновой крошки на состав генераторного газа.

Для проведения процессов пиролиза и последующей углекислотной газификации образующегося при пиролизе твердого углеродсодержащего остатка использовалась экспериментальная установка, основанная на использовании реактора проточного типа периодического действия объёмом 275 см³ (рис. 1).

Для проведения процесса пиролиза в реактор 5 загружалось 80 г резиновой крошки, после чего проводили нагрев реакционной зоны подводом тепла от внешнего нагревателя. Температуру в реакторе измеряли тер-

мопарой, которая находилась в слое резины. Скорость нагрева составляла от 7 до 12 °С/мин. Пиролиз проводили при температурах из диапазона 550–700 °С, в ходе которого образовывались летучие компоненты. Газовая смесь через теплообменник 6 поступала в сепаратор-отделитель 7 для разделения конденсированной жидкой фазы от пиролизного газа. Окончание образования выхода газообразных продуктов процесса свидетельствовало о завершении процесса пиролиза и позволяло осуществить переход к газификации твердого остатка.

Полученный твердый остаток после процесса пиролиза загружался в реактор 5. Масса загружаемого остатка составляла 8 г. Далее осуществляли нагрев реакционной зоны. Температура в реакторе измерялась при помощи термопары, находящейся в слое газифицируемого образца. Скорость нагрева составляла 8–12 °С/мин, контроль которой осуществлялся с использованием терморегулятора 11. После достижения заданной методикой исследования температуры процесс газификации начинали открытием крана на баллоне 1 и подачей газифицирующего агента (СО₂) с расходом 0,1 л/мин. Образующийся генераторный газ направлялся через барабанный счетчик 8 для определения количества и газоанализатор 7, для контроля состава образующегося газа. Для анализа состава образующегося газа использовался поточный газоанализатор ТЕСТ 1.



1 — баллон с СО₂; 2 — вентиль; 3 — расходомер; 4 — подогреватель СО₂; 5 — реактор; 6 — теплообменник; 7 — сепаратор-отделитель; 8 — барабанный счётчик; 9 — перистальтический насос; 10 — газоанализатор; 11 — терморегулятор

Рисунок 1 — Схема экспериментальной установки

В качестве сырья в работе использовались измельченные фракции крупногабаритных шин карьерных самосвалов, полученные на установках ООО «СибЭкоПром» и предоставленные компаниями АО «УК „Кузбассразрезуголь“» (фракции 0–1 мм и 2–3,5 мм) и АО ХК «СДС-Уголь» (фракции 1–3 мм и 2–4 мм).

Исходным сырьём в экспериментальных исследованиях по определению влияния температуры проведения пиролиза на выход СО при последующем процессе газификации был твёрдый углеродсодержащий остаток, полученный при пиролизе резиновой крошки фракцией 0–1 мм. Процесс пиролиза проводили при температурах 550, 600, 650 и 700 °С. Процесс газификации проводили при температурах 940, 960 и 980 °С продолжительностью 70 минут.

На рисунке 2 представлена сводная гистограмма зависимости содержания СО в генераторном газе от температуры пиролиза и газификации.

Исходя из зависимости, изображенной на рисунке 2, можно сделать вывод, что при температуре пиролиза 700 °С содержание СО в генераторном газе минимальное. Наибольшее содержание СО наблюдается при температуре пиролиза 650 °С и температуре газификации 960 и 980 °С, а также при температуре пиролиза 600 °С и температуре газификации 960 °С.

Исходным сырьём экспериментального исследования для решения второй задачи был твёрдый углеродсодержащий остаток процесса пиролиза при температуре 600 °С резиновой крошки фракцией 2–4 мм.

На рисунке 3 представлен сводный график зависимости состава газа от температуры. В установившемся режиме, при температуре газификации 940 °С, количество СО в генераторном газе составило 43,7 %, а количество СО₂ — 51,4 %. При температуре 960 °С, количество СО составило 50,2 %, а количество СО₂ — 47,1 %. При температуре 980 °С, количество СО составило 57 %, а количество СО₂ — 39,4 %.

Исходя из зависимости, изображенной на рисунке 3, можно сделать вывод, что при повышении температуры газификации увеличивается доля СО в составе генераторного газа. Так, если при температуре 940 °С в составе газа преобладает СО₂, то при температуре 960 °С количество СО и СО₂ практически равны, в свою очередь при дальнейшем увеличении температуры (до 980 °С) наблюдается преобладание СО в составе, что увеличивает его теплотворную способность, а также делает его пригодным для использования в технологических процессах.

Третья серия экспериментов была направлена на сравнение состава генераторного газа при температуре пиролиза 600 °С и температуре газификации 960 °С двух фракций одного поставщика исходного сырья.

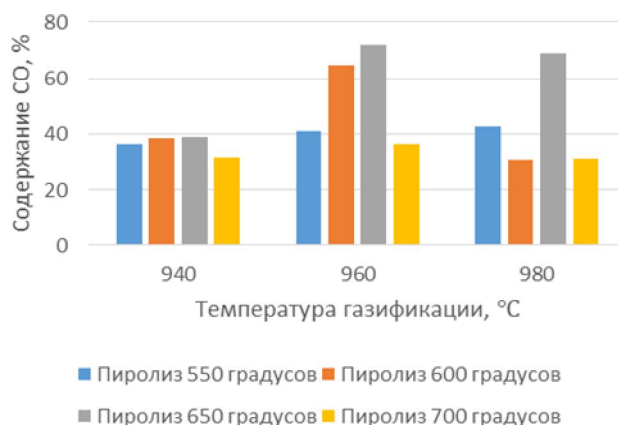


Рисунок 2 — Зависимость содержания СО от температуры пиролиза и газификации

На рисунке 4 представлен состав генераторного газа при температуре процесса газификации 960 °С образцов, полученных после пиролиза фракции 2–3,5 мм.

На рисунке 5 представлен состав генераторного газа при температуре процесса

газификации 960 °С образцов, полученных после пиролиза фракции 0–1 мм.

Среднее значение содержания CO в генераторном газе при температуре процесса 960°С составило для: фракции 0–1 мм — 64,8 %; фракции 2–3,5 мм — 34,6 %.

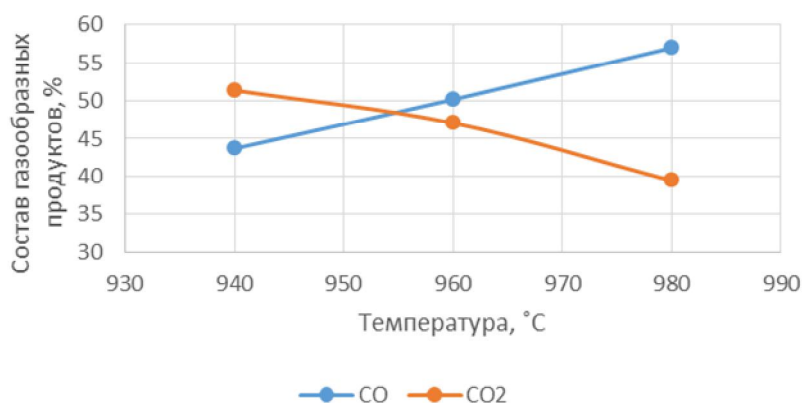


Рисунок 3 — Зависимость состава газа от температуры

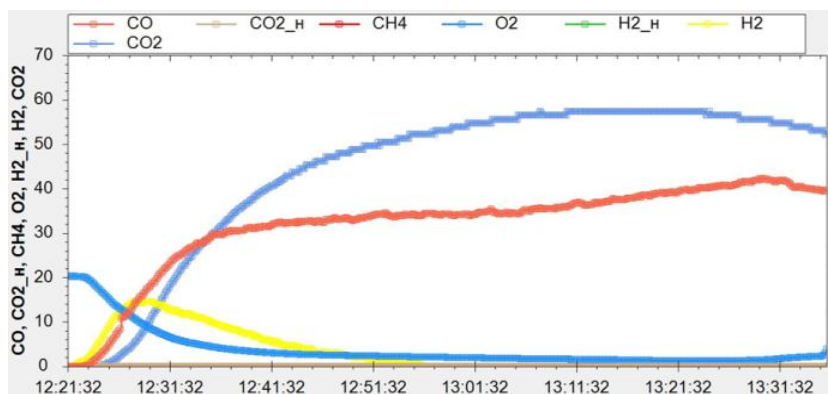


Рисунок 4 — Состав генераторного газа при температуре 960 °С

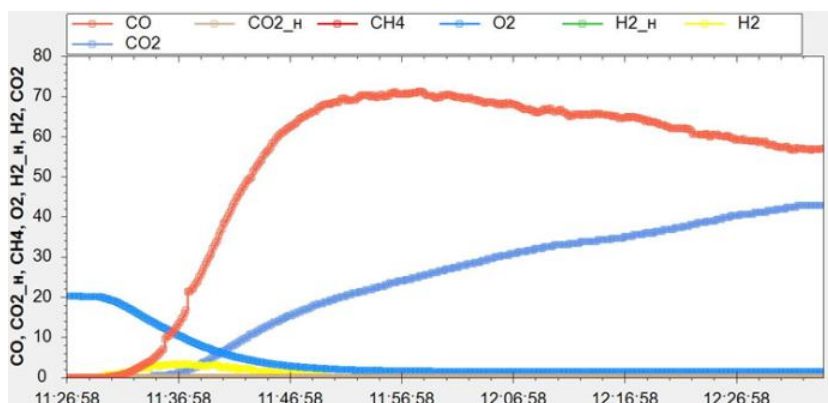


Рисунок 5 — Состав генераторного газа при температуре 960 °С

Можно сделать вывод, что при одинаковой температуре пиролиза и газификации, содержание СО в генераторном газе для образцов фракции 0–1 мм оказалось выше, чем для образцов исходной фракции 2–3,5 мм, предоставленными для исследований АО «УК „Кузбассразрезуголь“». Вероятно, это может быть связано с большей поверхностью контакта газифицирующего агента (СО₂) с частичками резины, что благоприятно сказывается для протекания реакции Будуара.

Выводы и направления дальнейших исследований. В результате переработки изношенных шин решается такая проблема, как захоронение и складирование отходов резинотехнических изделий. При захоронении и складировании на полигонах отходы РТИ являются источником загрязнения окружающей среды вследствие их медленной деструкции. Развитие товарной номенклатуры процесса переработки отходов РТИ, предусмотренная в технологии, предлагаемой авторами [5], способствует увеличению экономической привлекательности этого процесса. Кроме того, процессы пиролиза и углекислотной газификации позволяют избежать выбросов вредных веществ таких как бензопи-

рен, сажа, диоксины и др. по сравнению с возгоранием шин, складированных на открытом воздухе или утилизированных за счет прямого сжигания. Немаловажно, что совмещение процессов пиролиза и углекислотной газификации обеспечивает полную переработку изношенных шин путем комплексного использования образовавшейся газовой смеси. Так, газообразный продукт процесса пиролиза направляется для поддержания температуры процессов. В свою очередь полученный на стадии углекислотной газификации монооксид углерода после сжигания направляется в рецикл в качестве газифицирующего агента для осуществления углекислотной газификации. Стоит отметить, что твердый углеродный остаток имеет характеристики сорбента и может быть также использован в промышленности. Данный подход позволяет достичь минимальных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Полученные результаты состава газообразных продуктов будут использованы при проектировании технологии утилизации резинотехнических отходов и технико-экономическом обосновании применения технологии [5] на территории угледобывающего региона — Кузбасса.

Библиографический список

1. Об отходах производства и потребления : Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102053807>.
2. Национальный проект «Экология» [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. — Режим доступа: <https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy-proekt-ekologiya/>.
3. Горовец, В. Г. Утилизация шин. Проблема и ее аспекты [Текст] / В. Г. Горовец // *Автотранспортное предприятие*. — 2005. — № 4. — С. 40–47.
4. Labaki, M. Thermochemical conversion of waste tyres — a review [Text] / M. Labaki, M. Jeguirim // *Environ Sci. Pollut. Res.* — 2017. — Vol. 24. — P. 9962–9992. — doi: 10.1007/s11356-016-7780-0.
5. Пат. 2780839 РФ, МПК В29В 17/00, F23G 7/12, C08J 11/00. Способ комплексной переработки резинотехнических отходов [Текст]: Ушаков К. Ю., Петров И. Я., Азиханов С. С. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. — № 2021133167 ; Заявл. 16.11.2021 ; Опубли. 04.10.2022, Бюл. № 28.

© Вилисов Н. Д.
 © Азиханов С. С.
 © Ушаков К. Ю.
 © Горина В. З.

*Рекомендована к печати директором Института энергетики КузГТУ,
к.т.н. Дворовенко И. В.,
и.о. главного врача ГС «Алчевская городская СЭС» МЗ ЛНР,
д.м.н. Капрановым С. В.*

Статья поступила в редакцию 15.11.2022.

Vilisov N. D., Ushakov K. Yu., Ph.D. Azikhanov S. S., Gorina V. Z. (T. F. Gorbachev KuzSTU, Kemerovo, the Russian Federation, ushakovkju@kuzstu.ru)

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF PYROLYSIS AND GASIFICATION TEMPERATURES OF VARIOUS FRACTION RUBBER GRANULES ON THE GENERATOR GAS COMPOSITION

The results of experimental studies for pyrolysis and gasification of rubber granules of different fractions from used-up tires of mining dump trucks at different temperatures are presented in the paper. Optimal temperatures of pyrolysis and subsequent carbon dioxide gasification have been determined to obtain the maximum yield of carbon monoxide in the generator gas.

Key words: *rubber products waste, pyrolysis, carbon dioxide gasification, generator gas, carbon monoxide.*

ГЕОЭКОЛОГИЯ

GEOECOLOGY

УДК 556.51:556.5.04:556.3.04

Дегтярев Ю. А.,
 Зинченко Л. С.,
 Крамаренко А. А.,
 Коптева А. К.,
 Лысенко И. Л.

(Минприроды ЛНР, г. Луганск, ЛНР, minprirody@mprlnr.su)

ПРОБЛЕМЫ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ СТЕПИ ДОНЕЦКОГО КРЯЖА В ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Работа посвящена основным причинам проблемного состояния экосистем степи Донецкого кряжа, в особенности влиянию добычи полезных ископаемых открытым способом на нарушение экологических коридоров (путей миграции животных). В работе приводится характеристика речных бассейнов ЛНР по степени изменения природного ландшафта горными работами с учетом протяженности карьерно-отвальных комплексов и линейного коэффициента ландшафтных изменений.

Ключевые слова: экосистема, природно-заповедный фонд, объект фонда, экологический коридор, ландшафтные изменения, добыча угля, карьеры, карьерно-отвальный комплекс, речной бассейн.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Экосистема — единый сложный природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания (животный и растительный мир, атмосфера, почвы, водоёмы и т. д.), в которой живые и неживые компоненты связаны между собой обменом веществ и энергии, образуя вместе устойчивую целостность [1]. Основной составной частью экосистемы является её поверхность — природный ландшафт. Важные компоненты поверхности, определяющие её состояние, следующие: геологический фундамент (основа, на которой формируется ландшафт), рельеф, вода, лесные насаждения, травянистая растительность, почвенный покров.

Основными причинами проблемного состояния экосистем степи Донецкого кряжа и уменьшения биоразнообразия являются:

– уменьшение природных территорий — мест обитания флоры и фауны;

– нарушение целостности природных ландшафтов — путей миграции животных и растений;

– загрязнение окружающей природной среды, что приводит к гибели более чувствительных видов животных и растений, уменьшению их популяций;

– истощение отдельных видов природных ресурсов и чрезмерная их эксплуатация, в частности, лесов, поверхностных и подземных вод, земель;

– увеличение объёмов незаконной добычи отдельных видов растительного и животного мира;

– чрезмерный и почти повсеместный фактор беспокойства животных вследствие хозяйственной и рекреационной деятельности;

– несовершенное действующее законодательство в части природоохранных требований и ограничений по природопользованию, отсутствие экологических нормативов [2].

К вышесказанному следует добавить:

– одной из причин разрушения геологического фундамента первозданных природных степных ландшафтов является добыча полезных ископаемых открытым способом (карьерами) и, как следствие, нарушение экологических коридоров (путей миграции животных и растений);

– отсутствие работ по восстановлению природного ландшафта (рекультивация карьеров) и ликвидации последствий добычи полезных ископаемых открытым способом.

Постановка задачи:

1. Определить степень антропогенных изменений ландшафта поверхностными горными работами в бассейнах малых рек южной части ЛНР (правобережье реки Северский Донец).

2. Определить линейный коэффициент ландшафтных изменений по отношению к протяженности гидросети малых рек.

3. Определить влияние изменений ландшафта поверхностными горными работами на ключевые природные территории — объекты природно-заповедного фонда (далее — ПЗФ), на экологические коридоры и буферные зоны.

Целью настоящей работы является анализ состояния бассейнов малых рек ЛНР по степени изменения природного ландшафта поверхностными горными работами и оценка влияния этих изменений на состояние экосистем степи южной части ЛНР (правобережье реки Северский Донец).

Объект исследования — экосистемы степи южной части ЛНР.

Предмет исследования — взаимосвязи между основными компонентами экосистем; влияние изменений природного ландшафта поверхностными горными работами на состояние экосистем.

Задачи исследования:

– проанализировать влияние изменений ландшафта поверхностными горными работами на состояние водных объектов, почв, животного и растительного мира на территории южной части ЛНР (правобережье реки Северский Донец);

– определить графически места наиболее значительных нарушений объектов ПЗФ, экологических коридоров и буферных зон.

Методика исследования. Для создания схем расположения карьеров, отвалов и карьерно-отвальных комплексов ЛНР, измерения длин этих комплексов и сравне-

ния их протяженности с общей протяженностью речной сети выполнен космический мониторинг состояния ландшафтов, который проводился двумя способами классификации спутниковых данных:

– визуальный — путем экспертного сравнения разновременных снимков;

– автоматизированный — включает в себя широкий спектр методов, используемых для идентификации, описания и количественного определения изменений между изображением одной и той же территории в разное время.

Изложение материала и его результаты. Луганская Народная Республика полностью расположена в пределах степной зоны. На левобережье реки Северский Донец степи занимают южные склоны Среднерусской возвышенности, а на правобережье — центральную и восточную части Донецкой возвышенности. До нового времени ландшафт этой территории состоял из степей на водоразделах и преимущественно дубовых и ольховых лесов в долинах и балках [2]. Только на самой высокой части Донецкой возвышенности леса кое-где выходили за пределы понижений рельефа [3]. С начала XIX века и до настоящего времени ландшафт на территории современной Луганской Народной Республики подвергся интенсивным изменениям. Наибольшие антропогенные изменения ландшафта произошли на правобережье реки Северский Донец — в промышленной части Донбасса. В периоды хозяйствования Российской империи и Советской власти ландшафтные изменения выражались в формировании в основном положительных форм рельефа — конусовидных отвалов горных пород (терриконов), которые носили точечный характер расположения на поверхности земли. При этом они располагались, не нарушая долины малых и средних рек, естественных путей миграции животных. После распада СССР (1991 г.) в связи с разрушением управления глобальной экономической системой вновь возникший суверенный субъект Украина при сохранении потребности в

твёрдых энергоносителях (угля) начала процесс ликвидации угледобывающих предприятий. Покрытие сложившегося дефицита угля на внутреннем и внешнем рынках начало производиться за счёт вовлечения в эксплуатацию угольных пластов, выходящих на поверхность земли. Несовершенство регуляторной законодательной базы в сфере недропользования и неудовлетворительная работа контрольно-надзорных и правоохранительных органов Украины привели к массовой разработке угля карьерным способом.

Массовая разработка запасов каменного угля и антрацита, выходящих на земную поверхность, велась на правом берегу реки Северский Донец по зонам водосборов его притоков. Наибольшая техногенная нагрузка пришлась на юго-западную часть территории нынешней Луганской Народной Республики (рис. 1), при этом 98 % карьеров возникло до 2014 г. [0].

В этой связи по заявке Луганского областного совета в 2005 г. Научно-исследовательский институт прикладной экологии Восточноукраинского национального университета имени В. Даля выполнил проект «Разработка региональной схемы формирования экологической сети Луганской области». Им была научно обоснована региональная экологическая сеть с учётом «Общегосударственной программы формирования национальной экологической сети на 2000–2015 гг.», утверждённой законом Украины от 21.09.2000 г. № 1989-III (рис. 1).

Двухуровневая экологическая сеть особо охраняемых природных территорий направлена на восстановление экосистемы степей и основывается на функционально взаимодействующих компонентах:

– ключевых природных территориях — узловых участках, центральных зонах, что обеспечивает оптимальное количество и качество экологического пространства;

– экологических коридорах — транзитных территориях, транзитных путях, которые обеспечивают необходимую взаимосвязь между ключевыми природными территориями;

– буферных зонах — буферных территориях, предназначенных для защиты ключевых природных территорий и экологических коридоров от потенциально небезопасных внешних воздействий;

– восстановленных территориях — территориях, которые обеспечивают формирование пространственной целостности экологической сети, для которых должны быть выполнены первоочередные мероприятия по восстановлению изначального природного состояния [2].

Научно обоснованная сеть экологических коридоров отображает пути миграции крупных диких животных: лосей, оленей, пятнистых оленей и др.

В ходе выполнения специалистами Минприроды ЛНР оценки водно-ресурсного потенциала территории Луганской Народной Республики в 2020–2021 гг., на основе мониторинговых наблюдений за состоянием малых рек при изучении факторов, влияющих на его формирование, [0] установлены значительные ландшафтные изменения, вызванные отработкой угольных пластов карьерным способом (табл. 1, 2). При этом 98 % нарушений ландшафта приходится на украинский период хозяйствования, до 2014 г. (рис. 2–4).

В силу особенностей геологического и геоморфологического строения южной части территории ЛНР (правобережье реки Северский Донец) большое значение имеет линейный коэффициент ландшафтных изменений — протяжённость карьеров по отношению к протяжённости гидросети малой реки, выраженная в процентах. Значения линейного коэффициента ландшафтных изменений достигают 85 % от протяжённости гидросети в бассейне р. Миусик, 81 % — в бассейне р. Лозовая, 40 % — в бассейне р. Белая до плотины Исаковского водохранилища (табл. 1).

Наибольшее количество разрушений ландшафта приходится на юго-западную часть республики, при этом затрагиваются поверхность, почвенно-растительный слой, лесные насаждения, водные объекты. Карьеры

ГЕОЭКОЛОГИЯ

еры размещены между населёнными пунктами (рис. 3) и носят многоярусный линейный характер, глубиной до 50 м, как правило, заполнены водой. Вытянуты карьеры вдоль русел малых рек в пределах зоны их питания (рис. 4), при этом нарушают поверхностный и подземный стоки, участки лесных насаждений, прерывая миграционные пути животных. Например, карьер, на-

ходящийся на правом берегу р. Белая на расстоянии 2 км от пгт Бугаёвка в верховье балки Ольховая, имеет следующие параметры. Длина составляет 264 м, ширина — от 17 до 100 м, глубина — до 30 м, объем воды — около 99,6 тыс. м³. Расчётный объём поверхностного и подземного стока, ежегодно перехватываемого карьерами, составляет более 1388 тыс. м³ [0].

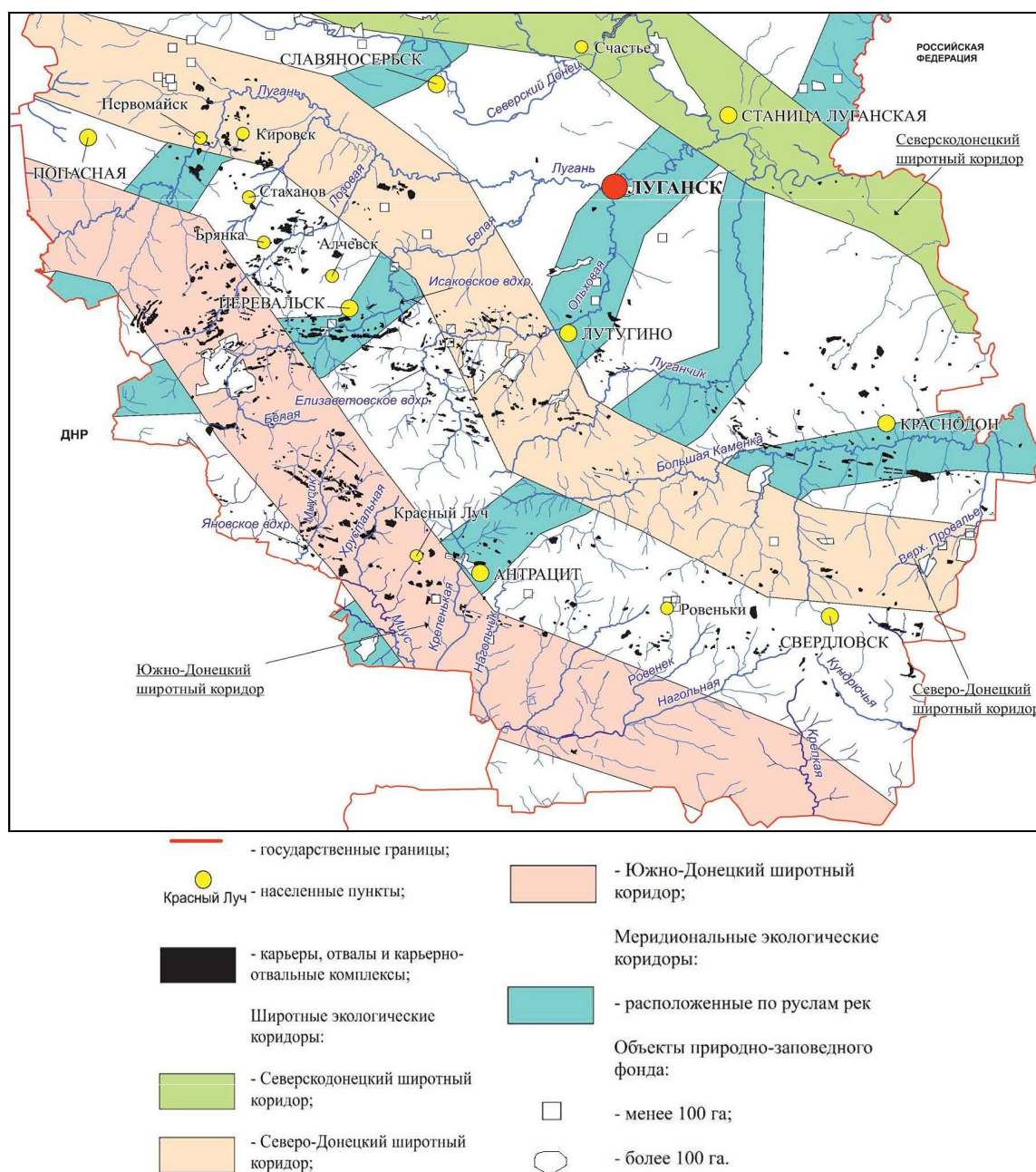


Рисунок 1 Схема разрушения миграционных путей диких животных в промышленной части ЛНР

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Таблица 1

Характеристика речных бассейнов ЛНР по степени изменения природного ландшафта горными работами (отвалами, карьерами и карьерно-отвальными комплексами)

№ п/п	Бассейн реки	Площадь бассейна реки, км ²	Протяжённость гидросети, измеренная по карте масштаба 1:100000, км	Протяжённость карьерно-отвальных комплексов, км	Линейный коэффициент ландшафтных изменений, %
1	Северский Донец (включая мелкие притоки и реки Лугань и Луганчик)	6437	2154	536,3	24,9
2	Лугань (в пределах ЛНР), в т. ч.	4823	1706	510,3	29,9
3	Лозовая	272	92	78	81,3
4	Белая	761	279	103	36,9
5	<i>Белая в зоне питания Исаковского вдхр.</i>	450	184	73	39,5
6	Ольховая	823	303	84	27,7
7	<i>Ольховая в зоне питания Елизаветовского вдхр.</i>	130,0	67	20	29,3
8	Луганчик	624	153	14	9,4
9	Большая Каменка	1428	591,2	74,8	12,6
10	Кундрючья (с р. Бургустой)	242	62,2	12,7	20,4
11	Крепкая (с другими притоками р. Тузлов)	369	93,5	0,58	0,62
12	Миус (в пределах ЛНР), в т. ч.	1716	761,6	125,1	16,4
13	Нагольная	904,0	412,9	27	6,5
14	Миус без р. Нагольной и балки Дубровки	793	343,6	98,1	28,6
15	<i>Миусик в зоне питания Яновского водохранилища</i>	172,5	75	64	85
16	ВСЕГО на площади основных речных бассейнов ЛНР (Северский Донец, Большая Каменка, Кундрючья, Крепкая, Миус)	10192	3662,5	749,5	20,5

Таблица 2

Информация о состоянии отдельных объектов природно-заповедного фонда ЛНР (к рисункам 2 и 3)

№ п/п	Название объекта природно-заповедного фонда	Площадь объекта ПЗФ, га	Общая площадь территории объекта ПЗФ с нарушенным ландшафтом,	
			га	%
1	Иллирийский общезоологический заказник	2667,72	747	28,0
2	Перевальский общезоологический заказник	2716,47	533	19,6

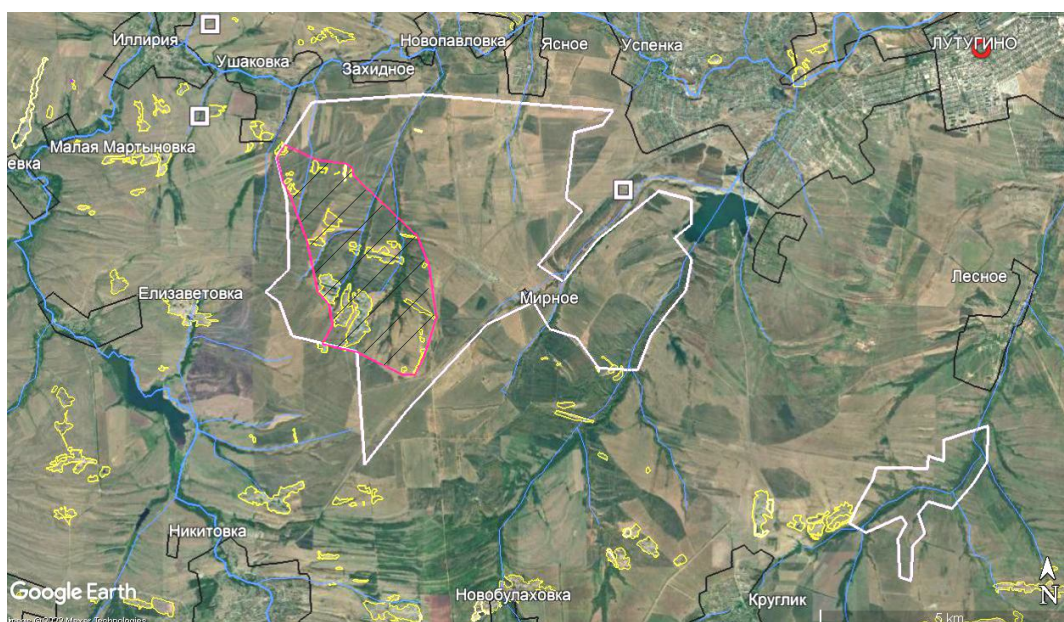


Рисунок 2 Нарушение состояния природного ландшафта карьерно-отвальными комплексами Иллирийского общезоологического заказника

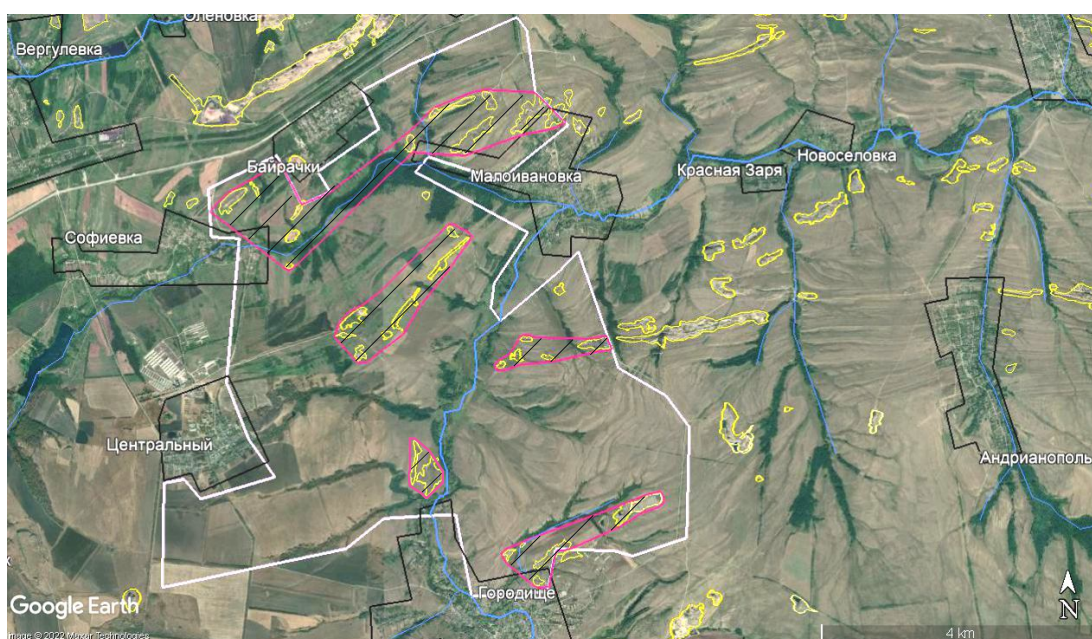


Рисунок 3 Нарушение состояния природного ландшафта карьерно-отвальными комплексами Перевальского общезоологического заказника

Условные обозначения к рисункам 2 и 3


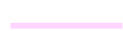


-  Границы населенных пунктов
-  Границы объекта ПЗФ
-  Границы карьеров, отвалов и карьерно-отвальными комплексами на территории объекта ПЗФ
-  Общая площадь территории объекта ПЗФ с нарушенным ландшафтом



Рисунок 4 Карьер в верховье балки Ольховая, на правом берегу р. Белая

- Фактически были разрушены:
- ключевые природные территории — объект природно-заповедного фонда;
 - экологические коридоры (пути перемещения животных);
 - буферные зоны (рис. 1–3).

При карьерной разработке угля происходит уничтожение лесных насаждений в зонах водосбора малых и средних рек промышленной части Луганской Народной Республики. Так, в зоне водосбора малой реки Лозовая 26 % карьеров затронули лесные массивы путём ликвидации лесных насаждений (табл. 3). Василий Байтала

указывает: «сложная вертикальная структура древостоев, мощная подстилка и глубоко пронизывающая корневая система способствует положительному влиянию леса на гидросферу. Над лесом выпадает атмосферных осадков в среднем на 10–15, а по некоторым данным даже на 25 % больше, чем на открытой местности. В лесу задерживаются почти все осадки. Поверхностный сток здесь не превышает 3 % годовых осадков, в то время как на лугу он достигает 38 %. Зато внутренний и подземный сток в лесу составляет 42 %, а вне его только 18 %» [3].

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Таблица 3

Распределение количества участков с изменённым ландшафтом по зонам водосбора малых рек в южной части ЛНР

№ п/п	Бассейн реки	Количество участков с изменённым ландшафтом		Количество нарушенных участков леса от общего количества карьеров, отвалов и карьерно-отвальных комплексов, %
		Количество карьеров, отвалов и карьерно-отвальных комплексов	Количество участков леса, нарушенных карьерами, отвалами и карьерно-отвальными комплексами	
1	Северский Донец (включая мелкие притоки и реки Лугань и Луганчик)	687	91	13,2
2	Лугань (в пределах ЛНР), в т. ч.	623	82	13,2
3	Лозовая	169	44	26,0
4	Белая	202	3	1,5
5	Ольховая	158	28	17,7
6	Луганчик	37	5	13,5
7	Большая Каменка	152	5	3,3
8	Кундрючья (с р. Бургустой)	14	2	14,3
9	Крепкая (с другими притоками р. Тузлов)	1	1	100
10	Миус (в пределах ЛНР), в т. ч.	252	36	14,3
11	Нагольная	64	5	7,8
12	Миус без р. Нагольной и балки Дубровка	188	31	16,5
13	в т. ч. Миусик	124	30	24,2
14	ВСЕГО на площади основных речных бассейнов ЛНР (Северский Донец, Большая Каменка, Кундрючья, Крепкая, Миус)	1106	135	12,2

Работами Укргидропроект УкрНИИЛХА (1976 г.) установлено, что с помощью лесонасаждений, созданных в виде системы лесных полос, с доведением лесистости от 3 % (фактически средняя по Луганской области на водосборе малых рек) до 15 % (рекомендуемые нормативы) обеспечивается значительное (2–3 кратное) увеличение подземной составляющей речного стока (на 17–26 мм при ошибке ± 20 %), распределяющегося более равномерно в течение года. При этом лесные насаждения по площади речных водосборов малых рек рекомендуется размещать наиболее рационально в гидрогеологическом отноше-

нии. Целесообразно большую часть лесных насаждений (55–56 %) сосредотачивать в верхней части водосборов [0, 6].

В ходе мониторинговых наблюдений специалистами Минприроды ЛНР установлены факты деградации лесных насаждений в непосредственной близости от карьеров. Так, карьер, расположенный на левом борту реки Белая, в пгт Михайловка Перевальского района ЛНР, выше по склону лесного массива, перехватил 1-й горизонт подземных вод, что явилось одной из причин, приведших к высыханию сосны в лесном массиве площадью 60,5 тыс. м².

В горнопромышленной части Донбасса сотни тысяч гектаров земель подверглись непосредственному влиянию промышленной разработки, в результате которой изменяются эволюционно сформированные природные комплексы [7].

На данный момент фактически разрушена природная экосистема Донецкой возвышенности на значительной территории ЛНР, охватывающей зоны питания малых рек Антрацитовского, Перевальского, Лутугинского и части Славяносербского районов. Сокращение мест, исторически пригодных для проживания диких животных, техногенная и антропогенная нагрузка на природную среду в период воспроизведения вызвали обеднение видового и популяционного состава [8, 9].

Выводы и предложения. В целях устранения ущерба, причинённого экосистеме уже сегодня необходимо:

– принципиальное изменение организационной и регуляторной политики природопользования, прежде всего устранение правового нонсенса, когда пользователь выступает регулятором отношений в сфере недропользования, что мешает выработке решений, направленных не на удовлетворение ведомственных интересов, а на развязывание социальных проблем общества, опираясь на бережное отношение к природе и её ресурсам в целом;

– принятие многоуровневой комплексной программы восстановления экосистемы степей Донецкого кряжа, которая будет направлена прежде всего на восстановление ландшафта как базиса экосистемы, определив приоритетные направления и территории;

– создание финансового регионального экологического фонда, средства которого будут направлены на восстановление экосистемы.

Библиографический список

1. Современный толковый словарь [Текст]. — М. : Большая Советская Энциклопедия, 1997. — 5110 с.
2. Региональная целевая программа развития экологической сети Луганской области на 2010–2020 гг. [Текст]. — Луганск, 2009. — 25 с. : прил.
3. Байтала, В. Лес поле бережет [Электронный ресурс] / Научно-информационный центр лесопромышленного Государственного комитета лесного хозяйства Украины. — 2003. — Режим доступа: <https://bookscat.org/book/567977>.
4. Крамаренко А. А. Оценка водно-ресурсного потенциала и факторов, влияющих на его формирование в Луганской Народной Республике [Текст] : комплексный отчет / А. А. Крамаренко, И. Л. Лысенко, А. К. Коптева. — Луганск : Минприроды ЛНР, 2021. — 379 с.
5. Схема комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов Ворошиловградской области. Гидрологическое и инженерно-геологическое обоснование. Кн. 1. Отчет [Текст] / В. А. Мейта и др. — Ворошиловград : Запорожгидророзводхоз, 1975. — 227 с.
6. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов Ворошиловградской области Украинской ССР. Часть II. Природные условия. Кн. 2. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия [Текст] / В. А. Мейта и др. — Ворошиловград : Запорожгидророзводхоз, Ворошиловградский филиал, 1982. — 129 с.
7. Василюк, А. Степные территории природно-заповедного фонда Луганской области [Электронный ресурс] / А. Василюк, М. В. Кривохижая // Відкритий ліс. — Режим доступа: <https://www.openforest.org.ua/14681/>.
8. Бурда, Р. И. Антропогенная трансформация флоры [Текст] / Р. И. Бурда. — К. : Наукова думка. — 168 с.
9. Рослинність УРСР. Степи, кам'янисті відслонення, піски [Текст] / відп. ред. А. І. Барбарич. — К. : Наукова думка, 1973. — 428 с. : іл.

- © Дегтярев Ю. А.
 © Зинченко Л. С.
 © Крамаренко А. А.
 © Коптева А. К.
 © Лысенко И. Л.

Рекомендована к печати к.пед.н., доц. каф. географии ЛГПУ Чикиной Ю. Ю., зав. научно-аналитическим сектором НЦМОС ДонГТИ к.т.н. Павловым В. И.

Статья поступила в редакцию 16.11.2022.

Degtyaryov Yu. A., Zinchenko L. S., Kramarenko A. A., Kopteva A. K., Lysenko I. L. (*Ministry of Natural Resources of the LPR, Lugansk, LPR, minprirody@mprlnr.su*)

PROBLEMS OF THE STEPPE ECOSYSTEM OF THE DONETSK RIDGE IN THE LUGANSK PEOPLE'S REPUBLIC

The paper is devoted to the main reasons causing the problematic state of steppe ecosystems of the Donetsk Ridge, in particular, the impact of open pit mining on breaking ecological corridors (animal migration routes). The paper presents the characteristics of the river basins of the LPR in terms of changing in the natural landscape by mining, as well as the length of open-pit dump complexes and the linear coefficient of landscape changes.

Key words: *ecosystem, nature reserve fund, fund object, ecological corridor, landscape changes, coal mining, quarries, quarry dump complex, river basin.*

УДК 556.51:556.5.04:556.3.04

Крамаренко А. А.,
Коптева А. К.,
Лысенко И. Л.

(Минприроды ЛНР, г. Луганск, ЛНР, minprirody@mprlnr.su)

О ФОРМИРОВАНИИ СТОКА МАЛЫХ РЕК В УСЛОВИЯХ УГЛЕРАЗРАБОТОК И О ВЫБОРЕ РЕК-АНАЛОГОВ

Работа посвящена проблеме выбора реки-аналога в соответствии с требованиями СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» с учетом всех факторов, влияющих на состояние рек в Луганской Народной Республике. Проведено сопоставление факторов, влияющих на формирование стока рек Миусик и Айдар (до гидропоста в пгт Белолуцк), рассмотренных как аналоги для приведения рядов к многолетним значениям расходов речного стока в работе Л. С. Рыбниковой «Отчет о научно-исследовательской работе. Оценка фактического состояния и развития водного баланса территорий горных отводов гидрозащитных (ликвидируемых) шахт Краснолучского ТГК («Хрустальская», им. Газеты «Известия», «Краснолучская», «Краснокутская», «Княгининская», «Центральная») с учетом возможности использования шахтных вод для хозяйственных нужд с разработкой оптимальной схемы расположения водоотливных систем» (ООО «ПАНЭКС», г. Екатеринбург). Доказана неправомерность применения результатов анализа синхронности колебаний речного стока для выбора реки-аналога в условиях открытого карбона южной части ЛНР.

Ключевые слова: модуль стока, река-аналог, расход реки, сброс вод, бытовые воды, промышленные вод, ландшафтные изменения, подработка, горные выработки.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. При выполнении расчетов для прогнозирования развития гидрологической обстановки на водных объектах, проектирования водохозяйственных балансов, составления прогнозов развития гидрогеологической обстановки при затоплении ликвидируемых горнодобывающих предприятий, оценки водно-ресурсного потенциала и т. д. широко используется гидрологическая характеристика «модуль речного стока» и понятие «реки-аналога».

Правильность применения модуля речного стока и выбора реки-аналога имеет особое значение для малых площадей водосбора малых и средних рек.

Малые водосборы стали объектом изучения лишь в последнее время. Причиной несоответствия степени изученности стока с малых водосборов и внимания, проявленного к нему со стороны исследователей, является сложность проблемы, охватывающей широкий круг вопросов [1, 2].

Одной из проблем является отсутствие гидрологических наблюдений на малых реках.

Постановка задачи:

1. Определить условия (факторы), которые необходимо учитывать при выборе рек-аналогов согласно СП 33-101-2003.

2. Сопоставить факторы, влияющие на формирование стока рек Миусик и Айдар (до гидропоста в пгт Белолуцк), являющихся аналогами по данным отчета [3] ООО «ПАНЭКС».

3. Установить специфические факторы для реки Миусик и описать их.

Целью настоящей работы является выработка принципов и подходов к определению аналоговых объектов рек для осуществления водохозяйственных расчетов и прогнозирования на основе сравнительного анализа состояния малой реки Миусик и средней реки Айдар в Луганской Народной Республике.

Объект исследования — малые реки ЛНР.

Предмет исследования — взаимосвязи между основными факторами, формирующими речной сток, такими как природное питание и антропогенное влияние на его распределение.

Задачи исследования:

– анализ факторов, влияющих на формирование речного стока для выбора реки-аналога;

– анализ специфических для реки Миусик факторов, влияющих на формирование речного стока;

– определение изменений в соотношении основных компонентов баланса реки Миусик: природного питания и антропогенное влияние на его распределение.

Методика исследования гидрологических и гидрогеологических показателей основывалась на действующем в РФ СП 33-101-2003 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [4].

Гидрологические расчеты включали в себя расчет доли сбросов шахтных вод в расходе реки Миусик.

Исходные данные для расчетов получены из комплексного отчета «Оценка водно-ресурсного потенциала и факторов, влияющих на его формирование в Луганской Народной Республике» [5].

Замеры расходов реки Миусик, выполненные сотрудниками Минприроды ЛНР, осуществлялись согласно приказу Минприроды ЛНР № 331 от 19.11.2020 «О создании рабочей группы по организации комплексного анализа данных мониторинга водных ресурсов». Данные о модуле стока рек Миусик и Айдар (гидропост в пгт Белолуцк) по данным различных источников приведены в таблице 1.

Работы проводились в соответствии с Руководством по гидрологической практике [6, 7], издание Всемирной метеорологической организации 2011–2012 гг.

Изложение материала и его результаты.

1. Определение факторов, влияющих на формирование стока рек. Сток малых водосборов рек Донбасса отличается большой пестротой в распределении его

величин даже для водосборов, находящихся в непосредственной близости друг от друга. Это обстоятельство делает невозможным его картирование из-за большого различия в условиях формирования стока за счет доминирующего влияния азональных факторов [5].

Применяемые в настоящее время методы и способы прогнозирования стока и расчетов водохозяйственных балансов, проектов и т. д. на основе традиционного подхода (метод аналогового объекта) дают значительные погрешности, что создает большие трудности при гидрологическом обосновании водохозяйственных проектов.

Свод правил по проектированию и строительству СП 33-101-2003. «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» — М. 2004 (Госстрой России) [4] определяет:

П. 4.10 — при выборе реки-аналогов необходимо учитывать следующие условия:

– однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;

– географическую близость расположения водосборов;

– однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкую степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;

– средние высоты водосборов не должны существенно отличаться, для горных и полугорных районов следует учитывать экспозицию склонов и гипсометрию;

– отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды).

П. 5.1 — определение расчетных гидрологических характеристик при наличии донных гидрометрических наблюдений достаточной продолжительности. Продолжительность периода наблюдений считается достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), а относительная среднеквадратическая по-

ГЕОЭКОЛОГИЯ

грешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стока и 20 % для максимального и минимального стоков.

П. 5.8 — уточнение параметров распределений гидрологических характеристик

допускается осуществлять методом объединения данных наблюдений по группе станций (постов) в пределах однородных районов. Рассматриваемая гидрологическая характеристика должна быть приведена к единым условиям формирования в однородном гидрологическом районе.

Таблица 1

Сведения о среднем многолетнем модуле стока рек Миусик и Айдар (гидропост в пгт Белолуцк) по данным различных источников и о модуле стока по данным отдельных замеров расхода реки Миусик

№ п/п	Источник данных	Створ наблюдения	
		Река Айдар (до пгт Белолуцк)	Река Миусик
Средний многолетний модуль стока, л/с с км ²			
1	Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6 [8]	1,93	1–3 (карта)
2	Правила эксплуатации Яновского водохранилища (2017 г.) [9]		2,0
3	Луганская область. Атлас., 2004 г. (с. 11) [10]	2,0–3,0 (карта)	3,0 и более (карта)
4	Рыбникова Л.С. «Отчет о научно-исследовательской работе...» [3]:		
	– средний многолетний годовой сток	2,41 (по данным наблюдений 1949–2001 гг.)	3,85 (расчетный)
	– суммарный модуль инфильтрационного питания и поверхностного стока		3,6 (по результатам моделирования)
Модуль стока по данным отдельных замеров расхода реки, л/с с км ²			
5	Рыбникова Л. С. «Отчет о научно-исследовательской работе...» [3]:		
	– по результатам замера в 2019 г.		0,18 (29.09.2019 г. — 40,8 мм осадков за сентябрь)
6	По замерам Минприроды ЛНР и Научного центра мониторинга окружающей среды ДонГТИ		
	– в 2020 г.		0,07 (23 и 29.10.2020 — 15 мм осадков за октябрь, 0 за сентябрь, засуха)
	– в 2021 г.		2,67 (23.06. и 23.09.2021 — 243 мм осадков за 4 мес. июнь-октябрь, многоводный период)

2. Подход в выборе аналогового объекта на примере реки Миусик. Исторически сложилось, что территория Луганской Народной Республики на правом берегу реки Северский Донец несёт следы интенсивной горнопромышленной нагрузки. Водосборы малых и средних рек — правых притоков реки Северский Донец — характеризуются наличием природных и антропогенных факторов подстилающей поверхности и горного массива, оказывающих влияние на формирование стока и водно-ресурсного потенциала [5].

В силу неизученности или недостаточной изученности малых рек и их зон водосбора согласно СП 33-101-2003 при определении расчетных гидрологических характеристик используются результаты по рекам-аналогам. К примеру, при использовании принципа реки-аналога исполнители расчетов иногда пренебрегают требованиями к выбору аналога, изложенными в СП 33-101-2003, что в целом недопустимо. Например, в отчете о научно-исследовательской работе [3] для приведения рядов к многолетним значениям и выполнения прогнозных расчетов в качестве аналога опорного гидрологического поста для малой реки Миусик (площадь водосбора до плотины Яновского водохранилища $172,5 \text{ км}^2$) был выбран гидрологический пост на средней реке Айдар в населённом пункте Белолуцк (площадь водосбора до створа 2250 км^2). Авторы научно-исследовательской работы при выборе аналога не изучили азональные факторы зон водосбора, влияющие на формирование речного стока. Средняя река Айдар по условиям формирования речного стока полностью отличается от малой реки Миусик (рис. 1, табл. 2). Из 24 факторов, взятых нами в сравнение для обоснования выбора аналогового объекта, ни один не соответствует требованиям СП 33-101-2003, так как бассейны рек Айдар (до пгт Белолуцк) и Миусик находятся в неоднородных физико-географических и гидрологических районах, а влияние антропогенных изме-

нений еще более усиливает степень различий между ними.

3. Анализ специфических факторов, влияющих на формирование речного стока, на примере реки Миусик. Антропогенное воздействие на водные объекты — это прямое или косвенное воздействие деятельности человека на водные объекты, вызывающее количественное или качественное изменение водных ресурсов.

Такие факторы, как наличие сбросов шахтных вод в речную сеть, подработка горными выработками водосборной площади, изменение ландшафтов карьерами, отвалами и карьерно-отвальными комплексами, являются специфическими для реки Миусик.

Отдельного внимания заслуживает степень антропогенного воздействия на водные объекты, ее интенсивность и изменчивость под действием социально-экономических факторов. В данном случае следует обратить внимание не только на разницу объема водопотребления и сброса, изменение режима (регулирование) водного стока с помощью водохранилищ, воздействие на почвенно-растительный покров территории, недра и процессы стока, но и на динамику этих процессов, скорость изменения во времени.

К примеру, значительную роль в расходе реки Миусик играют сбросы шахтных вод закрытой шахты «Краснокутская» (отдельные участки работали с 1914 г., закрыта в 2017 г., работает водоотливной комплекс, далее — ВОК). Сравнение данных о расходах реки Миусик и сбросах шахтных вод закрытой шахты «Краснокутская» за тот же период (табл. 3) грубо иллюстрирует эту зависимость, не учитывая испаряемость воды в летний период и возможную фильтрацию на участках подработки реки Миусик. Но тем сложнее становится вопрос о правильности выбора реки Айдар (до гидрпоста в пгт Белолуцк) в качестве реки-аналога для реки Миусик.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

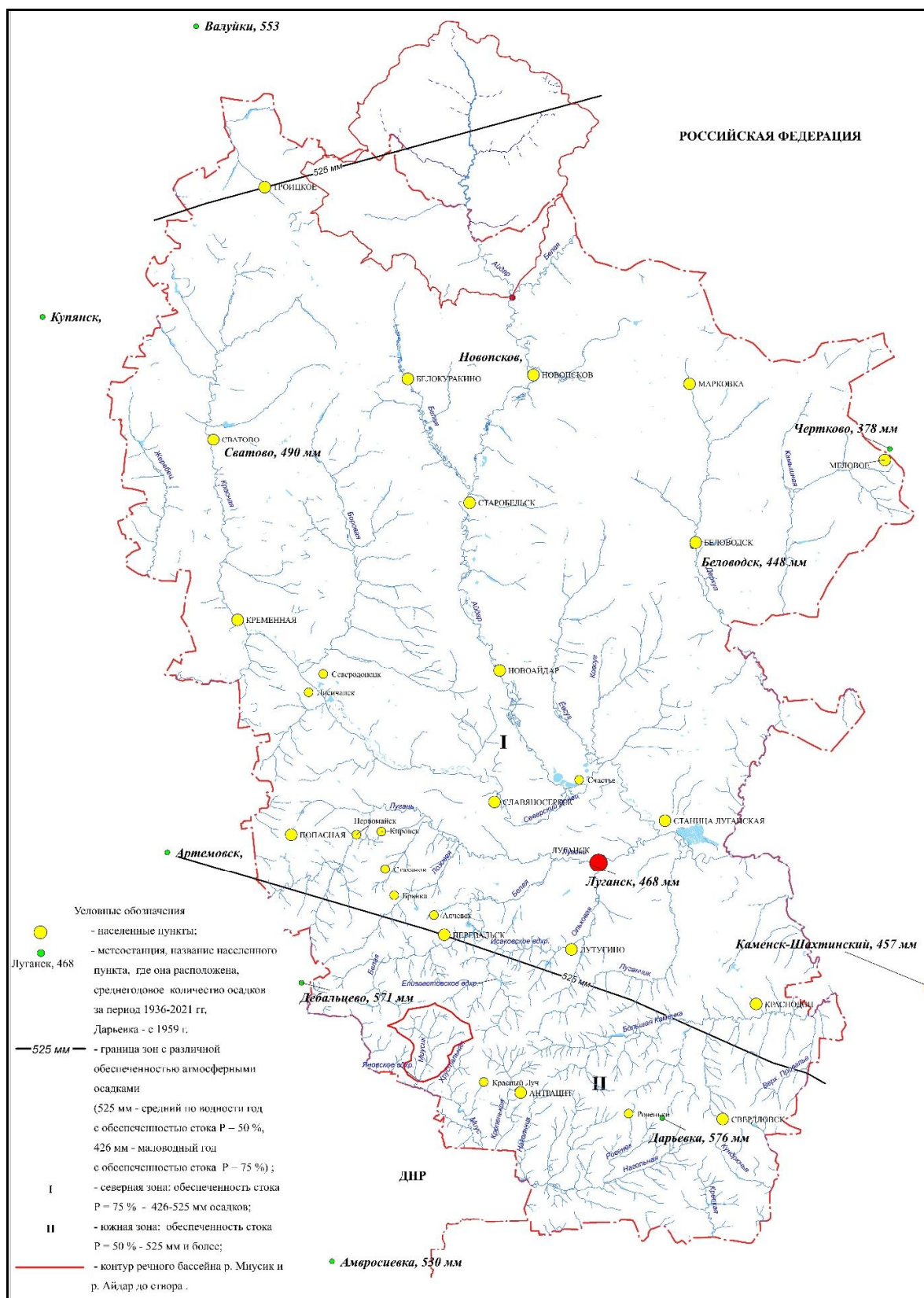


Рисунок 1 Схема обеспеченности атмосферными осадками территории ЛНР за период 1936–2021 гг.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Таблица 2

Сопоставление факторов, влияющих на формирование стока рек Миусик и Айдар (до гидропоста в пгт Белолуцк), принятых за аналоги по Л. С. Рыбниковой [3]

№ п/п	Факторы, влияющие на формирование речного стока для выбора реки-аналога	Категория фактора	Реки-аналоги по ООО «ПАНЭКС»	
			р. Миусик	р. Айдар
1	2	3	4	5
1	Географическое расположение водосборов	Зональные факторы	Бассейн р. Миус, Азовского моря	Бассейн (левобережье) р. Северский Донец
2	Зона обеспеченности осадками		Южная зона Р=50 % — 525 мм и более	Северная зона Р=75 % — <450 мм
3	Геолого-структурное строение		Боково-Хрустальская синклиналь (складчатая зона)	Старобельско-Миллеровская моноклиналь
4	Гидрогеологические особенности		открытый карбон, дебит скв. до 19 л/сек	вод. горизонт верхнего мела, дебит скв. до 150 л/сек
5	Геоморфологическое строение		Донецкий кряж	Равнина
6	Ландшафт		Южнодонецкий южностепной	Старобельский северостепной
7	Тип русла (долины) реки	Азональные факторы	Симметричный	Асимметричный
8	Абсолютные отметки, мБс исток устье (аналоговый створ)		+280 +126,3	+190 +62,1
9	Уклон реки до аналоговых створов, м/км		10,0	1,47
10	Категория реки, общая протяжённость, км		Малая 20,7	Средняя 264
11	Протяжённость реки до аналоговых створов, км		18	87
12	Протяжённость речной сети до аналоговых створов, км		75	155
13	Площадь водосбора до аналоговых створов, км ²		172,5 — до плотины Яновского водохранилища; 153 — до места впадения р. Миусик в Яновское водохранилище (место замера)	2250
14	Густота речной сети до аналоговых створов, км/км ²		0,43	0,07
15	Тип речной долины		Трапецеидальный	Трапецеидальный
16	Коэффициент подработки, %	28,3	нет	
17	Площадной коэффициент ландшафтных изменений, км ² /%	9,9/5,7	0,154/0,007	
18	Линейный коэффициент ландшафтных изменений, км/%	64/85,2	2,3/1,5	
19	Озёрность до аналоговых створов, %	0,54	0,17	

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
20	Зоны фильтрационных потерь		есть	нет
21	Сброс бытовых и промышленных вод, тыс. м ³ /сут		8,0 в среднем за 2020 г. — закрытая шах. «Краснокутская»	0,6 в среднем — МУП «Коммунальщик», г. Ровеньки, Белгородская область
22	Орошение земель сельхозназначения		с/х предприятий нет, полив огородов	13 с/х предприятий в Ровеньском р-не Белгородской области, 11 с/х предприятий в Новопсковском р-не ЛНР [11–14], полив огородов. Нет сведений об объемах
23	Питьевое и техническое водоснабжение из поверхностных водных объектов, тыс. м ³ /сут		7,7 ГУП ЛНР «Лугансквода» из Яновского водохранилища	Нет крупных водозаборов
24	Забор питьевых подземных вод, тыс. м ³ /сут		Нет крупных водозаборов	5,7 МУП «Коммунальщик», г. Ровеньки, Белгородская область [12, 15]

Согласно пункту 6.3 СП 33-101-2003 «при выборе пункта-аналога основным критерием является наличие синхронности в колебаниях речного стока расчетного створа и створов-аналогов, которые количественно выражают через коэффициент парной или множественной (при одновременном использовании нескольких аналогов) корреляции между стоком в этих пунктах». Синхронность — одинаковый ход водности (стока) отдельных лет на сравниваемых реках. При этом для анализа или оценки колебаний стока необходимо использовать такие водные объекты, на которых частные причины колебаний, присутствующие только данному водосбору, нивелируются и на первый план выступают общие (зональные) закономерности, что свойственно средним рекам [4].

Река Миусик является малой рекой. Рассчитывать колебания стока реки Миусик в створе только лишь с учетом количества осадков, испарения с различных типов подстилающей поверхности и инфильтрации, температуры воздуха, но без

учета фактора ландшафтных изменений (а скорость этих изменений с 2005 до 2014 гг. была очень высока), фактора подработки водосборной площади подземными горными выработками, наличия сбросов шахтных вод и их изменения во времени (от 972 до 263 м³/ч — рис. 2) не корректно. Для этого необходимы данные многолетних наблюдений за изменением расхода реки на подработанных участках, обследование карьеров и вскрытых ими водоносных горизонтов, данные о расходах в отдельных створах до участка водосборной площади, измененной карьерно-отвальными комплексами, и после. Таких наблюдений нет, либо же они носят случайный характер.

Говорить о синхронности расходов реки Миусик и Айдар (до пгт Белолуцк) также не корректно, учитывая зависимость расхода реки Миусик от сбросов шахтных вод закрытой шахты «Краснокутская», и то, что объемы сбросов шахты «Краснокутская» не одинаковы по времени и объему, частично перекрывают отсутствие осадков в отдель-

ГЕОЭКОЛОГИЯ

ные месяцы (рис. 2), но в гидрологическую засуху практически не доходят до Яновского водохранилища (рис. 3, между точками наблюдения 8 и 9). Она (синхронность) будет скорее совпадением, которое может быть нарушено в любой момент при изменении или прекращении работы ВОК закрытой шахты «Краснокутская».

На водно-ресурсный потенциал реки Миусик также может оказывать влияние такой фактор, как подработка горными выработками, в том числе на глубину 141 м под Яновским водохранилищем (согласно плану горных выработок по пласту k_2^2 шахты «Елизаветовская», пополненному на 1996 г). Площадь подработки составляет 49 км^2 или 28,4 % от площади водосбора до

плотины Яновского водохранилища. Согласно А. В. Мохову, зона водопроводящих трещин сдвижения над выработанным пространством может иметь высоту в сотни метров и распространяться в покровные отложения [16]. С этим связано резкое снижение расхода реки Миусик в период межени засушливого 2020 года между точками наблюдения 8 и 9 и отсутствие расхода в точке наблюдения 17 — приток реки Миусик (рис. 3, 4). Шахты работали здесь с 1914 г., и площадь, и глубина подработки постоянно увеличивались. Это приводит к потерям воды из поверхностного водного объекта в период засухи. На водосборной площади реки Айдар подработка горными выработками отсутствует.

Таблица № 3

Сравнительная таблица данных о расходах реки Миусик и сбросах шахтных вод закрытой шахты «Краснокутская» за тот же период

№ п/п	Сравнительные характеристики	Расход или объем сброса, м ³ /ч		
		29.09.2019	29.10.2020	23.09.2021
1	Расход реки Миусик перед впадением в Яновское водохранилище (по данным замера)	648	46,8	1099
2	Сброс шахтных вод ВОК шх. «Краснокутская»	370	278	455
3	Доля сбросов в расходе реки Миусик, в %	57	594	41

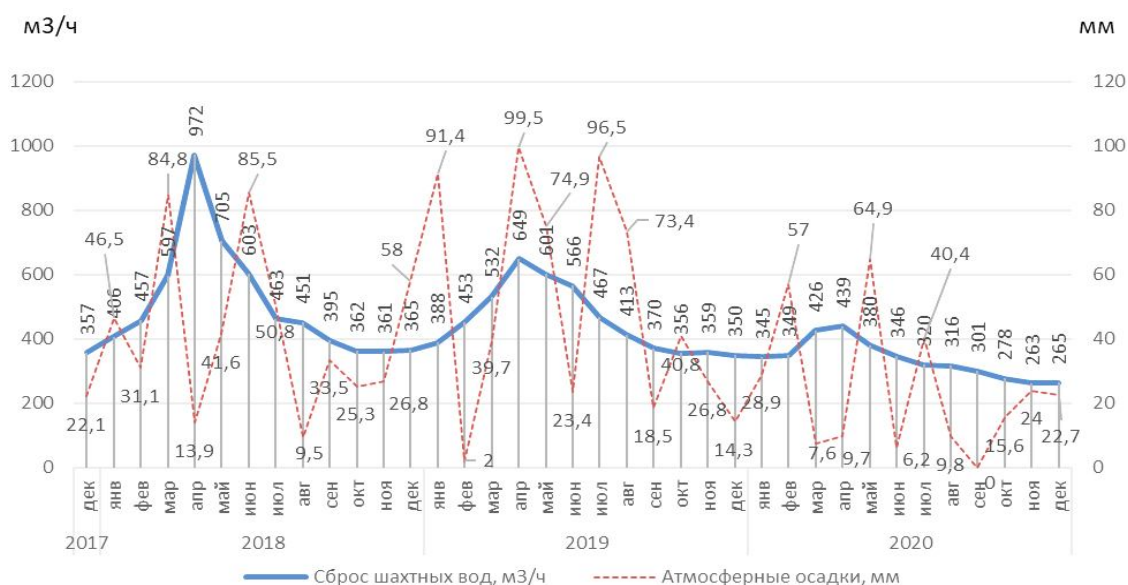
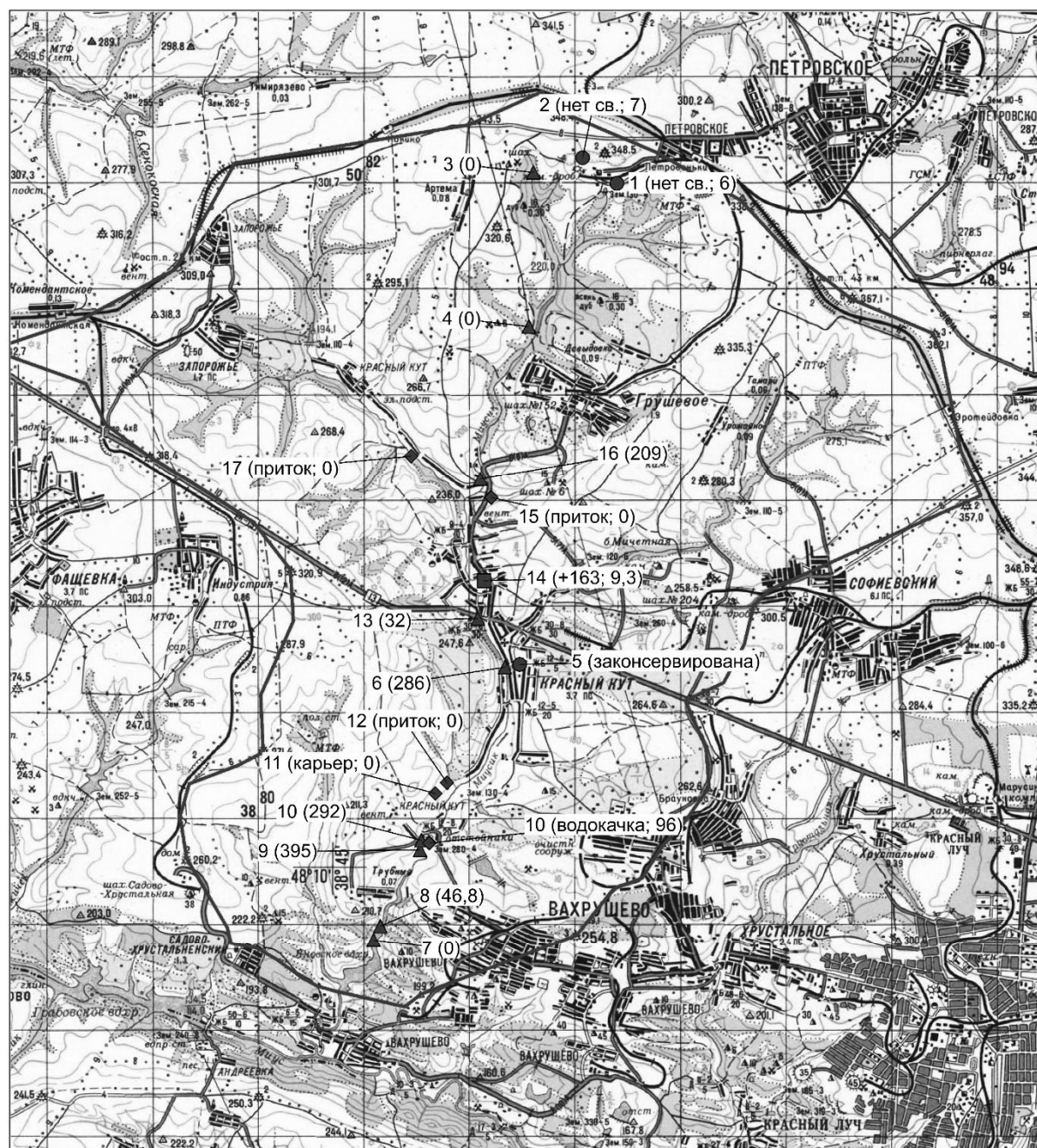


Рисунок 2 Графики изменения объемов сброса ВОК закрытой шахты «Краснокутская» с декабря 2017 г. до 2021 г., в м³/ч, и изменения количества осадков по данным Луганской метеостанции за тот же период, в мм

ГЕОЭКОЛОГИЯ



Условные обозначения

- ▲ - точка наблюдения, ее номер, в скобках - расход реки Миусик;
- ◆ - точка наблюдения, ее номер, в скобках - расход в притоках реки Миусик;
- - точка наблюдения - скважина, номер точки наблюдения, в скобках - абс. отм. (в мБС), глубина до воды (м);
- - точка наблюдения - колодец, номер точки наблюдения, в скобках - абс. отм. (в мБС), глубина до воды (м)

Рисунок 3 Результаты обследования реки Миусик 23 и 29 октября 2020 г. (по материалам комплексного отчета «Оценка водно-ресурсного потенциала и факторов, влияющих на его формирование в Луганской Народной Республике» [5])

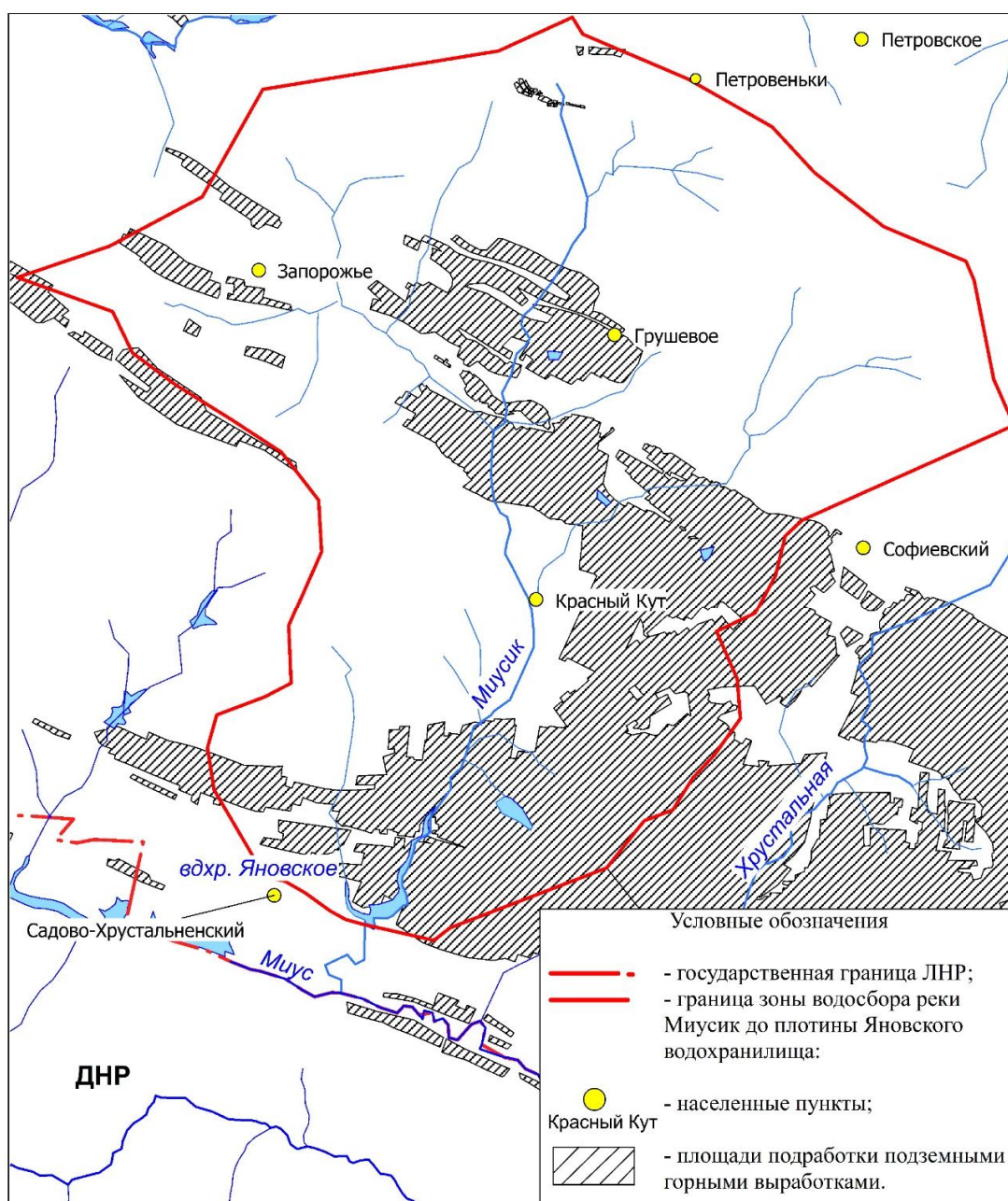


Рисунок 4 Схема размещения площадей подработки горными выработками шахт поверхности водосбора реки Миусик до Яновского водохранилища

Еще одним важным специфическим фактором является степень ландшафтных изменений в результате добычи полезных ископаемых. Если для водосборной площади р. Айдар не характерно широкое распространение отвалов и карьерно-отвальных комплексов (табл. 2, строка 17, 18), то для реки Миусик это стало важной особенностью. С 2005 г. значительно увеличилась

площадь карьерно-отвальных комплексов, созданных в результате добычи угля открытым способом. Данные были получены в результате обработки специалистами Министерства природных ресурсов и экологической безопасности Луганской Народной Республики космоснимков за 2013 г. и за 2019 г. в программе Google Earth (Image. 2020 Maxar Technologiees).

Общая площадь карьеров, отвалов и карьерно-отвальных комплексов на 2020 г. составляет 9,9 км² или 5,7 % от водосборной площади (рис. 5), причем с конца 2013 г. увеличение составило всего 2 % по сравнению с украинским периодом. Несовершенство регуляторной законодательной базы в недропользовании и неудовлетворительная работа контрольно-надзорных и правоохранительных органов Украины привели к массовой разработке угля карьерным способом.

Геологической особенностью части водосборной площади реки Миусик является то, что выходы угольных пластов ориентированы вдоль развития речной сети. Протяженность отвалов и карьерно-отвальных комплексов по отработке угля открытым способом составляет около 64 км, это 85 % от протяженности гидросети р. Миусик до Яновского водохранилища (рис. 5).

Карьерно-отвальные комплексы по степени их регулируемости человеком подразделяют на две группы: саморегулируемые, основу которых составляют антропогенные модификации ПТК (природно-территориальных комплексов), и регулируемые, в которых ведущее место занимают техногенные системы, а природные составляющие находятся на стадии формирования и имеют второстепенное значение [17]. На водосборной площади реки Миусик карьерно-отвальные комплексы являются акультурными, саморегулируемыми. Карьеры и отвалы, образовавшиеся после добычи, перехватывают на водосборной площади поверхностный сток атмосферных осадков, задерживают или перераспределяют его, являясь своеобразным барьером. Кроме того, карьеры вскрывают водоносные горизонты, нарушая подземный сток на данной площади. Многие из них оставались обводненными даже в гидрологическую засуху 2020 г. В связи с этим обращают на себя внимание данные замера 29.10.2020 г., точка наблюдения 17 (рис. 3), где в крупной балке Водяная, левый приток реки Миусик, водо-

ток отсутствовал, а карьеры по бортам балки оставались наполненными.

Таким образом, открытая разработка месторождений является негативным фактором, отрицательно влияющим на изменение природного рельефа местности и, следовательно, на объем поверхностного и подземного стока в бассейне реки Миусик. Ландшафтные изменения в виде карьеров, отвалов и карьерно-отвальных комплексов являются специфическим фактором, влияющим на формирование стока реки Миусик. Степень ландшафтных изменений указывает на необходимость выбора реки-аналога из числа малых и средних рек, находящихся в схожих условиях.

Выводы. Степень изученности малых рек ЛНР не соответствует тому огромному значению, которое они имеют для населения республики. Они — основные источники водоснабжения для городов и поселков южной части республики, на них расположены водозаборы поверхностных и подземных питьевых и технических вод. В то же время за период XX — и начала XXI века их бассейны в разной степени подвергались влиянию хозяйственной деятельности человека, что еще более усилило различия между ними. Влияние таких факторов, как подработка водосборной площади горными выработками, увеличение площади карьеров, отвалов и карьерно-отвальных комплексов в бассейнах, изменение объемов сброса шахтных вод — все это приводит к тому, что специалистам становится достаточно сложно подобрать реку-аналог для гидрологических расчетов даже при наличии данных о замерах в рядом расположенном речном бассейне.

Это привело к тому, что для выполнения гидрологических расчетов в соответствии с требованиями СП 33-101-2003 специалисты должны в обязательном порядке проводить замеры расхода по всей протяженности малой реки. Отдельные замеры по всей протяженности реки не позволяют понять, какие особенности характерны для ее стока.

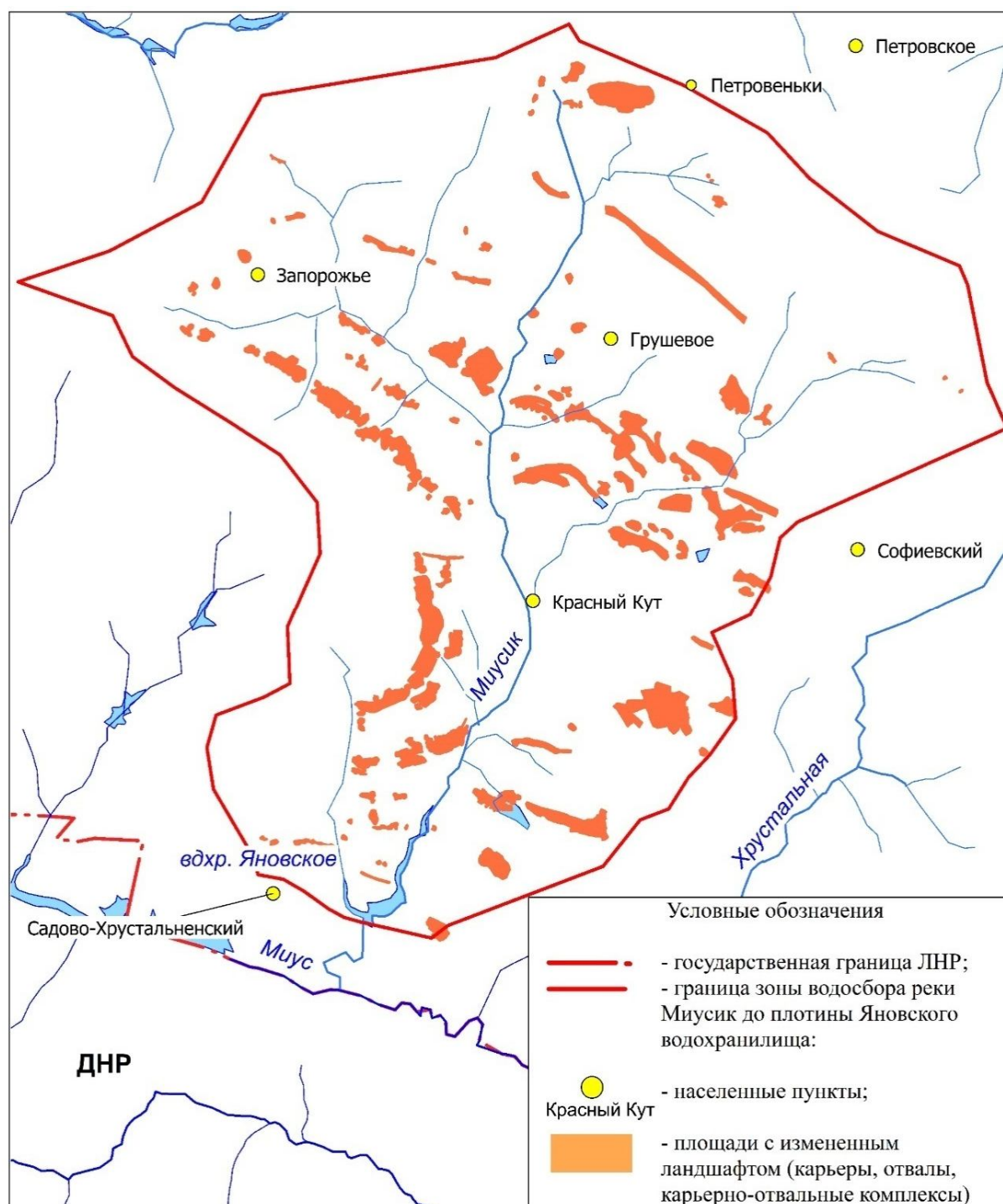


Рисунок 5 Схема размещения площадей с ландшафтом, измененным поверхностными горными работами на территории водосбора реки Миусик

Предложения:

– в целях комплексного регулирования водных ресурсов, направленного на их рациональное использование и защиту от истощения, провести водохозяйственное

районирование с учетом факторов, влияющих на формирование речного стока с выделением опорного аналогового створа, организовать изучение малых рек путем развертывания сети наблюдательных

ГЕОЭКОЛОГИЯ

пунктов за их гидрологическим состоянием и проведения гидрогеологической съемки их зон водосбора;

– при проведении научно-исследовательских работ по гидропрогнозам закрывающихся шахт определить приоритетом прогнозирование развития процессов, влекущих за собой причинение

вреда окружающей природной среде и, в частности, состоянию (количеству) водных ресурсов;

– выбор аналоговых створов для определения модуля стока и других гидрологических показателей малых рек Донбасса проводить по как можно большему количеству характеристик их зон водосбора.

Библиографический список

1. Мишон, В. М. Ландшафтно-гидрологический метод расчета весеннего стока с малых водосборов [Текст] / В. М. Мишон, В. К. Рязанцев // Ландшафтно-гидрологический анализ территории. — Новосибирск : Наука, 1992. — С. 72–77.
2. Мишон, В. М. Теоретические и методические основы оценки ресурсов поверхностных вод в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения европейской части России [Текст] : дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.27 / Мишон Виталий Михайлович ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж, 2007. — 64 с.
3. Оценка фактического состояния и развития водного баланса территорий горных отводов гидрозащитных (ликвидируемых) шахт Краснолучского ТГК («Хрустальская», им. Газеты «Известия», «Краснолучская», «Краснокутская», «Княгининская», «Центральная») с учетом возможности использования шахтных вод для хозяйственных нужд с разработкой оптимальной схемы расположения водоотливных систем [Текст] : отчет о НИР (заключ.). В 2 кн. Кн. 1 / ООО «Панэкс» ; рук. Л. С. Рыбникова ; исполн. : Л. С. Рыбникова [и др.]. — Екатеринбург, 2020. — 268 с.
4. Определение основных расчетных гидрологических характеристик [Текст] : СП 33-101-2003: [утв. Гос. ком. РФ по строит. и жил.-ком. комплексу 26.12.2003 № 218]. — М. : Госстрой России, 2004. — 75 с.
5. Крамаренко, А. А. Оценка водно-ресурсного потенциала и факторов, влияющих на его формирование в Луганской Народной Республике [Текст] : комплексный отчет / А. А. Крамаренко, И. Л. Лысенко, А. К. Коптева. — Луганск : Минприроды ЛНР, 2021. — 379 с.
6. Руководство по гидрологической практике [Текст]. Т. 2. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов / Всемирная Метеорологическая Организация. — 6-е изд. — Женева, 2011. — 322 с.
7. Руководство по гидрологической практике [Текст]. Т. 1. Гидрология: от измерений до гидрологической информации / Всемирная Метеорологическая Организация. — 6-е изд. — Женева, 2012. — 312 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР [Текст]. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья / под ред. М. С. Каганера. — Л. : Гидрометеорологическое изд-во, 1967. — 492 с.
9. Правила эксплуатации Яновского водохранилища Краснолучского департамента ГУП ЛНР «Лугансквода» [Текст] : [утв. Минприроды ЛНР, 2017 г.]. — Луганск, 2017. — 43 с.
10. Луганская область : атлас / ГНПП «Картография» ; под ред. М. Ф. Песоцкого. — К. : Новый друк, 2004. — 32 с.
11. Инвестиционный паспорт муниципального района «Ровеньский район» Белгородской области [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.rovenkiadm.ru/media/site_platform_media/2017/5/31/investitsionnyj-pasport-rovenskogo-raiona-2015.pdf.
12. Производственная программа МУП «Коммунальщик» в сфере водоотведения, реализуемая на территории Ровеньского района Белгородской области с 1 января 2018 года по 31 декабря 2020 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/446627803>.

13. Сельскохозяйственные предприятия в Ровеньском районе [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://belgorod.yr.ru/rajon/rovenskii_raion/selskokhozyaistvennyye_predpriyatiya.

14. Фермерские хозяйства в Новопсковском районе [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tripoli.land/farmers/luganskaya/novopskovski>.

15. Схема водоснабжения и водоотведения администрации городского поселения «Поселок Ровеньки» Ровеньский район Белгородской области на период с 2013 по 2027 год [Электронный ресурс] : пояснительная записка. — Режим доступа: https://rovenki.rovenkiadm.ru/media/site_platform_media/2017/5/27/shema-vodosnabzheniya-rovenki-1.pdf.

16. Мохов, А. В. Трансформация проницаемости горных пород на участках подземных разработок каменноугольных залежей (геомеханические аспекты) [Текст] / А. В. Мохов // Наука юга России. — 2018. — Т. 14, № 2. — С. 42–54.

17. Кандауров, В. В. К вопросу об уровнях изучения морфологической структуры угольных карьерно-отвалных комплексов северного склона Донецкого кряжа [Текст] / В. В. Кандауров // Грани познания : электронный научно-образовательный журнал. — 2019. — № 6 (65). — С. 71–74.

© Крамаренко А. А.

© Коптева А. К.

© Лысенко И. Л.

Рекомендована к печати к.пед.н., доц. каф. географии ЛГПУ Чикиной Ю. Ю., зав. научно-аналитическим сектором НЦМОС ДонГТИ к.т.н. Павловым В. И.

Статья поступила в редакцию 10.11.2022.

Kramarenko A. A., Kopteva A. K., Lysenko I. L. (Ministry of Natural Resources of the LPR, Lugansk, LPR, minprirody@mprlnr.su)

ON THE FORMATION OF THE SMALL RIVERS FLOW IN THE CONDITIONS OF COAL MINING AND ON THE CHOICE OF ANALOG RIVERS

The work is devoted to the problem of choosing an analogue river in accordance to the requirements SP 33-101-2003 “Determining the main calculated hydrological characteristics”, taking into account all the factors affecting the state of rivers in the Luhansk People’s Republic. The work presents in the form of a table the characteristics of the Miusik and Aidar rivers basins (up to the hydro-post in Belolutska), including the degree of natural landscape change by mining, taking into account the length of open-pit dump complexes and the linear coefficient of landscape changes, and the degree of undermining the territory by underground mining operations, as well as in terms of water discharges and withdrawals. Information is given on the rivers flow according to operational measurements, information on runoff modules according to data from various sources. The necessity of organizing the small rivers study by installing a network of observation points for their hydrological state and conducting a hydrogeological survey of their catchment areas is substantiated.

Key words: runoff module, analogue river, river discharge, discharge of domestic and industrial waters, landscape changes, undermining by mine workings.

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

**REGIONAL ECOLOGY
AND NATURE MANAGEMENT**

УДК 504.4:614.78

д.м.н. Капранов С. В.,
Кулиш С. И.,
Космина О. А.

(Алчевская городская санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Алчевск, ЛНР, alch_ses_ok@mail.ru),

к.пед.н. Капранова Г. В.

(Алчевский информационно-методический центр,
г. Алчевск, ЛНР, galya.kapranova.63@mail.ru),

Маслов М. С.

(Научное общество «Республиканская Малая академия наук»,
г. Луганск, ЛНР, mihail.maslov06@bk.ru)

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ ГОРОДЕ

Выполнена комплексная гигиеническая и экологическая оценка нецентрализованных источников питьевого водоснабжения — каптажей родников, расположенных в городе Алчевске. Согласно методике, были учтены следующие 5 показателей: степень соответствия водоисточника установленным санитарно-гигиеническим и санитарно-техническим нормам и требованиям; соблюдение зон санитарной охраны (ЗСО) водоисточника; санитарно-просветительное, эстетическое и художественное оформление водоисточника; уровень благоустройства территории, окружающей водоисточник и качество воды водоисточника по результатам лабораторных исследований. Определены 3 лучших водоисточника. В то же время, установлено, что все общественные нецентрализованные источники водоснабжения, расположенные в городе Алчевске, не соответствуют установленным санитарно-гигиеническим, санитарно-техническим и экологическим требованиям. Вода всех водоисточников постоянно характеризуется повышенной общей жесткостью. В воде регистрируются повышенные концентрации сухого остатка и сульфатов. Также вода каптажей родников обычно не соответствует установленным нормам по показателю эпидемической безопасности — общим колиформам. В воде источников периодически обнаруживаются колифаги и *E. Coli*.

Учитывая то, что часть населения использует воду каптажей родников в питьевых целях, Алчевская городская санитарно-эпидемиологическая станция (СЭС) добивается решения вопроса благоустройства общественных нецентрализованных водоисточников.

Ключевые слова: нецентрализованные водоисточники, гигиеническая и экологическая оценка, качество воды.

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Употребление питьевой воды, соответствующей по качеству и количеству требованиям санитарных норм и государственного стандарта, является важным условием сохранения здоровья детского и взрослого населения. Достаточное количество доброкачественной питьевой воды позволяет удовлетворить физиологические потребности, обеспечить высокий уровень личной гигиены, сани-

тарно-бытовых условий и общего санитарного благоустройства населенных пунктов, предупредить распространение инфекционных и неинфекционных заболеваний.

Для рациональной организации питьевого водоснабжения необходимо правильно выбрать водоисточник. Основные гигиенические требования к источникам питьевого водоснабжения заключаются в том, чтобы качество питьевой воды в природном состоянии или после обработки

гарантировало отсутствие возбудителей инфекционных заболеваний, химических и радиоактивных веществ в концентрациях, вредных для здоровья, а также, чтобы вода имела благоприятные органолептические свойства и была физиологически полноценной по минеральному составу.

В случае дефицита воды централизованного питьевого водоснабжения в населенных пунктах, а также в связи с ухудшением качества водопроводной воды возрастает значимость нецентрализованных (децентрализованных) водоисточников, к которым относятся шахтные колодцы, трубчатые колодцы (скважины) и каптажи источников (родники, ключи). Родником называется естественный выход подземных вод на земную поверхность. Водоисточник образуется при падении рельефа, если водоносный слой разрезается оврагом (нисходящий родник) или при прорыве напорной воды вверх сквозь истончившиеся перекрывающие породы (восходящий или равнинный родник). Вода родников в случае происхождения из артезианских водных горизонтов обычно прохладная на вкус, отличается постоянством свойств и состава, а также бактериологической чистотой [1, 2].

Необходимость благоустройства нецентрализованных водоисточников наиболее актуальна в регионах, находящихся в условиях чрезвычайной социально-экономической ситуации, включая территории, пострадавшие от военных действий, крупных техногенных аварий и стихийных бедствий [3].

Имеются научные сведения о том, что по определенным показателям водопроводная вода, подаваемая населению, характеризуется более низким качеством, по сравнению с водой из нецентрализованных водоисточников. Так, согласно результатам исследований, выполненных Алчевской городской санитарно-эпидемиологической станцией (СЭС), за многолетний период в городе Алчевске Луганского региона, вода централизованного питьевого водоснабжения по сравнению с водой основных нецентрализован-

ных водоисточников (7 каптажей родников и 1 общественного шахтного колодца), характеризовалась достоверно более высокими: мутностью — различие в 1,7 раза, содержанием железа общего — различие в 2,2 раза, хлоридов — в 1,4 раза и аммония — более, чем в 10 раз. Из органолептических показателей, кроме мутности, водопроводная вода значительно уступала воде нецентрализованных водосточников по запаху и цветности. Указанное обстоятельство убеждало население в природной чистоте родников и способствовало увеличению численности жителей, употребляющих для питья воду нецентрализованных водоисточников в условиях дефицита и низкого качества водопроводной воды.

В то же время, вода нецентрализованных водоисточников в отличие от водопроводной воды, не обеззараживается и характеризуется более значительной бактериальной контаминацией и, следовательно, опасностью в эпидемическом отношении [4]. Однако, это обстоятельство, несмотря на рекомендации СЭС о запрещении использования воды родников и колодцев для питья в сыром виде, в условиях резкого дефицита питьевой водопроводной воды, особенно, в теплое время года, не является весомым аргументом для отказа части населения от практического использования воды нецентрализованных водоисточников. Поэтому, согласно результатам опроса, значительное количество жителей рассматривает родники, как альтернативные источники питьевого водоснабжения в чрезвычайных условиях [5].

Это обуславливает необходимость благоустройства нецентрализованных водоисточников повсеместно, но особенно в регионах с дефицитом питьевой водопроводной воды, находящихся в условиях чрезвычайной социально-экономической ситуации, включая территории, пострадавшие от военных действий, крупных техногенных аварий и стихийных бедствий.

Несмотря на сложившуюся ситуацию некоторыми хозяйственными руководите-

лями административных территорий (городов, районов, поселков) в условиях резкого дефицита воды централизованного питьевого водоснабжения недооценивается роль нецентрализованных водоисточников в обеспечении населения водой. В результате, работы по их благоустройству не проводятся и обслуживание источников (чистка, дезинфекция и т. д.) не осуществляется.

Это обуславливает необходимость оценки и повсеместного распространения положительного опыта деятельности по благоустройству источников нецентрализованного питьевого водоснабжения и систематическому поддержанию этих источников в нормальном санитарно-техническом состоянии [6].

Постановка задачи. В связи с тем, что в условиях резкого дефицита питьевой водопроводной воды население продолжает использовать воду нецентрализованных водоисточников в питьевых целях, представляется актуальным убедить хозяйственных руководителей и население в необходимости выполнения эффективных мероприятий по благоустройству и безопасной эксплуатации колодцев, скважин и каптажей родников. В решении данного вопроса велика роль государственных и общественных стимулов, включая распространение передового опыта деятельности в данном направлении с использованием экологической пропаганды, санитарно-просветительной работы, проведения смотров-конкурсов на лучший водоисточник и других.

Целью работы является проведение комплексной гигиенической и экологической оценки нецентрализованных источников питьевого водоснабжения с последующей разработкой конкретных мероприятий по приведению источников в санитарно-техническое состояние в соответствии с установленными нормами.

Объект исследования — гигиеническая и экологическая оценка состояния каптажей родников, расположенных на территории промышленного города.

Предмет исследования — санитарно-техническое состояние нецентрализованных водоисточников – каптажей родников, результаты лабораторных исследований указанных источников по санитарно-химическим показателям безопасности и качества, а также показателям эпидемической безопасности.

Методы исследования. Исследования проведены в промышленном городе Алчевске в условиях сложной социально-политической ситуации, сложившейся на востоке Донбасса. В процессе выполнения работы использован опыт организации и осуществления в 2019 году в Перевальском районе Луганской Народной Республики конкурса на лучший нецентрализованный источник питьевого водоснабжения. В процессе проведения указанного конкурса и подведения его итогов была разработана и использована методика комплексной гигиенической и экологической оценки состояния водоисточников, которая первоначально опубликована в журнале «Водоснабжение и санитарная техника» (2021), а затем типографским способом издана в виде отдельной брошюры [7].

При подготовке указанной методики использованы действующие в Российской Федерации и в Украине нормативные документы санитарно-гигиенического и природоохранного законодательства [8–9].

Для комплексной гигиенической и экологической оценки состояния нецентрализованных источников питьевого водоснабжения, согласно методике, были использованы 5 показателей:

1. Степень соответствия водоисточника установленным санитарно-гигиеническим и санитарно-техническим нормам и требованиям. При этом основное внимание уделено степени защищенности водоисточника от возможного загрязнения (характер гидроизоляции), устройство навесов и т. д.

2. Соблюдение зон санитарной охраны (ЗСО) водоисточника (наличие или отсутствие в ЗСО возможных источников загрязнения вод — сливных ям, туалетов с вы-

гребями, свалок различных отходов, навозохранилищ, складов удобрений и ядохимикатов, емкостей с нефтепродуктами и т. д.).

3. Санитарно-просветительное, эстетическое и художественное оформление водоисточника. Наличие аншлагов (объявлений, вывесок, указателей) с обозначением места нахождения, названия водоисточника, сведений о качестве воды в нем, надписей о необходимости бережного отношения к источнику воды и т. д.

4. Уровень благоустройства территории, окружающей водоисточник (наличие мощения из плотных материалов, устройство скамеек и т. д.). Уровень доступности и удобства для использования населением.

5. Качество воды водоисточника по результатам лабораторных исследований (за определенный период). Исследования выполнены в Алчевской городской санитарно-эпидемиологической станции (СЭС).

По результатам лабораторных исследований воды каждого нецентрализованного водоисточника за 2022 год с использованием разработанной в Алчевской СЭС компьютерной программы были в автоматическом режиме рассчитаны величины: минимальная (Min), максимальная (Max), средняя + ошибка средней величины ($M \pm m$), среднеквадратическое отклонение (δ), а также удельный вес (%) исследованных проб воды с превышением норм, изложенных в ГСанПиН 2.2.4-171-10 от 12.05.2010 г. Конкретно в данной работе нами использованы усредненные за 2022 год результаты (M) лабораторных исследований воды каптажей родников по санитарно-химическим показателям безопасности и качества, а также содержанию общих колиформ (КОЕ/100 см³) из группы показателей эпидемической безопасности. Оценка остальных показателей эпидемической безопасности (E. coli, патогенные энтеробактерии, колифаги и другие) выполнена по факту наличия или отсутствия соответствующих микроорганизмов в пробах воды, отобранных в течение года.

Для комплексной оценки качества воды водоисточников первоначально с использо-

ванием предложенной методики выполнена оценка каждого исследуемого показателя (в баллах), затем проведено суммирование всех полученных баллов с последующим их делением на количество исследуемых и оцениваемых показателей с вычислением среднего балла. В том случае, если величина исследуемого показателя соответствовала двум или более баллам, то для статистической обработки использован наибольший балл.

Таким образом, по каждому из пяти выше указанных показателей согласно методике выполнена соответствующая оценка по 12-балльной шкале с последующим суммированием баллов с целью получения итогового результата для каждого нецентрализованного водоисточника. Максимально возможное количество баллов — 60.

Также проведено фотографирование водоисточников крупным планом и выполнена обзорная фотосъемка источников с окружающей территорией.

По результатам комплексной гигиенической и экологической оценки источников нецентрализованного водоснабжения в г. Алчевске был выбран лучший водоисточник, а остальные источники расположены по рейтингу в порядке убывания рангов. Кроме того, были разработаны соответствующие рекомендации по улучшению состояния каждого источника водоснабжения.

Результаты и их обсуждение. Выполнена комплексная гигиеническая и экологическая оценка состояния 7 общественных нецентрализованных источников водоснабжения — каптажей родников, расположенных на территории города Алчевска. Указанным источникам, находящимся под надзором Алчевской городской СЭС, присвоены соответствующие номера: № 1 — ул. Нахимова, № 2 — район расположения бывшего предприятия УТОГ «Спектр», № 3 — ул. Краснооктябрьская, № 4 — ул. Ушакова, № 5 — ул. Сарматская, за территорией гимназии ГОУ ЛНР «АСЭГ» (далее — АСЭГ), № 6 — пр. Металлургов, 1, за территорией ГУДО ЛНР «АМУПК» (далее — АМУПК) и № 7 — возле Сарматского рынка.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Согласно методике проведена оценка 5 предложенных показателей. Результаты состояния водоисточников по каждому из оценок приведены в таблицах 1–4.

Таблица 1

Оценка состояния водоисточников по показателю 1 «Степень соответствия водоисточника установленным санитарно-гигиеническим и санитарно-техническим нормам и требованиям»

Место расположения водоисточников	Состояние водоисточников по показателю 1	Баллы (согласно методике)
№ 1 — ул. Нахимова	Каптажная камера имеет водонепроницаемые стены с плотно закрываемой крышкой, защищена от затопления поверхностными водами	4
№ 2 — район расположения бывшего предприятия УТОГ «Спектр»	Водозаборная труба выведена на ~1–1,5 м от каптажа, под краном водозаборной трубы из каптажа источника — подставка для ведер	3
№ 3 — ул. Краснооктябрьская	Каптажная камера имеет водонепроницаемые стены с плотно закрываемой плитой	3
№ 4 — ул. Ушакова	Каптажная камера имеет водонепроницаемые стены с плотно закрываемой плитой	3
№ 5 — ул. Сарматская (за территорией АСЭГ)	Каптажная камера имеет водонепроницаемые стены с плотно закрываемой плитой	3
№ 6 — пр. Metallургов, 1 (за территорией АМУПК)	Каптажная камера имеет водонепроницаемые стены с плотно закрываемым материалом, под краном водозаборной трубы из каптажа источника — подставка для ведер	4
№ 7 — возле Сарматского рынка	Каптажная камера оборудована глиняным «замком»	2

Таблица 2

Оценка состояния водоисточников по показателю 2 «Соблюдение ЗСО водоисточника»

Место расположения водоисточников	Состояние водоисточников по показателю 2	Баллы (согласно методике)
№ 1 — ул. Нахимова	Отсутствие объектов, являющихся источниками загрязнения, на расстоянии до 30 метров от водоисточника	7
№ 2 — район расположения бывшего предприятия УТОГ «Спектр»	Отсутствие объектов, являющихся источниками загрязнения, на расстоянии до 30 метров от водоисточника	7
№ 3 — ул. Краснооктябрьская	Наличие на расстоянии до 15 метров от водоисточника одного объекта, являющегося источником загрязнения	4
№ 4 — ул. Ушакова	Наличие на расстоянии до 15 метров от водоисточника одного объекта, являющегося источником загрязнения	4
№ 5 — ул. Сарматская (за территорией АСЭГ)	Отсутствие объектов, являющихся источниками загрязнения, на расстоянии до 100 метров от водоисточника	9
№ 6 — пр. Metallургов, 1 (за территорией АМУПК)	Отсутствие объектов, являющихся источниками загрязнения, на расстоянии до 50 метров от водоисточника	8
№ 7 — возле Сарматского рынка	Наличие на расстоянии до 15 метров от водоисточника одного объекта, являющегося источником загрязнения	4

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 3

Оценка состояния водоисточников по показателю 4 «Уровень благоустройства территории, окружающей водоисточник»

Место расположения водоисточников	Состояние водоисточников по показателю 4	Баллы (согласно методике)
№ 1 — ул. Нахимова	Наличие дорожек с плотным покрытием к водоисточнику от мест проживания и передвижения населения, наличие возле водоисточника площадки с плотным покрытием, высокий уровень общего благоустройства территории, окружающей водоисточник (отсутствие мусора, рытвин, сухостоя и т. д.)	4
№ 2 — район расположения бывшего предприятия УТОГ «Спектр»	Наличие дорожек с плотным покрытием к водоисточнику от мест проживания и передвижения населения, наличие возле водоисточника площадки с плотным покрытием	3
№ 3 — ул. Краснооктябрьская	Наличие возле водоисточника площадки с плотным покрытием	2
№ 4 — ул. Ушакова	Наличие возле водоисточника площадки с плотным покрытием	2
№ 5 — ул. Сарматская (за территорией АСЭГ)	Отмечается общее благоустройство территории, окружающей водоисточник (отсутствие мусора, рытвин, сухостоя и т. д.)	2
№ 6 — пр. Metallургов, 1 (за территорией АМУПК)	Отмечается общее благоустройство территории, окружающей водоисточник (отсутствие мусора, рытвин, сухостоя и т. д.)	2
№ 7 — возле Сарматского рынка	Не соответствие предложенным требованиям ни по одному из показателей	1

Таблица 4

Оценка состояния водоисточников по показателю 5 «Качество воды водоисточника по результатам лабораторных исследований» (данные за 2022 год)

Показатели и единицы измерения	Источники нецентрализованного водоснабжения						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Запах, баллы	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$
Цветность, градусы	$\frac{5}{11}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{5}{11}$
Мутность, мг/дм ³	$\frac{< 1,0}{11}$	$\frac{< 1,0}{11}$	$\frac{< 1,0}{11}$	$\frac{1,0}{10}$	$\frac{< 1,0}{11}$	$\frac{< 1,0}{11}$	$\frac{< 1,0}{11}$
Вкус и привкус, баллы	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{12}$
Водородный показатель, ед. рН	$\frac{7,513}{11}$	$\frac{7,322}{10}$	$\frac{7,233}{9}$	$\frac{7,278}{9}$	$\frac{7,223}{9}$	$\frac{7,235}{9}$	$\frac{7,500}{12}$
Аммоний, мг/дм ³	$\frac{0,025}{11}$	$\frac{0,025}{11}$	$\frac{0,025}{11}$	$\frac{0,025}{11}$	$\frac{0,025}{11}$	$\frac{0,025}{11}$	$\frac{0,025}{11}$
Нитраты, мг/дм ³	$\frac{51,300}{3}$	$\frac{46,860}{4}$	$\frac{34,075}{6}$	$\frac{41,950}{4}$	$\frac{11,970}{10}$	$\frac{18,528}{9}$	$\frac{7,830}{11}$
Нитриты, мг/дм ³	$\frac{0,0015}{11}$	$\frac{0,0015}{11}$	$\frac{0,0015}{11}$	$\frac{0,0015}{11}$	$\frac{0,0015}{11}$	$\frac{0,0015}{11}$	$\frac{0,0015}{11}$
Железо общее, мг/дм ³	$\frac{0,064}{6}$	$\frac{0,045}{7}$	$\frac{0,064}{6}$	$\frac{0,059}{6}$	$\frac{0,043}{6}$	$\frac{0,085}{6}$	$\frac{0,025}{11}$

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Продолжение таблицы 4

Показатели и единицы измерения	Источники нецентрализованного водоснабжения						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Общая жесткость, ммоль/дм ³	<u>16,025</u> 4	<u>21,860</u> 3	<u>18,875</u> 4	<u>14,525</u> 5	<u>12,425</u> 5	<u>14,900</u> 5	<u>15,000</u> 5
Марганец, мг/дм ³	<u>0,005</u> 11	<u>0,005</u> 11	<u>0,005</u> 11	<u>0,005</u> 11	<u>0,005</u> 11	<u>0,005</u> 11	<u>0,005</u> 11
Сульфаты, мг/дм ³	<u>366,95</u> 7	<u>503,020</u> 5	<u>472,400</u> 5	<u>443,550</u> 6	<u>323,325</u> 8	<u>439,775</u> 6	<u>397,800</u> 7
Сухой остаток, мг/дм ³	<u>1614,25</u> 5	<u>2297,00</u> 3	<u>2025,00</u> 3	<u>1604,75</u> 5	<u>1037,00</u> 7	<u>1435,00</u> 6	<u>1550,00</u> 5
Хлориды, мг/дм ³	<u>205,175</u> 9	<u>273,580</u> 8	<u>261,700</u> 8	<u>201,800</u> 9	<u>131,325</u> 11	<u>172,575</u> 10	<u>192,000</u> 10
Фториды, мг/дм ³	<u>1,075</u> 12	<u>0,606</u> 11	<u>0,425</u> 9	<u>1,093</u> 12	<u>0,665</u> 11	<u>1,128</u> 12	<u>1,250</u> 12
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	<u>2,285</u> 9	<u>2,244</u> 9	<u>2,673</u> 9	<u>2,210</u> 9	<u>2,285</u> 9	<u>1,975</u> 10	<u>1,810</u> 10
Общие колиформы, КОЕ/100 см ³	<u>60</u> 3	<u>57</u> 3	<u>125</u> 3	<u>122</u> 3	<u>12</u> 5	<u>61</u> 3	<u>238</u> 3
E. coli, КОЕ/100 см ³	= 12	+ 1	= 12	+ 1	= 12	= 12	= 12
Патогенные энтеробактерии, наличие в 1 дм ³	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12
Колифаги, БОЕ/дм ³	= 12	= 12	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
Энтеровирусы и другие, наличие в 10 дм ³	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12
Патогенные кишечные простейшие, клетки, цисты в 50 дм ³	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	x
Кишечные гельминты, клетки, яйца, личинки, в 50 дм ³	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	= 12	x
Средний балл по результатам лабораторных исследований воды	9,56	8,83	8,78	8,48	9,61	9,39	9,62

Примечания: в числителе указаны средние величины исследованных показателей и сведения об отсутствии «-» (наличии «+») микро- и макроорганизмов в пробах воды; в знаменателе указаны баллы, полученные по результатам оценки каждого исследованного показателя согласно методике; x — исследования показателей не проводились.

Оценка состояния водоисточников по показателю 3 «Санитарно-просветительное, эстетическое и художественное оформление водоисточника». Все обследованные каптажи родников не соответствуют предложенным требованиям ни по одному из показателей. Поэтому каждому источнику присваивается 1 балл по данному показателю.

Для оценки состояния водоисточников по показателю 5 «Качество воды водоисточника по результатам лабораторных исследований» результаты лабораторных исследований воды каптажей родников по санитарно-химическим показателям безопасности и качества, а также показателям эпидемической безопасности за 2022 год изложены в таблице 5.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 5

Результаты комплексной оценки состояния водоисточников

Место расположения водоисточников	Оценка в баллах по следующим показателям					Сумма баллов (итоговый результат)
	1	2	3	4	5	
№ 1 — ул. Нахимова	4	7	1	4	9,56	25,56
№ 2 — район расположения бывшего предприятия УТОГ «Спектр»	3	7	1	3	8,83	22,83
№ 3 — ул. Краснооктябрьская	3	4	1	2	8,78	18,78
№ 4 — ул. Ушакова	3	4	1	2	8,48	18,48
№ 5 — ул. Сарматская (за территорией АСЭГ)	3	9	1	2	9,61	24,61
№ 6 — пр. Металлургов, 1 (за территорией АМУПК)	4	8	1	2	9,39	24,39
№ 7 — возле Сарматского рынка	2	4	1	1	9,62	17,62

На завершающем этапе работы для каждого нецентрализованного водоисточника проведено суммирование баллов согласно методике по каждому из пяти оцениваемых показателей с целью получения итогового результата. Результаты указанной оценки представлены в таблице 5.

Таким образом, по результатам комплексной гигиенической и экологической оценки состояния нецентрализованных источников питьевого водоснабжения, проведенной согласно предложенной методике, лучшим нецентрализованным водоисточником в г. Алчевске является каптаж родника № 1 — по ул. Нахимова (I ранговое место, 25,56 балла), на II ранговом месте находится каптаж родника № 5 — по ул. Сарматская, за территорией АСЭГ (24,61 балла) и на III месте — каптаж родника № 6 — за территорией АМУПК (24,39 балла).

В то же время, все общественные нецентрализованные источники водоснабжения, расположенные в городе Алчевске, не соответствуют установленным санитарно-гигиеническим, санитарно-техническим и экологическим требованиям. Основные недостатки следующие:

– горловины каптажных камер возвышаются над поверхностью земли менее, чем 0,8 м;

– каптажные камеры не защищены от затопления поверхностными водами от-

мосткой из кирпича, бетона или асфальта (без щелей) с уклоном в сторону водоотводной канавы;

– водоразборные трубы не выведены на 1–1,5 м от каптажей (а имеют выход непосредственно из каптажных камер);

– водоразборные трубы каптажей не оборудованы краном с крючком для подвешивания ведра;

– каптажные камеры не имеют специального наземного сооружения в виде павильона или будки (для предотвращения прямого попадания атмосферных осадков и улучшения условий пользования водоисточниками населением);

– территория вокруг каптажей родников не ограждена в радиусе не менее, чем 2 м.

Кроме того, ЗСО водоисточников периодически загрязняются и захламываются твердыми бытовыми отходами (ТБО) и другими группами отходов.

Полностью отсутствует санитарно-просветительное, эстетическое и художественное оформление водоисточников. Возле некоторых источников имеются требующие обновления надписи о запрещении использования воды каптажей родников для питья.

Территория вокруг водоисточников не благоустроена или благоустроена недостаточно, в зоне размещения водоисточников отсутствуют канавы для перехвата и отво-

да ливневых и талых вод; за исключением источников № 1 и № 2 отсутствуют дорожки с плотным покрытием к водоисточникам от мест проживания и передвижения населения; возле водоисточников №№ 5, 6, 7 полностью отсутствуют площадки с плотным покрытием и т. д.

Вода всех водоисточников постоянно характеризуется повышенной общей жесткостью. Кроме того, в воде регистрируются повышенные концентрации сухого остатка и сульфатов. Также вода каптажей родников обычно не соответствует установленным нормам по показателю эпидемиологической безопасности — общим колиформам. В воде источников периодически обнаруживаются колифаги и *E. Coli*.

Несмотря на то, что вода всех изученных и исследованных каптажей родников по одному или нескольким показателям не соответствовала установленным нормам, вода нецентрализованных водоисточников характеризуется достаточно хорошими органолептическими свойствами: цветностью обычно — 5 градусов, вкусом и привкусом, а также запахом 0 баллов. В связи с резким дефицитом питьевой водопроводной воды, а также по причине благоприятных органолептических свойств воды каптажей родников часть населения города продолжает употреблять воду указанных водоисточников для питья без специальной обработки (например, кипячения), особенно в летний период. Это отмечается несмотря на соответствующие рекомендации Алчевской городской СЭС о недопущении использования воды этих источников в сыром виде.

Поэтому Алчевская городская СЭС в течение многих лет настойчиво добивается от Администрации города Алчевска решения вопроса благоустройства всех общественных нецентрализованных водоисточников.

С этой целью СЭС систематически направляет в Администрацию г. Алчевска информацию с данными о качестве воды каптажей родников и конкретными рекомендациями по их благоустройству и обслуживанию. При этом Алчевская город-

ская СЭС предлагает максимально использовать опыт организации и осуществления деятельности по благоустройству и обслуживанию нецентрализованных водоисточников, приобретенный в Перевальском районе. СЭС также обращает внимание на то, что в предшествующие годы (до 2012 г.) работы по организации и благоустройству каптажей родников в городе Алчевске осуществлялись согласно городским программам («Экология», «Украина» и т. д.), в том числе частично за счет бюджетных средств.

Выводы и направление дальнейших исследований. Согласно предложенной методике проведена комплексная гигиеническая и экологическая оценка общественных нецентрализованных источников водоснабжения — каптажей родников, расположенных в городе Алчевске. Определены 3 лучших водоисточника.

В то же время, все источники не соответствуют установленным санитарно-гигиеническим, санитарно-техническим и экологическим требованиям. Зоны санитарной охраны водоисточников периодически загрязняются и захламляются ТБО и другими группами отходов. Отсутствует санитарно-просветительное, эстетическое и художественное оформление водоисточников. Возле некоторых источников имеются требующие обновления надписи о запрещении использования воды каптажей родников для питья. Территория вокруг водоисточников не благоустроена или благоустроена недостаточно.

Отмечается несоответствие качества воды водоисточников установленным нормам по санитарно-химическим показателям безопасности и качества (особенно в связи с повышенной общей жесткостью) и показателям эпидемиологической безопасности (общие колиформы, а также периодически обнаруживаемые колифаги и *E. Coli*).

Употребление воды из указанных источников для питья в сыром виде (без кипячения и/или другой специальной обработки) обуславливает ухудшение состояния здоровья населения, увеличивает риск

возникновения различных заболеваний, особенно болезней органов пищеварения, системы кровообращения (ишемическая болезнь сердца — ИБС, гипертоническая болезнь и другие), нервной системы и мочеполовой системы. При этом степень риска формирования указанной и другой патологии возрастает при увеличении продолжительности употребления недоброкачественной воды в сыром виде.

Кроме того, употребление для питья без кипячения и/или другой специальной обработки воды каптажей родников, особенно в теплое время года и после обильных дождей, представляет определенную опасность в эпидемическом отношении.

В связи с резким дефицитом питьевой водопроводной воды, а также по причине благоприятных органолептических свойств воды каптажей родников часть населения города продолжает употреблять воду этих водоисточников для питья без специальной обработки, особенно в летний период. Это обуславливает необходимость прове-

дения благоустройства всех нецентрализованных водоисточников с использованием практического опыта, полученного в Перевальском районе.

Аналогичные мероприятия по благоустройству водоисточников целесообразно проводить повсеместно, особенно в регионах, находящихся в условиях сложной социально-экономической ситуации.

В перспективе представляется целесообразным провести топографическую съемку мест расположения нецентрализованных водоисточников и окружающих их территорий с использованием дронов — беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с целью установления объектов, являющихся потенциальными источниками загрязнения водной среды и определения точных расстояний от источников до этих объектов.

Представляется также целесообразным провести лабораторные исследования воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения после проведения работ по их благоустройству.

Библиографический список

1. Комунальна гігієна / Є. Г. Гончарук, В. Г. Бардов, С. І. Гаркавий, О. П. Яворовський та ін. ; за ред. Є. Г. Гончарука. — К. : Здоров'я, 2003. — 728 с.
2. Капранов, С. В. Вода и здоровье / С. В. Капранов, О. Н. Титамир. — Луганск, 2006. — 184 с.
3. Капранов, С. В. Методика оценки состояния нецентрализованных источников питьевого водоснабжения в условиях чрезвычайной социально-экономической ситуации / С. В. Капранов // Водоснабжение и санитарная техника. — 2021. — № 10. — С. 56–64.
4. Сравнительный анализ качества питьевой водопроводной воды и воды децентрализованных водоисточников / С. В. Капранов, С. И. Кулиш, О. А. Косьмина и др. // Актуальные проблемы гигиены и эпидемиологии в Луганской Народной Республике : сборник научных трудов, посвященный 5-летию образования Государственной санитарно-эпидемиологической службы Луганской Народной Республики. — Луганск, 2019. — С. 42–49.
5. К вопросу оценки использования воды родников как альтернативных источников водоснабжения населения в чрезвычайных условиях / С. В. Капранов, Г. В. Капранова, Л. А. Исламова, Е. Н. Юрчук // Современные экологические проблемы и пути их решения : сборник статей I Международной научно-практической конференции, посвященной юбилею Луганского национального гражданского университета (22–23 ноября 2016 г.). — Луганск, 2016. — С. 408–414.
6. Капранов, С. В. Методика оценки состояния нецентрализованных источников питьевого водоснабжения в условиях чрезвычайной социально-экономической ситуации / С. В. Капранов // Водоснабжение и санитарная техника. — 2021. — № 10. — С. 56–64.
7. Капранов, С. В. Методика оценки состояния нецентрализованных источников питьевого водоснабжения в условиях чрезвычайной социально-экономической ситуации / С. В. Капранов. — Москва, 2021. — 15 с.
8. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников [Электронный ресурс] : СанПиН 2.1.4.1175-02: [утв. Глав. гос.

санитар. врачом РФ 19.03.2002 г. № 12]. — Режим доступа: https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_719/2.1.4/.

9. Гигиенические требования к питьевой воде, предназначенной для употребления человеком [Электронный ресурс] : ГСанПиН 2.2.4-171-10: [утв. МОЗ Украины 12.05.2010 г. № 400]. — Режим доступа: <https://vdocuments.mx/-224-171-10.html?page=1>.

© Капранов С. В.
 © Кулиш С. И.
 © Косьмина О. А.
 © Капранова Г. В.
 © Маслов М. С.

*Рекомендована к печати и.о. главврача ГС «Луганская городская СЭС» МЗ ЛНР
 к.м.н. Гаврик С. Ю.,
 зав. каф. экологии и БЖД ДонГТИ к.фарм.н., доц. Федоровой В. С.*

Статья поступила в редакцию 20.10.2022.

Dr. Med. Kapranov S. V., Kulish S. I., Kosmina O. A. (Alchevsk Municipal Sanitary and Epidemiological Department, Alchevsk, alch_ses_ok@mail.ru), **Ph.D. Ped. Kapranova G. V.** (Alchevsk information and methodological center, Alchevsk, galya.kapranova.63@mail.ru), **Maslov M. S.** (Scientific Society “Republican Minor Academy of Sciences”, Lugansk, mihail.maslov06@bk.ru)

HYGIENIC AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE CONDITION NON-CENTRALIZED SOURCES OF DRINKING WATER SUPPLY IN AN INDUSTRIAL CITY

A comprehensive hygienic and environmental assessment of non-centralized sources of drinking water supply — captages of springs located in the city of Alchevsk was carried out. According to the methodology, the following 5 indicators were taken into account: the degree of compliance of the water source with the established sanitary and hygienic and sanitary standards and requirements; compliance with the sanitary protection zones (SPZ) of the water source; sanitary-educational, aesthetic and artistic design of the water source; the level of landscaping of the territory surrounding the water source and the quality of the water source according to the results of laboratory studies. The 3 best water sources have been identified. At the same time, it is established that all public non-centralized water supply sources located in the city of Alchevsk do not meet the established sanitary, hygienic, sanitary and environmental requirements. The water of all water sources is constantly characterized by increased overall hardness. Elevated concentrations of dry residue and sulfates are recorded in the water. Also, the water of the captages of springs usually does not meet the established standards for the indicator of epidemic safety — common coliforms. Coliphages and E. Coli are periodically detected in the water of the springs.

Considering that part of the population uses the water of the captages of springs for drinking purposes, the Alchevsk Municipal Sanitary and Epidemiological Department (SED) seeks to resolve the issue of improvement of public non-centralized water sources.

Key words: non-centralized water sources, hygienic and environmental assessment, water quality.

ТРЕБОВАНИЯ

к рукописям статей в научный журнал «Экологический вестник Донбасса»

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

Научный журнал «Экологический вестник Донбасса» издаётся 4 раза в год. Научный журнал формирует редакционная коллегия: 94204, г. Алчевск, ул. Чапаева, 51г, ауд. 219, ДонГТИ; тел.: (072)-120-77-61; e-mail: eco.donbass@mail.ru; секретарь редакционной коллегии Смирнова Ирина Владимировна.

Тематика разделов:

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

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

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

Обязательные элементы статьи:

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

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

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

Результаты работы не должны предоставляться в виде тезисов.

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

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

Статья должна сопровождаться:

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

– лицензионным договором с автором(и).

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

Языки предоставления статей: русский, английский.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

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

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

Не допускается использование списков (маркированных и нумерованных) и элементов «Надпись», а также разрыва «со следующей страницы».

ЗАПРЕЩЕНО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТИЛЕЙ!!!

Оформление статей

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

С новой строки — краткая аннотация курсивом.

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

Оформление аннотаций отдельным файлом

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

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

С новой строки — краткая аннотация курсивом.

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

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

Оформление рефератов отдельным файлом

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

Фамилия, имя, отчество оформляются полужирным шрифтом.

С новой строки — учёная степень, должность.

С новой строки — название подразделения.

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

Через интервал повторить данные для каждого автора.

Через интервал — название статьи (полужирным начертанием).

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

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

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

Рисунки

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

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

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

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

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

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

Формулы

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

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

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

Таблицы

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Экология

- Ноженко А. А., Федорова В. С., Коробов А. Ю.*
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПОЛИГОНОВ
ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ 5
- Петраков В. Д., Тыра А. В., Ушаков К. Ю.*
ТВЕРДЫЙ ОСТАТОК ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН
КАК СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ 11
- Вилисов Н. Д., Ушаков К. Ю., Азиханов С. С., Горина В. З.*
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПИРОЛИЗА И ГАЗИФИКАЦИИ РЕЗИНОВОЙ
КРОШКИ РАЗНЫХ ФРАКЦИЙ НА СОСТАВ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА 18

Геоэкология

- Дегтярев Ю. А., Зинченко Л. С., Крамаренко А. А., Коптева А. К., Лысенко И. Л.*
ПРОБЛЕМЫ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ СТЕПИ ДОНЕЦКОГО КРЯЖА В ЛУГАНСКОЙ
НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ 27
- Крамаренко А. А., Коптева А. К., Лысенко И. Л.*
О ФОРМИРОВАНИИ СТОКА МАЛЫХ РЕК В УСЛОВИЯХ УГЛЕРАЗРАБОТОК
И О ВЫБОРЕ РЕК-АНАЛОГОВ 37

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Капранов С. В., Кулиш С. И., Косьмина О. А., Капранова Г. В., Маслов М. С.*
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
В ПРОМЫШЛЕННОМ ГОРОДЕ 53

CONTENT

ECOLOGY

Nozhenko A. A., Fedorova V. S., Korobov A. Yu.

IMPROVEMENT OF ANTI-FILTRATION PROTECTION OF SOLID WASTE LANDFILLS 5

Petrakov V. D., Tyra A. V., Ushakov K. Y.

SOLID RESIDUE OF THE LARGE TIRES' HEAT TREATMENT PROCESS AS A SORBENT
FOR THE INDUSTRIAL WASTE WATER CLEANING 11

Vilisov N. D., Ushakov K. Yu., Azikhanov S. S., Gorina V. Z.

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF PYROLYSIS AND GASIFICATION TEMPERATURES
OF VARIOUS FRACTION RUBBER GRANULES ON THE GENERATOR GAS
COMPOSITION 18

GEOECOLOGY

Degtyaryov Yu. A., Zinchenko L. S., Kramarenko A. A., Kopteva A. K., Lysenko I. L.

PROBLEMS OF THE STEPPE ECOSYSTEM OF THE DONETSK RIDGE IN THE LUGANSK
PEOPLE'S REPUBLIC 27

Kramarenko A. A., Kopteva A. K., Lysenko I. L.

ON THE FORMATION OF THE SMALL RIVERS FLOW IN THE CONDITIONS
OF COAL MINING AND ON THE CHOICE OF ANALOG RIVERS 37

REGIONAL ECOLOGY AND NATURE MANAGEMENT

Kapranov S. V., Kulish S. I., Kosmina O. A., Kapranova G. V., Maslov M. S.

HYGIENIC AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE CONDITION NON-
CENTRALIZED SOURCES OF DRINKING WATER SUPPLY IN AN INDUSTRIAL CITY 53

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

UDC 502:504.06

Ecological Bulletin of Donbass

Scientific Journal

Issue 7 2022

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

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

*Recommended by academic council
of SEI HE "DonSTI"
(Record № 4 dated 30.11.2022)*

Format 60×84 $\frac{1}{8}$
Conventional printed sheet 8,75
Order № 41
Circulation 100 copies
Publishing office is not responsible for
material content giving by author
for publishing

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

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

Editor-in-chief

Vishnevskiy D. A. — Doctor of Technical Sciences,
Ass. Prof., Rector

Deputy chief editor

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

Editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

Kapranov S. V. — Doctor of Medicine

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

Kusayko N. P. — Head of SMCE

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

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

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

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

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

Secretary of Editorial board

Smirnova I. V. — PhD in Chemistry

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

Issue language:
Russian, English

Computer layout
Ismailova L. M.

© SEI HE "DonSTP", 2022

© Chernyshova N. V., graphic, 2022