

СНИЖЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ГОРНО-ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

П.И. Тарасов¹, М.Л. Хазин², О.В. Голубев³

¹ ООО «Перспектива-М», Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия, e-mail: Khasin@ursmu.ru

³ Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

Аннотация: Арктика относится к числу хрупких природных экосистем, особенностями которой являются высокая уязвимость природной среды к антропогенному воздействию и низкой скорости восстановления. Окружающая среда арктических и северных территорий находится в экстремальном положении, а возможность самовосстановления природных систем достаточно ограничена. Предприятия горнодобывающей отрасли, особенно при добыче полезных ископаемых открытым способом, значительно изменяют естественную ландшафтную структуру, образуя отвалы и хвостохранилища. Ежегодно в северных и арктических территориях РФ образуется до 1 млрд т отвальных пород и твердых отходов. Большое количество горных пород, накопленных в отвалах и хвостах обогащения, создает серьезные экологические и экономические проблемы в горнопромышленных районах. Структура отвалов представляет собой массив, состоящий из кусков разного размера и формы, которые длительное время находились под давлением горной массы. Следовательно, эту горную массу можно использовать в качестве строительного материала при создании транспортных магистралей. Такой подход может позволить решить вопросы улучшения экологии северных территорий за счет вторичной переработки и использования горных пород в отвалах.

Ключевые слова: экология, пустые породы, отвалы, Арктика, северные районы, строительство автодорог, железная дорога.

Для цитирования: Тарасов П. И., Хазин М. Л., Голубев О. В. Снижение геоэкологической нагрузки горно-перерабатывающей промышленности северных и арктических территорий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 7. – С. 74–82. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-74-82.

Mitigation of environmental impact of mining and processing industry in the Russian North and Arctic territories

P.I. Tarasov¹, M.L. Khazin², O.V. Golubev³

¹ «Perspektiva-M» Ltd, Ekaterinburg, Russia,

² Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia, e-mail: Khasin@ursmu.ru

³ Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

Abstract: Arctic belongs to fragile natural ecosystems featuring high vulnerability relative to anthropogenic impact and low restorability rate. Environment in the Arctic and northern territories is in extreme conditions, and self-regeneration potential of natural systems is very limited. Mineral

mining, especially open cutting greatly alters natural landscape structure by dumping and tailing storages. Yearly up to 1 Bt of waste is formed in the northern and Arctic areas of Russia. Huge quantities of gangue in dumps and tailings create serious ecological and economic problems in mining areas. A dump is a structure composed of different shape and size fragments subjected to rock mass pressure for a long time. This material can be used in construction of traffic arteries. Such approach can assist in ecological improvement in the northern territories through re-processing and reclamation of mineral waste.

Key words: ecology, gangue, dumps, Arctic, northern areas, highway engineering, railway.

For citation: Tarasov P. I., Khazin M. L., Golubev O. V. Mitigation of environmental impact of mining and processing industry in the Russian North and Arctic territories. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(7):74-82. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-74-82.

Введение

Арктика является одним из крупнейших регионов мира и считается огромным хранилищем потенциальных ресурсов, включая полезные ископаемые. В последние десятилетия горнодобывающая промышленность расширилась во всем мире, особенно в арктических и субарктических регионах различных стран [1—3]. Такие действия могут принести новые источники экономических выгод и дальнейших целей для продвижения национальной обороны, но они также могут создавать возможные риски для окружающей среды в Арктике [2, 4].

Арктика относится к числу хрупких природных экосистем, особенностями которой являются низкая устойчивость к антропогенному воздействию и, соответственно, низкая скорость самовосстановления. В последние годы вопросам рационального природопользования, экологии и охраны окружающей среды российского Севера и Арктики стали уделять значительное внимание, учитывая важное экономическое, социальное и экологическое значение этих территорий.

Следует отметить, что в настоящее время сохранение уникальных экосистем, их защита от негативного воздействия нерациональной хозяйственной деятельности и ликвидация накопленных отвалов является одним из приоритетов государственной политики в области экологии северных и арктических регионов. Необ-

ходимость обеспечения экологической безопасности, сохранения уникальных экосистем и природных объектов Арктической зоны России заложена в «Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», которые утверждены Президентом Российской Федерации 18.09.2008 (Пр № 1969).

Теория вопроса

При добыче полезных ископаемых открытым способом предприятия горнодобывающей отрасли создают отвалы и хвостохранилища, что существенно изменяет и нарушает естественную ландшафтную структуру. При этом самовосстановление нарушенной природной среды идет крайне медленно [4]. Согласно статистике в товар превращается примерно двадцатая часть добытого сырья, а остальная порода переводится в отвалы и хвостохранилища. Добыча полезных ископаемых открытым способом приводит к образованию карьеров, отвалов и хвостохранилищ. В результате работы предприятий горнодобывающей отрасли Кольского полуострова удельные земельные нарушения на 1000 т добытого сырья занимает около 0,047 га, а общая площадь нарушенных земель приближается к 16 тыс. га [5, 6].

Вследствие недостаточного промышленного развития или отсутствия вторичной переработки, высоких объемов и

темпов накопления отходов горно-перерабатывающей промышленности образование отвалов является основным способом размещения пустой породы. Происходят изменения площадей в категориях земель: сельскохозяйственного и промышленного назначения, в землях лесного фонда и запаса.

В результате деятельности горно-перерабатывающих предприятий произошло изменение соотношения земель: площади земель промышленности увеличились, а площади сельскохозяйственных земель и земель лесного фонда уменьшились.

Анализ геоэкологической обстановки Кольского полуострова, Чукотского автономного округа (АО) и Республики Саха (Якутия) приводит к выводу о неблагоприятном состоянии окружающей среды на этих территориях.

Ежегодно на северных и арктических территориях РФ образуется до 1 млрд т отвальных пород и твердых отходов. Результатом деятельности горных предприятий Кольского полуострова является образование более 150–200 млн т горной массы в год, которая складировается в отвалах. К настоящему времени общий объем горной массы в отвалах составляет 6,4 млрд т. Только в Мурманской области уже несколько млрд тонн породы складировано в действующих и законсервированных хвостохранилищах. В Кировском и Апатитском районах располагается около 200 млн т «хвостов». Кроме этого, имеются также отвалы вскрышных пород. В результате образуются огромные техногенные месторождения, где находится уже добытая горная масса [7, 8]. Например, за длительное время работы ОАО «Апатит» в его хвостохранилищах накопилось 700 млн т горной массы, которые образовали техногенное апатито-фелиновое месторождение.

В Мурманской области, на юге Ямало-Ненецкого автономного округа, в ни-

зовьях Печоры (Ненецкий автономный округ), в Норильском промышленном районе, вокруг золотодобывающих районов на Чукотском полуострове и на севере Республики Саха (Якутия) отвалы и твердые отходы занимают значительные площади.

Промышленная деятельность Якутии сосредоточена в области добычи, переработки и обогащения полезных ископаемых. Арктические и северные районы Якутии начали осваивать с начала сороковых годов прошлого века: в 1941 — Эсе-Хайское месторождение олова в Верхоянском районе, в 1951 г. в Усть-Янском районе открыли прииск «Депутатский». В шестидесятых годах начали разрабатывать месторождения алмазов: карьер «Айхал» (1961) в Мирнинском районе и золота — в низовьях р. Яны: прииск «Кулар» (1963) в Усть-Янском районе [9].

В настоящее время в арктических районах Республики Саха (Якутия) действуют компании ОАО «Роснефть», ОАО «Алмазы Анабара», ООО «Восток инжиниринг», ОАО «Нижне-Ленское» и ПАО АК «АЛРОСА». В результате многолетней промышленной деятельности горнодобывающих предприятий в северных и арктических районах Якутии образовалась неблагоприятная экологическая ситуация.

Норильский горно-металлургический комбинат, располагающийся на территории Таймырского (Долгано-Ненецкого) района, занимается добычей и переработкой медно-никелевой руды. Под хранение различных видов отходов, общая масса которых составляет около 1 млрд т, комбинат использует свыше 6000 га.

Сложившаяся система нерационального природопользования в отдельных арктических и северных территориях РФ привела к образованию значительно измененных в результате хозяйственной деятельности районов. Нарушение сложившегося динамического равновесия природной среды на этих территориях

привело к изменению естественного геохимического фона, деградации растительности и почв, обеднению биоразнообразия, развитию эрозионных процессов и загрязнению окружающей среды [10].

Загрязнение атмосферы пылью от отвалов и хвостохранилищ, попадание тяжелых металлов и реагентов в поверхностные и подземные воды негативно влияют на сложившиеся экосистемы и здоровье людей. Вследствие такого негативного воздействия на природу, вблизи горнодобывающих предприятий, особенно в районах с экстремальными климатическими условиями, образуются техногенные пустыни [6, 11]. Антропогенные формы рельефа — отвалы и хвостохранилища приводят также к активизации сейсмической деятельности. Так, например, в Хибинском и Ковдорском горных массивах наблюдались техногенные землетрясения силой 2—4 балла (Экологический атлас Мурманской области, 1999). Для поддержания хвостохранилищ и отвалов ежегодно требуется значительные капитальные и материальные затраты.

Обсуждение результатов

Одним из вариантов снижения геоэкологической нагрузки горно-перерабатывающей промышленности в северных и арктических территориях может быть использование накопленной горной массы для строительства автомобильных и железных дорог.

Для дальнейшего экономического развития Арктических и северных территорий Российской Федерации, реализации мероприятий, определенных в «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [12] следует развивать меридиональное направление — коридор «Север-Юг», создавать на соответствующих территориях необходимую транспортную инфраструктуру.

К такой транспортной инфраструктуре относится, например, «Белкомур», при протяженности железнодорожной магистрали Соликамск — Сыктывкар — Архангельск 1161 км и Якутский транспортный коридор.

К основным требованиям успешного строительства транспортных магистралей относятся: климат региона; прохождение трассы, возможность соблюдения заданных темпов строительства, сравнительно близкое расположение строительного материала. Отсутствие твердых пород (скальный грунт, щебень) по предполагаемой трассе требует значительных затрат на транспортировку строительных материалов из удаленных районов.

Структура отвалов горнодобывающих предприятий в северных и арктических районах представляет собой массив, состоящий из кусков разного размера и формы, который достаточно долгое время слеживался. Следовательно, эту горную массу можно использовать как строительный материал для транспортных магистралей [13]. Еще несколько лет назад предлагалось рассмотреть возможные способы изготовления щебня и облицовочного камня из вскрышных скальных пород месторождений Кольского полуострова [7, 8]. Организация производства относительно недорогого щебня из вторичных сырьевых источников могла бы обеспечить потребности строительства автомобильных и железных дорог в полном объеме, а также значительно улучшить экологическое состояние окружающей среды за счет уменьшения и, возможно, даже ликвидации существующих отвалов.

Проведенные расчеты показывают, что объемы земляной массы при строительстве однопутных и двухпутных железных дорог могут отличаться до 40%, в зависимости от рабочей отметки земляного полотна. Соответственно, чем больше рабочая отметка, тем меньше это

Зависимость протяженности земляного полотна и объемов земляной массы от высоты насыпи (рабочей отметки)
Dependence of the length of the earth bed and the volume of earth mass on the height of the embankment (working mark)

Высота насыпи, м	$V_1, \text{м}^3$	$L_1, \text{км}$	$V_2, \text{м}^3$	$L_2, \text{км}$
1	5	198 020	7	140 845
2	13	76 336	17	58 140
3	24	41 408	30	33 003
4	38	26 178	46	21 552
5	55	18 100	66	15 267
6	75	13 280	88	11 416
7	98	10 168	113	8873
8	124	8039	141	7102
9	153	6517	172	5817
10	186	5391	206	4854

Примечания: V_1 — объем земляного полотна однопутной железной дороги протяженностью 1 м; V_2 — объем земляного полотна двухпутной железной дороги протяженностью 1 м; L_1 — протяженность земляного полотна однопутной железной дороги, определенная из расчета использования 1 млрд м^3 пустой породы из отвалов; L_2 — протяженность земляного полотна двухпутной железной дороги, определенная из расчета использования 1 млрд м^3 пустой породы из отвалов

отличие. Протяженность транспортных магистралей, которые могли бы быть построены при использовании горной массы из отвалов, а также необходимые объемы строительного материала, требующегося при возведении земляного полотна с различными рабочими отметками, приведены в таблице.

Из таблицы видно, что для строительства двухпутных транспортных магистралей общей протяженностью 21 552 км и средней высотой насыпи четыре метра требуется около одного млрд м^3 горной массы.

Согласно п. 4.5 [14] для сооружения земляного полотна допускается применять материалы породных отвалов, пригодные для возведения насыпей. В соответствии с табл. 4.1 [14] для возведения насыпей скальные грунты могут быть использованы без ограничений, а скальные грунты из слабовыветривающихся, выветривающихся, легковыветривающихся пород (алевролитов, аргиллитов, мергелей, глинистых сланцев и др.), песчаные и глинистые грунты могут быть использованы при соблюдении технологии уплотнения отсыпаемых насыпей (соб-

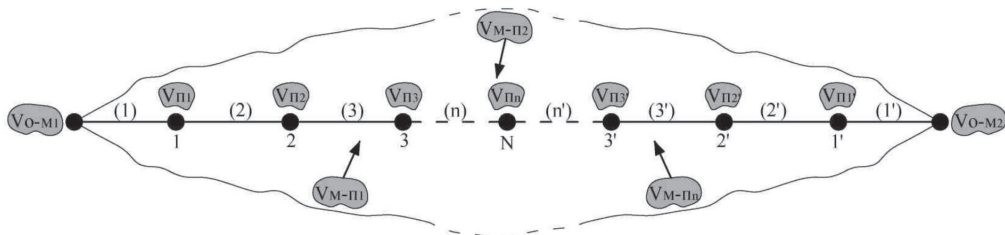


Схема строительства транспортной магистрали с учетом использования объемов пустых пород из отвалов основных и перспективных месторождений

Traffic artery project using waste material from primary and promising mine dumps

людение заданной толщиной уплотняемого слоя, числа проходов уплотняющих машин и механизмов).

С учетом возможности применения пустых пород в качестве строительного материала при прокладке транспортных магистралей сама трасса должна проходить вблизи отвалов.

Рассмотрим особенности технологии строительства транспортных магистралей в данных регионах (рисунок). Обозначения: V_{o-m1} — основное месторождение с существующими отвалами пустых пород; V_{m-n1} — перспективное месторождение с формированием отвалов пустых пород (1 — номер месторождения); 1, 2, n — номер точки завершения возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 1; 1, 2, ..., n — номер точки завершения возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 2; (1), (2), ..., (n) — номер участка возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 1; (1), (2), ..., (n) — номер участка возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 2; $V_{n1}, V_{n2}, \dots, V_{nn}$ — промежуточный отвал, формируемый в не строительный сезон путем завоза пустой породы железнодорожным транспортом с отвалов существующего основного месторождения 1; V_{n1}, V_{n2} — промежуточный отвал, формируемый в нестроительный сезон путем завоза пустой породы железнодорожным транспортом с отвалов существующего основного месторождения 2; $V_{m-n1}, \dots, V_{m-nn}$ — промежуточное месторождение, расположенное в зоне рентабель-

ности перевозки пустой породы для возведения транспортной магистрали.

Маршрут трассы следует выбирать с учетом данной схемы, то есть ее наложением на направление будущей транспортной магистрали. Далее необходимо проведение геологоразведки территорий попавших в зону рентабельности перевозки пустой породы. При обнаружении новых месторождений полезных ископаемых следует сразу оценить возможность непосредственного использования вскрышных пород для строительства транспортных магистралей без образования отвалов.

Заключение

Причиной большинства экологических проблем является сложившаяся система нерационального природопользования в отдельных арктических и северных территориях РФ: нерациональное территориальное природопользование: хозяйственное освоение, не соответствующее экологической емкости природной среды, практическое отсутствие адекватных мер по ее реабилитации; ограниченный спектр хозяйственного использования природных ресурсов территории; конфликт между различными видами природопользования и др. Нарушение сложившегося динамического равновесия природной среды на этих территориях привело к изменению естественного геохимического фона, деградации растительности и почв, обеднению биоразнообразия, развитию эрозионных процессов и загрязнению окружающей среды.

Предлагаемая технология дает возможность получить значительный экономический эффект (отсутствуют затраты на транспортировку материалов из центральных областей страны), уменьшить неблагоприятное влияние горных работ на окружающую среду, а в перспективе исключить образование отвалов. Таким образом, возможно существенное сни-

жение геоэкологической нагрузки от результатов деятельности горно-перерабатывающей промышленности на северных и арктических территориях РФ.

Кроме того, предлагаемая технология позволит повысить занятость местного населения, обеспечить приток новых тру-

довых ресурсов для дальнейшего освоения северных территорий РФ.

Реализация таких крупных транспортных проектов в Российской Федерации будет способствовать укреплению международного сотрудничества [15–18] и осуществляться на его основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Similä J., Jokinen M.* Governing conflicts between mining and tourism in the Arctic // *Arctic Review*. 2018. Vol. 9. Pp. 148–173. DOI: [org/10.23865/arctic.v9.1068](https://doi.org/10.23865/arctic.v9.1068).

2. *Trump B.D., Kadenic M., Linkov I.* A sustainable Arctic: Making hard decisions // *Arctic, Antarctic and Alpine Research*. 2018. Vol. 50. No 1. e1438345. doi.org/10.1080/15230430.2018.1438345.

3. *Heikkinen H.I., Lépy É., Sarkki S., Komu T.* Challenges in acquiring a social licence to mine in the globalising Arctic // *Polar Record*. 2016. Vol. 52. No. 4. Pp. 399–411. doi.org/10.1017/S0032247413000843.

4. Соколов Ю.И. Арктика: к проблеме накопленного экологического ущерба // *Арктика: экология и экономика*. — 2013. — № 2 (10). — С. 18–27.

5. *Ромина Л.В.* Экологические проблемы Кольского полуострова // *Жизнь Земли*. — 2014. — Т. 35. — С. 76–81.

6. *Воробьевская Е.Л., Кириллов С.Н., Седова Н.Б. и др.* Современное природопользование в центральной части Кольского полуострова и основные геоэкологические проблемы // *Экология и промышленность России*. — 2017. — Т. 21. — № 6. — С. 30–35.

7. *Красовская Т.М.* Природопользование Севера России. — М.: Изд-во ЛКИ, 2008. — 288 с.

8. *Евсеев А.В., Красовская Т.М.* Новые подходы к природопользованию на Севере России. География, общество, окружающая среда. Т. 3: Природные ресурсы, их использование и охрана / Под ред. А.Н. Геннадиева, Д.А. Кривоуцкого. — М.: Городец, 2004.

9. *Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Лашук В.В., Пак А.А.* Использование вскрышных пород месторождений Кольского полуострова для получения щебня / Инновационный потенциал Кольской науки. — Апатиты: КНЦ РАН, 2005. — С. 219–224.

10. *Гершенкоп А.Ш., Хохуля М.С., Мухина Т.Н.* Переработка техногенного сырья Кольского полуострова // *Вестник Кольского научного центра РАН*. — 2010. — № 1. — С. 4–8.

11. *Бурцева Е.И., Петрова А.Н.* Экологические проблемы северных территорий Якутии в условиях промышленного освоения и глобального потепления // *Успехи современного естествознания*. — 2017. — № 5. — С. 83–88.

12. *Степанько Н.Г., Степанько А.А., Ткаченко Г.Г.* Возможные экологические последствия экономического развития северных территорий дальнего востока России // *Арктика: экология и экономика*. — 2018. — № 1 (29). — С. 26–36.

13. *Болтыров В.Б., Селезнев С.Г., Стороженко Л.А.* Экологические последствия долговременного хранения техногенных объектов типа «Отвалы Аллареченского месторождения» (Печенгский район Мурманской области) // *Известия Уральского государственного горного университета*. — 2015. — № 4 (40). — С. 26–33.

14. Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утв. Президентом РФ). СПС КонсультантПлюс.

15. *Хазин М.А., Тарасов П.И., Голубев О.В. и др.* Пустые породы и отходы производства горно-обогатительных комбинатов — основа для строительства транспортных магистралей // *Известия Уральского государственного горного университета*. — 2017. — № 4 (48). — С. 90–94. DOI: [10.21440/2307-2091-2017-4-90-94](https://doi.org/10.21440/2307-2091-2017-4-90-94).

16. *Свод правил по проектированию и строительству: СП 32-104-98.* Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. — М.: Госстрой России, 1999.

17. *Stephenson S.R., Agnew J.A.* The work of networks: Embedding firms, transport, and the state in the Russian Arctic oil and gas sector // *Environment and Planning A*. 2016. Vol. 48, no 3. pp. 558–576. doi.org/10.1177/0308518X15617755.

REFERENCES

1. Similä J., Jokinen M. Governing conflicts between mining and tourism in the Arctic. *Arctic Review*. 2018. Vol. 9. Pp. 148–173. DOI: [org/10.23865/arctic.v9.1068](https://doi.org/10.23865/arctic.v9.1068).
2. Trump B. D., Kadenic M., Linkov I. A sustainable Arctic: Making hard decisions. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*. 2018. Vol. 50. No 1. e1438345. doi.org/10.1080/15230430.2018.1438345.
3. Heikkinen H. I., Lépy É., Sarkki S., Komu T. Challenges in acquiring a social licence to mine in the globalising Arctic. *Polar Record*. 2016. Vol. 52. No. 4. Pp. 399–411. doi.org/10.1017/S0032247413000843.
4. Sokolov Yu. I. Arctic: on the problem of accumulated environmental damage. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2013, no 2 (10), pp. 18–27. [In Russ].
5. Romina L. V. Ecological problems of the Kola Peninsula. *Zhizn' Zemli*. 2014. Vol. 35, pp. 76–81. [In Russ].
6. Vorob'evskaya E. L., Kirillov S. N., Sedova N. B. Modern environmental management in the central part of the Kola Peninsula and the main geo-ecological problems. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2017. Vol. 21, no 6, pp. 30–35. [In Russ].
7. Krasovskaya T. M. *Prirodopol'zovanie Severa Rossii* [Use of the North of Russia], Moscow, Izd-vo LKI, 2008, 288 p.
8. Evseev A. V., Krasovskaya T. M. *Novye podkhody k prirodopol'zovaniyu na Severe Rossii. Geografiya, obshchestvo, okruzhayushchaya sreda*. T. 3: Prirodnye resursy, ikh ispol'zovanie i okhrana. Pod red. A. N. Gennadiyeva, D. A. Krivolutskogo [New approaches to environmental management in the North of Russia. Geography, society, environment. Vol. 3. Gennadiyev A. N., Krivolutskiy D. A. (Eds.)], Moscow, Gorodets, 2004.
9. Krashenninnikov O. N., Belogurova T. P., Lashchuk V. V., Pak A. A. Using Overburden of the Kola Peninsula to Obtain Rubble. *Innovatsionnyy potentsial Kol'skoy nauki*. Apatity, KNTS RAN, 2005, pp. 219–224.
10. Gershenkop A. Sh., Khokhulya M. S., Mukhina T. N. Processing of technogenic raw materials of the Kola Peninsula. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*. 2010, no 1, pp. 4–8. [In Russ].
11. Burtseva E. I., Petrova A. N. Environmental problems of the northern territories of Yakutia in terms of industrial development and global warming. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2017, no 5, pp. 83–88. [In Russ].
12. Stepan'ko N. G., Stepan'ko A. A., Tkachenko G. G. Possible environmental consequences of the economic development of the northern territories of the Russian Far East. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2018, no 1 (29), pp. 26–36. [In Russ].
13. Boltyrov V. B., Seleznev S. G., Storozhenko L. A. Ecological consequences of long-term storage of man-made objects of the type "Dumps of the Allarechenskoye field" (Pechenga district, Murmansk region). *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2015, no 4 (40), pp. 26–33. [In Russ].
14. *Strategii razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii i obespecheniya natsional'noy bezopasnosti na period do 2020 goda* (utv. Prezidentom RF) [Strategies for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and national security for the period up to 2020 (approved by the President of the Russian Federation)], SPS Konsul'tantPlyus.
15. Khazin M. L., Tarasov P. I., Golubev O. V. Empty rocks and waste produced by mining and processing plants – the basis for the construction of highways. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2017, no 4 (48), pp. 90–94. DOI: [10.21440/2307-2091-2017-4-90-94](https://doi.org/10.21440/2307-2091-2017-4-90-94). [In Russ].
16. *Svod pravil po proektirovaniyu i stroitel'stvu: SP 32-104-98. Proektirovanie zemlyanogo polotna zheleznnykh dorog kolei 1520 mm* [Code of practice for design and construction: SP 32-104-98. Design of subgrade of 1520 mm gauge railways], Moscow, Gosstroy Rossii, 1999.
17. Stephenson S. R., Agnew J. A. The work of networks: Embedding firms, transport, and the state in the Russian Arctic oil and gas sector. *Environment and Planning A*. 2016. Vol. 48, no 3. pp. 558–576. doi.org/10.1177/0308518X15617755.

18. Litman T. *Autonomous vehicle implementation predictions*. Victoria Transport Policy Institute. 2014. Vol. 28.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тарасов Петр Иванович — канд. техн. наук, зам. директора по научной работе, ООО «Перспектива-М», e-mail: tp6005@mail.ru,

Хазин Марк Леонтьевич — д-р техн. наук, профессор, Уральский государственный горный университет (УГГУ), e-mail: Khasin@ursmu.ru,

Голубев Олег Вадимович — канд. техн. наук, доцент, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),

Для контактов: Хазин М.Л., e-mail: tp6005@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

P.I. Tarasov, Cand. Sci. (Eng.), Deputy Director for Science,

«Perspektiva-M» Ltd, 620219, Ekaterinburg, Russia, e-mail: tp6005@mail.ru,

M.L. Khazin, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Ural State Mining University (USMU), 620144, Ekaterinburg, Russia, e-mail: Khasin@ursmu.ru,

O.V. Golubev, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: golubev@usurt.ru, Ural State University of Railway Transport (USURT), 620219, Ekaterinburg, Russia.

Corresponding author: M.L. Khazin, e-mail: tp6005@mail.ru.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ОЦЕНКА ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

(№ 1193/07–19 от 27.05.2019; 11 с.)

*Пичуев Александр Вадимович*¹ — канд. техн. наук, доцент,

*Заугольников Е.В.*¹ — магистрант,

¹ МГИ НИТУ «МИСиС».

Выполнен анализ показателей качества электроэнергии и норм государственных стандартов. Рассмотрены причины возможных отклонений показателей качества от нормируемых величин и отрицательное влияние отклонения частоты и напряжения, колебания, несимметрии и несинусоидальности напряжения на работу электроустановок. Сделан вывод о необходимости учета качества электроэнергии при оценке энергоэффективности технологических процессов производства.

Ключевые слова: показатель качества электроэнергии, нормирование качества электроэнергии, энергоэффективность.

ANALYSIS OF ELECTRIC POWER QUALITY INDICES AND EVALUATION OF THEIR IMPACT ON THE EFFICIENCY OF INSTALLATIONS

*A.V. Pichuev*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,

*E.V. Zaugolnikova*¹, Master's Degree Student,

¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia.

In the article the analysis of indicators of quality of the electric power and norms of the state standards is executed. The reasons for possible deviations of quality indicators from the normalized values and the negative impact of frequency and voltage deviations, oscillations, asymmetry and non-sinusoidal voltage on the operation of electrical installations are considered. It is concluded that it is necessary to take into account the quality of electricity in the assessment of energy efficiency of technological processes of production.

Key words: quality of electric energy, regulation, power quality, energy efficiency.