

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 502/504:001.8

DOI: [10.46698/VNC.2022.56.74.010](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.56.74.010)

Оригинальная статья

## Состояние природного равновесия в Алагиро-Садонской агломерации

И. Д. Алборов , О. Г. Бурдзиева 

Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук,  
Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а

Статья поступила: 14.07.2022, доработана: 18.08.2022, принята к публикации: 23.08.2022

**Резюме: Актуальность работы.** Статья посвящена оценке и анализу формирования санитарно-экологического состояния биосферы, находящейся под влиянием горно-перерабатывающей отрасли в условиях высокогорья. **Целью выполненных исследований** является детальное изучение экологоформирующих факторов в зоне деятельности производственно-технической системы с горно-перерабатывающей составляющей и установление приоритетных природно-технических и технологических особенностей в образовании негативных ареалов в экосфере на местности. **Методы работы.** В методическом аспекте, помимо собственных исследований, проанализированы материалы предыдущих научных школ России, специалистов-геоэкологов, работавших в аналогичных природно-климатических и географических условиях, а также опыт продолжительной практической работы рудников Садонского свинцово-цинкового комбината по природоохранной деятельности при добыче и переработке полиметаллических руд, что послужило основой для научного обоснования предлагаемых решений по восстановлению природного равновесия и эффективного функционирования экологической системы. **Результаты работы.** Приведены техногенные и природные факторы, участвующие в процессе происходящих изменений в компонентах природной среды, деформаций ландшафта горного отвода и его фрагментарных нарушений в процессе производственной деятельности. Показаны формы проявления негативных факторов функционирования горно-перерабатывающего производства и сопровождающей его инфраструктуры на развитие приоритетных заболеваний людей в действующих природно-климатических и социально-производственных условиях. Дается потенциальная оценка возможности выращивания агрокультур. Приведены причины деградации и разрушения природного равновесия, источники и объекты негативного влияния при эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Приведена последовательность появления производственных факторов, форма накопления в компонентах окружающей среды, приводящих к нежелательным экстремальным случаям, с развитием пылевых облаков и пылевых бурь в окружающем социально значимом пространстве. Показано взаимодействие и взаимовлияние процессов пылегазовыделения при добыче, транспортировке, дроблении и измельчении руд, а также при переработке на обогатительной фабрике и доставке отходов на места постоянного складирования и хранения. Показано развитие форм заболеваний людей в рассматриваемых условиях. Рассмотрены варианты восстановления природного равновесия в Алагиро-Садонской агломерации и на современном этапе науки и социально-экономического развития туристического рекреационного кластера «Мамисон» в регионе; целесообразно использовать метод ликвидации площадного источника пылевыделения – Унальского хвостохранилища, путем использования биологического метода рекультивации. Отмечается высокая эффективность применяемого метода.

**Ключевые слова:** месторождение полезных ископаемых, горно-перерабатывающая отрасль, отходы переработки руд, пылевое загрязнение воздуха, негативный фактор загрязнения, техносфера, природное равновесие, заболеваемость, жизнестойкость, хвостохранилище, рекультивация, биологический метод, пылевое облако.

**Для цитирования:** Алборов И. Д., Бурдзиева О. Г. Состояние природного равновесия в Алагиро-Садонской агломерации. *Геология и геофизика Юга России*. 2022. 12 (3): 146-156. DOI: 10.46698/VNC.2022.56.74.010.

[DOI: 10.46698/VNC.2022.56.74.010](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.56.74.010)

Original paper

## State of natural equilibrium in Alagiro-Sadonsky agglomeration

I. D. Alborov , O. G. Burdzieva 

Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 93a  
Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation

Received: 14.07.2022, revised: 18.08.2022, accepted: 23.08.2022

**Abstract: Relevance.** The article is devoted to the assessment and analysis of the formation of the sanitary-ecological state of the biosphere, which is influenced by the mining and processing industry at high altitudes. **Aim.** The aim of the performed research is a detailed study of environmental factors in the area of the production and technical system activity with a mining and processing component, as well as the establishment of priority natural, technical and technological features in the formation of negative areas in the ecosphere. **Methods.** In the methodological aspect, in addition to our own research, we analyzed the materials of previous scientific schools in Russia, geoecologists who worked in similar natural, climatic and geographical conditions, as well as the experience of long-term practical work on environmental protection during the extraction and processing of polymetallic ores of the Sadon lead-zinc plant. This served as the basis for the scientific substantiation of the proposed solutions to restore ecological balance and the effective functioning of the ecological system. **Results.** The article gives technogenic and natural factors involved in the process of ongoing changes in the components of the natural environment, deformations of the landscape of the mining allotment and its fragmentary disturbances during production activities. The forms of manifestation of negative factors in the functioning of the mining and processing industry and accompanying infrastructure on the development of priority diseases of people in the current natural-climatic and social-industrial conditions are shown. A potential assessment of the possibility of crop growing is given. The causes of degradation and destruction of the ecological balance, sources and objects of negative influence during the exploitation of mineral deposits are given. The article shows the sequence of the appearance of production factors, the form of accumulation in the components of the environment, leading to undesirable extreme cases, with the development of dust clouds and dust storms in the socially significant environment. The interaction and mutual influence of dust and gas emission processes during mining, transportation, crushing and grinding of ores, as well as during processing at a concentrating plant and waste transportation to places of permanent burial and storage are shown. The development of forms of human diseases under the considered conditions is shown. The article considers the possibilities for ecological balance restoration in the Alagir-Sadon agglomeration and at the present research stage and socio-economic development of the tourist and recreational cluster "Mamison" in the region; it is advisable to use the method of elimination of the areal source of dust emission (the Unal tailing dump) by using the biological method of reclamation. The applied method has high efficiency.

**Keywords:** mineral deposit, ore processing industry, ore processing waste, dust pollution, negative factor of pollution, technosphere, natural balance, morbidity, resilience, tailings dump, reclamation, biological method, dust cloud.

**For citation:** Alborov I. D., Burdzieva O. G. State of natural equilibrium in Alagiro-Sadonsky agglomeration. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2022. 12 (3): 146-156. DOI: 10.46698/VNC.2022.56.74.010.

### Введение

Горная индустрия берет свое развитие в недрах Кавказа на территории Республики Северная Осетия-Алания. Первые сведения о серебряных рудах Садона от-

носятся к X веку. В 1768 году русским правительством Садонское месторождение серебряных и свинцовых руд было нанесено на геологическую карту. Оно характеризовалось им как богатое серебряно-свинцовое месторождение, эксплуатация которого весьма целесообразна. Только в 1843 году была организована выплавка серебра и свинца из руд Садонского месторождения со сдачей всей продукции в казну. Таким образом, 1843 год считается годом основания Садонского рудника, как государственного предприятия, положившего начало горнорудной промышленности в Осетии. Большой дефицит свинца для военных нужд Русской империи заставил форсировать работы на Садонском месторождении по промышленному освоению, как самого «благонадежного и богатого» [К 125-тилетию Садонских рудников..., 1968]. С этого времени в Садоне начали проводиться эксплуатационные работы, включающие добычу и переработку полиметаллических руд. Позднее в 1896 г. Садонский рудник был преобразован в Акционерное общество «Алагир», хозяином которого стал Льежский банк, обладающий 80% всех акций. Район деятельности Садонских рудников охватывает участок полиметаллического пояса горной Осетии, ограниченный с запада Кионским перевалом, с востока р. Уналдон. По минеральному составу руды месторождения подразделяются в основном на три типа: пирротино-полиметаллические, кварцево-полиметаллические и колчеданно-полиметаллические. Состав продуктивной ассоциации: кварц, пирит, сфалерит, галенит, пирротин, марказит, халькопирит, блеклая руда, фрейбергит, самородное серебро, сидерит, кальцит. Запасы руд сосредоточены в самом густонаселенном Алагирском ущелье с развитым сельским хозяйством с широкой отраслью горного садоводства.

Многочисленные разведочные штольни, вскрывающие горные выработки, расчистки и траншеи способствовали превращению природного ландшафта в техногенный, происходило усиление экологической напряженности, охватывая все более и более масштабное пространство, достигая равнинной территории.

С непрерывным ростом объемов добычи руды, растут и факторы, негативно влияющие на растительный покров, жизнеспособность организмов и здоровье населения в целом. Как известно, острее это прослеживается в экологических системах с горно-перерабатывающей составляющей, с процессами: добычи металлов; обогащения руд с получением концентрата; транспортировки руды и концентратов до заводов и обогатительных фабрик; доставки горной массы при проходке горных выработок и отходов переработки руд до мест их складирования, хранения и пр. [Максимова, Красавцева, 2020; Красавцева и др., 2021a, б; Голик и др., 2018, 2019; Алборов и др., 2021; Чотчаев и др., 2020; Krasavtseva et al., 2021; Wood, 2003].

### **Методы и объект исследования**

Горные территории имеют вертикальную зональность с характерным ландшафтом, влияющим на качественные параметры биосферы местности. Ландшафт исключительно четко определяет потенциал загрязнения окружающей среды природными и техногенными факторами, поэтому учет приоритетных факторов, приводящих к деформации природной среды, должен находиться в основе методики оценки экологического состояния территории. Задача заключается в том, чтобы раскрыть динамику влияния деятельности горнопромышленных объектов на составляющие природной среды.

В прежние годы на нагорных территориях Осетии проживало более 40% населения, а в настоящее время около 10%. Высокогорные экосистемы (ледники и

вечные снега) всегда были местом формирования источников питьевого водоснабжения, используемых населением равнинных территорий. В то же время, в атласе «Здоровье России» зоны экологического неблагополучия охватывают около 15% территории, где проживает более 60% населения. Это ускоряет течение острых и усиливает процессы формирования хронических болезней. Эксплуатация полиметаллических месторождений в горной зоне Центрального Кавказа связана с выделением в биосферу генетически связанных с месторождением тяжелых и токсичных металлов как в связанном состоянии, так и в свободном. В этих условиях, в группу болезней, связанных с экологией входят болезни органов дыхания, крови, опорно-двигательной, нервной, мочеполовой, сердечнососудистой и эндокринной систем. Широко известны случаи интоксикации населения ртутью, свинцом, кадмием, селеном, мышьяком и т. д. В России загрязнение атмосферного воздуха является причиной примерно 40 тыс. дополнительных смертей и может составлять до 17,5% от общей смертности городского населения. В биосфере протекает человеческая жизнь, поэтому организм находится под непрерывным воздействием литосферы, гидросферы и атмосферы, и любые негативные изменения в этой среде влияют на состояние и жизнедеятельность человека. Атмосферный воздух является наиболее чувствительной субстанцией, влияющей на жизнестойкость и жизнеспособность как людей, так и других организмов. Часть вредных веществ попадает в организм человека напрямую, другая по пищевым цепям: «почва-растение-организм», «почва-растение-организм животного-организм человека» [Голик и др., 2018; Алборов и др., 2021; Wood, 2003; Retiefa et al., 2016; Ngugi et al., 2015].

Вывоз горных пород при ведении горных работ и разгрузка этой массы на дневной поверхности негативно сказывается на составе и свойствах биосферы местности, на животном и растительном мире, вызывает деформацию ландшафта, что приводит к трансформации природной среды в техногенный ландшафт. Все приведенное может спровоцировать возникновение новых, неизвестных ранее заболеваний людей.

Загрязнение атмосферы аэрозолями и газами в горнодобывающих районах и крупных городах высокоразвитых стран существенно повышает смертность населения от заболеваний органов дыхания по сравнению с сельскими районами [Клюев и др., 2020; Максимова и др., 2020; Rocha-Nicoleite et al., 2017]. Пророческими стали слова В. И. Вернадского о том, что хозяйственная деятельность способна изменить мир, поставив его на грань глобальной экологической катастрофы. Ниже в таблице 1 приведены данные, характеризующие состояние смертности по видам заболеваний у людей при загрязнении атмосферного воздуха.

Как радиальные, так и главное Алагирское ущелье охвачены разведочными, подготовительными и проходческими горными работами с вывозом коренных пород и некондиционных руд на дневную поверхность, со свалкой их на берег реки Ардон или же конусовидно сформированных отвалов по склону ущелий от вскрывающих и разведочных штолен. Добытую рудную массу для получения концентрата с рудников доставляют на Мизурскую обогатительную фабрику разными путями (воздушным – канатным подвесными вагонетками и автомобильным транспортом по земле). Рудники (Садон, В. Згид, Архон, Холст, Бурон) добытую руду перевозили с поверхностных бункеров автотранспортом или подвесной канатной дорогой в вагонетках на Мизурскую обогатительную фабрику. Полученный на обогатительном производстве концентрат в металлических стаканах автотранспортом перевозили

Таблица 1 / Table 1

**Смертность населения от заболеваний органов дыхания (пневмония, астма, бронхиты, рак легких) вследствие загрязнения атмосферы [Клюев и др., 2020] / Mortality from respiratory diseases (pneumonia, asthma, bronchitis, lung cancer) as consequence of air pollution [Klyuev et al., 2020]**

Вид заболеваний / Type of disease	Число смертельных случаев на 100000 человек / Number of deaths per 100000 people			
	в сельской местности / in the countryside	в городах с населением / in cities with population		
		менее 50000 человек / less than 50000 people	от 50000 до 100000 человек / from 50000 to 100000 people	свыше 100000 человек / over 100000 people
Пневмония / Pneumonia	31,6	35,8	39,2	47,9
Бронхиты / Bronchitis	36,9	48,8	53,8	61,4
Прочие заболевания (астма, рак и т. п.) / Other diseases (asthma, cancer etc/)	9,7	10,6	10,7	11,8
Итого / In total	78,2	95,2	103,2	121,3

на завод «Кавцинк» («Электроцинк») в г. Владикавказ. Хвосты обогащения размещались на террасных участках горных рек: ранее в пойме р. Баддон, а затем с 1984 года в пойме р. Ардон, близ с. Унал, а в 20 километрах по прямой расположен рудник Фиагдон со своим горно-обогатительным комплексом на одноименной фабрике с хвостохранилищем в пойменной части правого притока р. Фиагдон, р. Ханикомдон, в пяти километрах от Фиагдонской обогатительной фабрики. Зона деятельности Фиагдонской обогатительной фабрики относится к курортно-рекреационной, с лечебно-оздоровительными, бальнеологическими и спортивно туристическими комплексами. Ландшафт рассматриваемой территории трансформирован и тяготеет к техногенному, фрагментарно находится в соответствии с критериями в критическом состоянии.

### Результаты работы и их обсуждение

Анализ состояния здоровья проживающего здесь населения показывает, что его жизнестойкость находится в прямой зависимости от экологических факторов местности (общее почвенное загрязнение, загрязнение почв ртутью, микробиологическое загрязнение почв и др.), связанных с продолжительной деятельностью горно-перерабатывающего и металлургического комплекса.

Особенно остро ощущается влияние Унальского хвостохранилища на почвенный покров и атмосферный воздух [Алборов и др., 2021]. В ветреную погоду уровень загрязнения воздуха в ущелье достигает критических концентраций и превышает ПДК в 10 и более раз. Видимость на государственной автодороге Алагир-Цхинвал не превышает 2-3 м. Картина распространения пылевого облака приведена на рисунке 1.

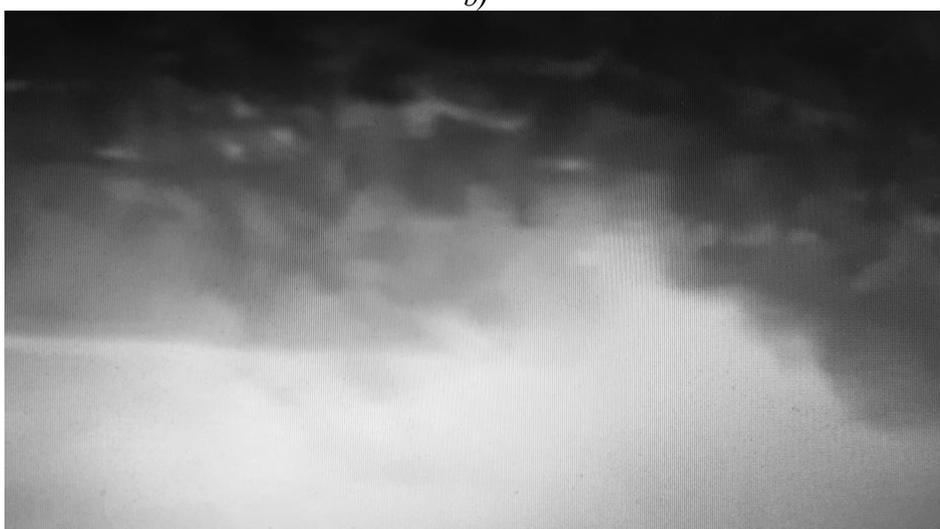
Исследованиями установлено, что в створе господствующего направления ветра (вверх по ущелью) Унальского хвостохранилища, загрязнение почвенного горизонта продолжает расти, и стало влиять на качество биопродукции. Предварительный



a)



b)



c)

Рис. 1. Начало развития запыленности воздуха на Унальском хвостохранилище до рекультивации на уровне 1,5 м от поверхности земли в 10 м от него.

a) скорость ветра 8-10 м/с; b) скорость ветра 12-15 м/с; c) скорость ветра >15 м/с /

Fig. 1. The beginning of the dust content development in the air at the Unal tailing dump before the reclamation at a level of 1.5 m from the ground, 10 m from it. a) wind speed 8-10 m/s; b) wind speed 12-15 m/s; c) wind speed >15 m/s

отбор биопроб во фруктовых плантациях с. Унал показал, что содержание свинца и цинка превышает допустимую концентрацию в 2,0-2,8 раза. Одновременно старожилками замечено снижение жизнестойкости фруктовых деревьев и ухудшение вкусовых качества плодов (яблоки, груши). Это связано с дефляцией тонкодисперсного песка (продукта переработки руды на обогатительной фабрике) и рассеиванием его вокруг источника загрязнения [Максимова, Красавцева, 2020; Тедеева и др., 2018; Алборов, Заалишвили, 2021; Matei, Ungureanu, 2014].

Для оперативного выполнения анализа депонированных хвостов в полевых условиях был использован портативный рентгенофлуоресцентный анализатор Olympus, обеспечивающий быстрый и высокоточный поэлементный анализ. Результаты экспериментов показали высокое содержание вредных и токсичных элементов в %% (рис. 2).

Продолжительное негативное влияние горно-металлургического комплекса в регионе в совокупности с мощным воздействием автотранспортного загрязнения деформируют качество биосферы, (в отдельных зонах до катастрофического уровня), что приводит к превышению показателей экозависимых заболеваний, учитываемых официальными государственными природоохранными органами. Так, например, по данным [Клюев и др., 2020] в 2020 году наиболее высокие значения доли проб почв селитебной зоны, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию тяжелых металлов, зафиксированы среди регионов России в Республике Северная Осетия-Алания (27,5%), а по содержанию ртути (27,5%).

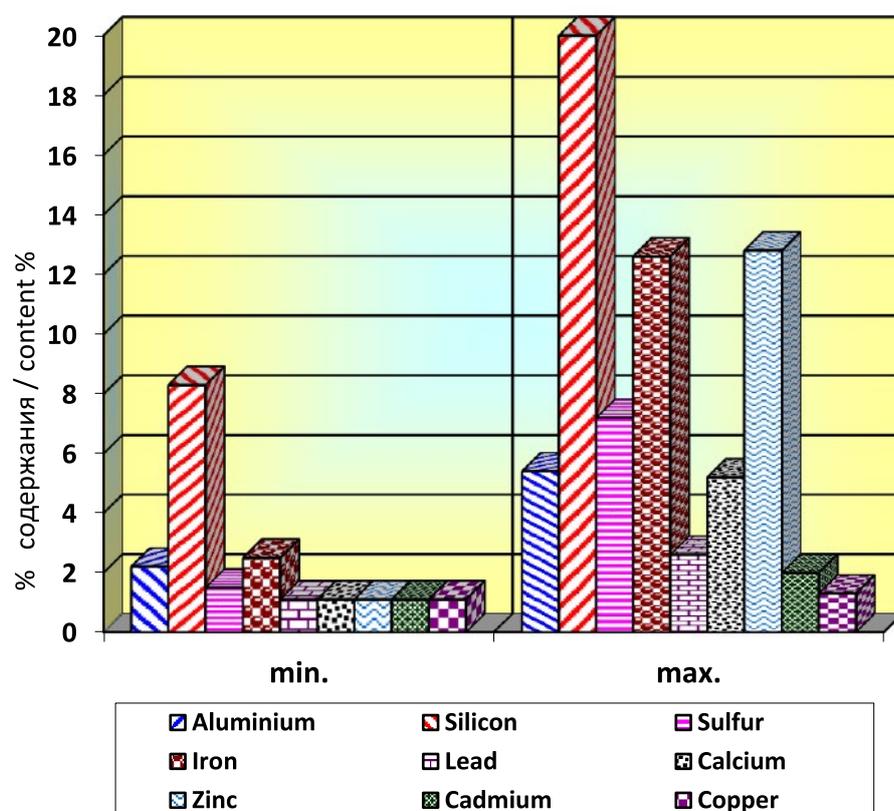


Рис. 2. Содержание вредных и токсичных элементов в депонированных хвостах Унальского хвостохранилища /

Fig. 2. The content of harmful and toxic elements in the deposited tailings of the Unal tailing dump



*Рис. 3. Унальское хвостохранилище после биологической рекультивации /  
Fig. 3. The Unal tailing dump after biological reclamation*

Более чем в три раза превышен среднероссийский показатель загрязненности почв химическими веществами на территории детских учреждений и детских площадок в Республике Северная Осетия-Алания (29,79%). С учетом этого реализованы специальные мероприятия по ликвидации последствий нанесенного экологического ущерба от прошлой деятельности горнопромышленной индустрии в регионе.

Для восстановления экологического равновесия на объектах переработки свинцово-цинковых руд в рамках Национального проекта «Экология» в Республике был разработан и реализован проект обеспечения экологической безопасности на объектах накопленного экологического ущерба – Унальского и Фиагдонского хвостохранилищ, путем рекультивации [Петров и др., 2019; Lima et al., 2016; Perti et al., 2013]. После завершения двух этапов рекультивации были проведены полевые исследования по оценке качества атмосферного воздуха в тех же точках мониторинга, что и до рекультивации. Результаты анализа воздушной среды на всех контролируемых точках показали, что в атмосферном воздухе содержание взвешенных веществ ни в одной из анализируемых проб не превысило 0,2 ПДК, включая вещества первого класса опасности. Вид рекультивированной территории приведен на рисунке 3. Первый год содержания восстановленной территорий показал высокую надежность обеспечения экологического благополучия зоны вокруг этого ранее опасного объекта: не было замечено появления пылевывделений и пылевых бурь в атмосфере, в районе Унальского хвостохранилища, даже при критических скоростях ветра на дневной поверхности.

### Выводы и рекомендации

Управление техногенными месторождениями отходов переработки руд цветных металлов в горных ущельях нуждается в специальных мероприятиях по обе-

спечению надежной защиты окружающей среды и населения при возникновении природных, техногенных или природно-техногенных катастроф.

Все техногенные месторождения отходов руд должны иметь декларацию безопасности, утвержденную в соответствии с действующим законодательством.

Собственник объекта техногенного месторождения отходов обязан регистрировать его в органах экологического и технологического надзора, с ведением мониторинга за состоянием окружающей среды и соответствующей отчетностью.

Учитывая высокую насыщенность Алагиро-Садонской агломерации объектами техносферы горно-индустриального производства и высокую изменчивость метеорологических факторов из-за близкого расположения зон с вечными снегами и ледниками, негативно влияющими на свойства биосферы местности, целесообразно установление метеорологического поста в этой зоне. Оперативная метеорологическая информация метеопоста позволит принимать своевременные меры по предотвращению нежелательных поверхностных геодинамических явлений.

### Литература

1. Алборов И. Д., Заалишвили В. Б. Влияние ветрового режима и давления атмосферного воздуха на надежность вентиляции рудников и организм человека. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2021. – Т. 11. №3. – С. 148-159. DOI: 10.46698/VNC. 2021.17.27.012
2. Алборов И. Д., Бурдзиева О. Г., Тедеева Ф. Г., Алборов С. Т., Алборова Д. И. Воздействие горно-перерабатывающей отрасли на экосферу. // *Сборник докладов III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием*. – Владикавказ, 2021. – С. 75-81.
3. Голик В. И., Соболев А. А., Дзапаров В. Х., Харебов Г. З. Перспективы разработки месторождений Садона. // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2018. – Т. 10. №3. – С. 420-426.
4. Голик, В. И., Кожиев Х. Х., Бурдзиева О. Г., Масленников С. А. Геомеханические факторы взаимодействия природных и технических систем в районах освоения недр. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2019. – Т. 9. №3. – С. 179-188. DOI: 10.23671/VNC. 2019.3.36481.
5. Ключев Р. В., Босиков И. И., Майер А. В., Гаврина О. А. Комплексный анализ применения эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-технической системы. // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2020. – №2. – С. 283-290.
6. Красавцева Е. А., Макаров Д. В., Селиванова Е. А., Икконен П. В., Максимова В. В. Результаты исследований свойств и состава хвостов обогащения лопаритовых руд. // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. – 2021а. – №3. – С. 190-198.
7. Красавцева Е. А., Максимова В. В., Горбачева Г. Г., Макаров Д. В., Алфертьев Н. Л. Оценка химического загрязнения грунтов и растений в зоне влияния хранилища отходов обогащения лопаритовых руд. // *Маркшейдерия и недропользование*. – 2021б. – №2 (112). – С. 52-58.
8. К 125-летию Садонских рудников. Вопросы совершенствования горного производства. – Орджоникидзе, 1968. – 229 с.
9. Максимова В. В., Красавцева Е. А. Исследование влияния горнопромышленных отходов на рост и развитие высших растений. // *Проблемы региональной экологии*. – 2020. – №4. – С. 21-26.
10. Максимова В. В., Красавцева Е. А., Маслобоен В. А. Изучение взаимодействия тонкой фракции хвостов обогащения лопаритовых руд с водорастворимыми органическими соединениями торфа. // *Инновационные процессы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья: Материалы международной конференции, Апати-*

ты. 21-26 сентября 2020 года. – Апатиты: Кольский научный центр Российской академии наук. – 2020. – С. 318-320.

11. Петров Ю. С., Соколов А. А., Раус Е. В. Математическая модель оценки техногенного ущерба от функционирования горных предприятий. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2019. – Т. 10. №4. – С. 554-560.

12. Тедеева Ф. Г., Бурдзиева О. Г., Мадаева М. З., Глазов А. П., Зорина Ю. С. Геоэкологические факторы, влияющие на здоровье населения при переработке руд в отрогах гор Северного Кавказа. // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – №3 (207). – С. 12-19.

13. Чотчаев Х. О., Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б. Влияние геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий. // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – Т. 10. №4. – С. 70-100. DOI: 10.46698/VNC. 2020.87.26.005.

14. Krasavtseva E., Maksimova V., Makarov D. Conditions Affecting the Release of Heavy and Rare Earth Metals from the Mine Tailings Kola Subarctic. // Toxics. – 2021. – Vol. 9 (7). – p. 163.

15. Lima A. T. et al. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. // Environmental Science & Policy. – 2016. – Vol. 66. – pp. 227-233.

16. Matei I. V., Ungureanu L. Survey on integrated modelling applied in environmental engineering and management. // Environmental engineering and management journal. – 2014. – Vol. 13 (4). – pp. 1027-1038.

17. Ngugi M. R., Neldner V. J., Doley D., Kusy B., Moore D., Richter C. Soil moisture dynamics and restoration of self-sustaining native vegetation ecosystem on an open-cut coal mine. // Restoration Ecology. – 2015. – Vol. 23 (5). – pp. 615-624. DOI: 10.1111/rec. 1.

18. Perti R., Stein W., Dahmen D., Buschhüt K. Sustainable follow-up use of recultivated surfaces. // World of Mining – Surface & Underground. – 2013. – Vol. 65 (2). – pp. 92-101.

19. Retiefa F., Bondb A., Poped J., Morrison-Saunders A., Kingf N. Global megatrends and their implications for environmental assessment practice. // Environmental Impact Assessment Review. – 2016. Vol. 61. – pp. 52-60.

20. Rocha-Nicoleite E., Overbeck G. E., Müller S. C. Degradation by coalmining should be priority in restoration planning. // Perspectives in ecology and conservation. – 2017. – Vol. 15. No. 3. – pp. 202-205.

21. Wood C. Environmental Impact Assessment: a comparative review, 2nd edition. Essex, UK: Pearson Education Limited, 2003. – p. 230.

## References

1. Alborov I. D., Zaalishvili V. B. Influence of wind conditions and pressure the influence of atmospheric air on the reliability of mine ventilation and the human body. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 3. pp. 148-159. (in Russ.) DOI: 10.46698/VNC. 2021.17.27.012.

2. Alborov I. D., Burdzieva O. G., Tedeeva F. G., Alborov S. T., Alborova D. I. The impact of the mining and processing industry on the ecosphere. In: Proceedings of the III All-Russian (national) scient. conf. Vladikavkaz, 2021. pp. 75-81. (In Russ).

3. Golik V. I., Sobolev A. A., Dzaparov V. Kh., Kharebov G. Z. Prospects for the development of Sadon deposits. Sustainable development of mountain territories. 2018. Vol. 10. No. 3. pp. 420-426. (In Russ). DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-420-426

4. Golik V. I., Kozhiev Kh. Kh., Burdzieva O. G., Maslennikov S. A. Interaction of Natural and Technical Systems in the Subsoil Development Areas. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2019. Vol. 9 (3). pp. 179-188. (In Russ.) DOI: 10.23671/VNC. 2019.3.36481

5. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Mayer A. V., Gavrina O. A. Comprehensive analysis of the effective technologies application to increase sustainable development of the natural-technical system. Sustainable development of mountain territories. 2020. Vol. 12. No. 2. pp. 283-290. (In Russ). DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-2-283-290

6. Krasavtseva E. A., Makarov D. V., Selivanova E. A., Ikkonen P. V., Maksimova V. V. Studies of properties and composition of loparite ore mill tailings. *Journal of Mining Science*. 2021a. No. 3. pp. 190-198. (In Russ). DOI: 10.15372/FTPRPI20210318
7. Krasavtseva E. A., Maximova V. V., Gorbacheva G. G., Makarov D. V., Alfertyev N. L. Evaluation of soils and plants chemical pollution within the area affected by storages of loparite ore processing waste. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2021b. No. 2. Issue 112. pp. 52-58. (In Russ).
8. To the 125th anniversary of the Sadon mines. Issues of improving mining production. Ordzhonikidze, 1968. 229 p. (In Russ).
9. Maksimova V. V., Krasavtseva E. A. Study of the mining waste impact on the growth and development of higher plants in the Murmansk region. *Problems of regional ecology*. 2020. No. 4. pp. 21-26. (In Russ). DOI: 10.24411/1728-323X-2020-14021
10. Maksimova V. V., Krasavtseva E. A., Masloboen V. A. Study of the interaction of the fine fraction of the tailings of the enrichment of loparite ores with water-soluble organic compounds of peat. In: *Proceedings of the int. conf. Innov. Proc. of complex proc. of natural and technogenic mineral raw materials*. 2020. pp. 318–320. (In Russ).
11. Petrov Yu. S., Sokolov A. A., Raus E. V. A mathematical model for estimating technogenic losses from the operation of mining enterprises. *Sustainable development of mountain territories*. 2019. Vol. 10. No. 4. pp. 554-560. (In Russ). DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-4-554-559
12. Tedeeva F. G., Burdzieva O. G., Madaeva M. Z., Glazov A. P., Zorina Yu. S. Geoecological factors affecting the health population in the processing of ores in the spurs of the mountains of North Caucasus. *Life Safety*. 2018. No. 3. Issue 207. pp. 12-19. (In Russ).
13. Chotchaev Kh. O., Burdzieva O. G., Zaalishvili V. B. Influence of geodynamic processes on the geoecological state of high mountain areas. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2020. Vol. 10 (4). pp. 70-100. (in Russ.) DOI: 10.46698/VNC. 2020.87.26.005.
14. Krasavtseva E., Maksimova V., Makarov D. Conditions Affecting the Release of Heavy and Rare Earth Metals from the Mine Tailings Kola Subarctic. *Toxics*. 2021. Vol. 9. No. 7. p. 163.
15. Lima A. T. Mitchell K., O'Connell D. W., Verhoeven J., Van Cappellen Ph. et al. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. *Environmental Science & Policy*. 2016. Vol. 66. pp. 227-233.
16. Matei I. V., Ungureanu L. Survey on integrated modelling applied in environmental engineering and management. *Environmental engineering and management journal*. 2014. Vol. 13. pp. 1027-1038. DOI:10.30638/EEMJ. 2014.107
17. Ngugi M. R., Neldner V. J., Doley D., Kusy B., Moore D., Richter C. Soil moisture dynamics and restoration of self-sustaining native vegetation ecosystem on an open-cut coal mine. *Restoration Ecology*. 2015. Vol. 23. pp. 615-624. DOI:10.1111/rec. 12221
18. Perti R., Stein W., Dahmen D., Buschhüt K. Sustainable follow-up use of recultivated surfaces. *World of Mining – Surface & Underground*. 2013. Vol. 65. pp. 92-101.
19. Retiefa F., Bondb A., Poped J., Morrison-Saunders A., Kingf N. Global megatrends and their implications for environmental assessment practice. *Environmental Impact Assessment Review*. 2016. Vol. 61. pp. 52-60.
20. Rocha-Nicoleite E., Overbeck G. E., Müller S. C. Degradation by coalmining should be priority in restoration planning. *Perspectives in ecology and conservation*. 2017. Vol. 15. No. 3. pp. 202-205.
21. Wood C. *Environmental Impact Assessment: a comparative review*, 2nd edition. Essex, UK: Pearson Education Limited, 2003. p. 230.