



DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-2-191-200

EDN: VLNQSL

УДК 631.618

Научная статья / Research article

Особенности восстановления экосистем в районе размещения отвалов некондиционных цеолитсодержащих пород Холинского месторождения Восточного Забайкалья

М.В. Обуздина  , **Е.А. Руш***Иркутский государственный университет путей сообщения,**Иркутск, Российская Федерация* obuzdina_mv@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена проблема ликвидации отвалов некондиционного сырья цеолитсодержащих пород Холинского месторождения, мероприятия по рекультивации нарушенных земель. Наиболее эффективным способом восстановления экосистем является ренатурирование. Представлены временные промежутки сукцессии. Ренатурирование нарушенных земель состоит из 6 этапов. Подробно рассмотрены возможные доминирующие растения для предложенных вариантов: *Stipa lessingiana*, *Poa platensis*, *Festuca valesiaca*, *Poa angustifolia*, *Elytrigia intermedia*, *Artemisia vulgaris*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Agropyron desertorum*.

Ключевые слова: цеолиты, некондиционное сырье, рекультивация, ренатурация

Благодарности и финансирование. Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ Иркутского государственного университета путей сообщения: № АААА-А17-117050310027-5.

Вклад авторов: *М.В. Обуздина* – концептуализация исследований, сбор данных и их интерпретация; *Е.А. Руш* – концептуализация исследований, критический анализ текста.

История статьи: поступила в редакцию 15.09.2022; доработана после рецензирования 20.01.2023; принята к публикации 25.02.2023.

Для цитирования: *Обуздина М.В., Руш Е.А.* Особенности восстановления экосистем в районе размещения отвалов некондиционных цеолитсодержащих пород Холинского месторождения Восточного Забайкалья // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 2. С. 191–200. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-2-191-200>

© Обуздина М.В., Руш Е.А., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Special aspects of ecosystem recreation in the area of dumps of sub-standard zeolite-containing rocks of Holinsky deposit of Eastern Transbaikalia

Marina V. Obuzdina  , Elena A. Rush

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

 obuzdina_mv@mail.ru

Abstract. The research presents the problem of liquidation of dumps of substandard raw materials of zeolite-containing rocks of the Holinsky deposit, measures for the reclamation of disturbed lands. The most effective way to restore ecosystems is renaturation. Time intervals of succession are considered. Renaturation of disturbed lands consists of 6 stages. Possible dominant plants for the proposed options are considered in detail: *Stipa lessingiana*, *Poa platensis*, *Festuca valesiaca*, *Poa angustifolia*, *Elytrigia intermedia*, *Artemisia vulgaris*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Agropyron desertorum*.

Keywords: zeolites, ions of heavy metals, simulation, sub-standard raw materials, reclamation, renaturation

Acknowledgements and Funding. The work was carried out the support of the research work of Irkutsk State Transport University No AAAA-A17-117050310027-5.

Authors' contributions: *M.V. Obuzdina* – conceptualization of research, data collection and interpretation; *E.A. Rush* – conceptualization of research, critical analysis of the test.

Article history: received 15.0.2022; revised 20.02.2023; accepted 25.02.2023

For citation: Obuzdina MV, Rush EA. Special aspects of ecosystem recreation in the area of dumps of sub-standard zeolite-containing rocks of Holinsky deposit of Eastern Transbaikalia. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(2):191–200. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-2-191-200>

Введение

Освоение новых месторождений негативно сказывается на биологическом разнообразии экосистем и влияет на флору и фауну в районе размещения пород. Добыча минерального сырья означает изъятие существенного количества вмещающих и вскрышных пород, которые складываются в отвалы и тем самым наносят существенный ущерб окружающей среде. При разработке месторождения некоторые породы могут оказаться некондиционными, что вызывает дальнейшую проблему негативного воздействия образующихся отвалов на окружающую среду [1].

Длительность периода трансформации нарушенного ландшафта может быть различной, вторичная сукцессия может составлять от нескольких десятков до сотен лет. Поэтому изучение процессов ускоренного естественного восстановления растительного покрова и флоры в целом в местах воздействия объектов промышленности представляется актуальной задачей для рассмотрения.

Цель исследования – решение экологической проблемы ликвидации отвалов некондиционного цеолитсодержащего сырья путем рекультивации

отвалов с дальнейшей ренатурацией. На техническом этапе рекультивации предлагается удалить слой некондиционного цеолитсодержащего сырья с целью использования как адсорбента в очистке сточных вод от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов [2]. Техногенные ландшафты только со временем трансформируются в естественные, однако рекультивационные мероприятия помогают существенно сократить этот период [3].

Материалы и методы

Объектом исследования являются цеолитсодержащие туфы клиноптилолитового типа Холинского месторождения Забайкальского края, общий вид которых представлен на рис. 1. Площадь около 5 га, запасы 400 млн т, мощность слоев до 120 м. Месторождение располагается вблизи железнодорожной станции Могзон (45 км). Месторождение изначально (1963 г.) оценивалось как перлитовое с ресурсами 19 млн м³. В 80-е гг. XX в. после дополнительных исследований была определена степень цеолитизации пород.



Рис. 1. Общий вид мест накопления цеолитсодержащих пород Холинского месторождения /
Figure 1. General view of places of accumulation of zeolite-containing rocks Holinsky deposit

Основным минералом цеолитсодержащих туфов Холинского месторождения является клиноптилолит $\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_30\text{O}_72] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$. Плотность 2,16 г/см³, емкость 0,34 см³/см³. Отношение Si/Al составляет 4,25...5,25. Диаметр пор – 0,73 мкм по объему и 12,4 мкм по поверхности [4]. Клиноптилолит присутствует в количестве 60...66 %. Химический состав природных цеолитов в процентах: 65,6 SiO₂, 12,2 Al₂O₃, 1,3 Fe₂O₃, 2,1 CaO, 0,64 MgO, 1,9 Na₂O, 4,14 K₂O, 0,14 MnO, 0,02 S_{общ}, 4,14 H₂O. Влажность до 10 % по шкале Протодьяконова. Пористость высокая до 41 %, подходит для утилизации некондиционного сырья в качестве адсорбентов.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработка месторождения существенно нарушает экосистемы. На атмосферу, водную среду, почву оказывается следующее негативное воздействие: пыление от отвала и откосов, ветровая эрозия, пыль от тяжелой спецтехники. Возможно попадание взвешенных частиц в водные объекты, изменение состава питьевой воды, гидрологии затопленных карьеров, уровня грунтовых вод. В местах накопления некондиционных пород наблюдается полная деградация почв, изменение ландшафта, разрушение почвенного слоя и, как следствие, снижение биопродуктивности, уменьшение лесного фонда. Таким образом, суммарное воздействие на биогеоценоз вызывает ухудшение биологического разнообразия, полное уничтожение растительного покрова, изменение путей миграции животных, ареала их обитания. Таким образом, необходимо снижать риски негативного воздействия отвалов цеолитов Холинского месторождения путем их вовлечения в производство таких видов продукции, при которых не требуется высокое содержание клиноптилолита в исходной породе, например в строительные материалы и сорбенты для очистки сточных вод от различных примесей. Далее необходимо провести рекультивацию и ренатурирование для восстановления экосистемы.

Кондиционным считается такой вид сырья, который экономически оправданно в дальнейшем использовать в промышленности. На примере цеолитсодержащего сырья по содержанию клиноптилолита в породе кондиционным является содержание данного компонента 85...90 % и более, однако цеолиты Холинского месторождения содержат клиноптилолита в недостаточном количестве, поэтому данные цеолитсодержащие туфы являются объектом негативного воздействия на окружающую среду [6].

Применение технологий утилизации крупнотоннажных отходов в производстве адсорбентов для очистки сточных вод обеспечит ликвидацию отвалов и позволит создать благоприятный рельеф для последующей рекультивации [2].

Рекультивация земель объединяет в систему взаимосвязанные мероприятия с поэтапным выполнением работ. Технические мероприятия по рекультивации земель приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические мероприятия по рекультивации земель

Проективные	Структурные	Химические	Освоение	Гидро-теплотехнические
<ul style="list-style-type: none"> – Новые формы рельефа – Вертикальная планировка – Профилирование – Террасирование – Ликвидация западин 	<ul style="list-style-type: none"> – Землевание – Торфование – Кольматаж – Сооружение терпов 	<ul style="list-style-type: none"> – Известкование – Гипсование – Кислование – Внесение сорбентов, органических и минеральных удобрений 	<ul style="list-style-type: none"> – Удаление ненужной древесно-кустарниковой растительности, пней, камней, разделка кочек и дернины – Окультуривание рекультивируемых земель 	<ul style="list-style-type: none"> – Осушение – Орошение – Организация поверхностного стока – Мульчирование – Грядование – Применение утеплителей

Table 1. Technical measures for land reclamation

Projective	Structural	Chemical	Reclamation	Hydro-heat engineering
<ul style="list-style-type: none"> – New forms terrain – Vertical subgrading – Blading – Terracing – Elimination of depressions 	<ul style="list-style-type: none"> – Earth mulching – Peatification – Colmation – Construction of paps 	<ul style="list-style-type: none"> – Liming – Plastering – Acidification – Application of sorbents, organic and mineral fertilizers 	<ul style="list-style-type: none"> – Removal unnecessary tree and shrub vegetation, stumps, stones, cutting of tussocks and turf – Cultivation recultivated lands 	<ul style="list-style-type: none"> – Dehumidification – Irrigation – Organization of surface runoff – Mulching – Ringing – Use of warmers

При реализации технического этапа после использования тяжелой техники происходит уплотнение оставшегося грунта, что приводит к снижению его водонепроницаемой способности, влагоемкости, аэрации, что, в свою очередь, негативно влияет на приживаемость растений. На биологическом этапе осуществляется биологическая обработка почвы, улучшение ее плодородных свойств, озеленение и защита растений для восстановления процессов почвообразования, повышения самоочищающей способности почвы и итогового воспроизведения биоценоза.

Биологическое восстановление осуществляется в два этапа. Сначала высаживаются пионерные растения, которые имеют высокую степень регенерации и приживаемости. Выбор растения для второго этапа посадки зависит от запланированного использования рекультивируемых земель.

Наибольшая скорость образования гумуса при дальнейшем естественном разрастании наблюдается в первые 5–20 лет и составляет 2...4 мм в год. В последующие годы происходит стабилизация биохимических процессов в конкретных сформировавшихся растительных сообществах и скорость почвообразования снижается. Растения могут быть представлены как травами, так и кустарниками. В качестве пионерных трав, подходящих для многих типов местности, являются *Phleum pratense*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Bromopsis inermis* и *Trifolium rubens*. Благоприятным является сочетание всех или большинства перечисленных трав [7].

Однако для качественного и ускоренного темпа естественного зарастания отвалов и восстановления биоценозов рекультивации недостаточно. Для естественного процесса самоорганизации нарушенных экосистем необходим целый комплекс мероприятий по ренатурации нарушенных земель с целью их приведения в сбалансированное состояние, соответствующее естественному состоянию экосистем. Ренатурирование, в отличие от рекультивации, предполагает реализацию комплекса мероприятий, катализирующих естественное воспроизводство природных компонентов, характерных для района проведения работ [8].

В рассматриваемом случае необходимо более детальное изучение района размещения крупнотоннажных отходов с учетом сукцессии зональной растительности. Подобная детализация позволит определить, какие именно травы и кустарники произрастают в данной местности. Антропогенное

воздействие вызывает нарушение стадийности сукцессий, что приводит к дисклимаксам и субклимаксам, дефициту видов для завершения процесса.

В районе п. Мозгон (Забайкальский край) наблюдается преимущественно мерзлотно-таежный тип почв. В Хилокском районе, где вблизи поселка Мозгон располагается Холинское месторождение цеолитсодержащих туфов, произрастает 175 видов растений, из которых более 55 % являются дикими растениями, 32 % составляют сорняки и 13 % агрокультуры.

Важным аспектом ренатурации является понимание процессов первичного, рецентного и вторичного почвообразования. В районе размещения отвалов Холинского месторождения наблюдается полное уничтожение почвенно-растительного покрова.

Забайкальские степи формируются в условиях пониженных среднегодовых температур и более короткого вегетационного периода (по сравнению со степями Казахстана или Западной Сибири), в условиях резко континентального климата с большими суточными и годовыми перепадами температуры и влажности. Растения в таком климате приобрели адаптации не только к недостатку влаги, но и к низким температурам, а главное – к резким колебаниям всех экологических факторов.

Ренатурирование нарушенных земель состоит из шести этапов. Первый этап является самым важным: полное прекращение или минимизация антропогенного воздействия на рассматриваемый участок. На втором, горно-техническом, этапе предполагается минимизация действия факторов, влияющих на эффективность восстановительной сукцессии на отвальных массивах техногенного происхождения. На третьем – проводится изучение прилегающих территорий для установления доминантных видов. Четвертый, биологический, этап предполагает подбор растений с учетом регенеративных особенностей деградированных отвалов. На пятом этапе необходимо ландшафтное конструирование. На шестом этапе происходит восстановление экосистемы нарушенных территорий в течение нескольких десятков лет в три стадии: на протяжении первых 15 лет происходит адаптация экосистем к эдафическим условиям. Далее в последующие 20 лет воспроизводятся продукционно-ресурсные характеристики. В период от 35 до 50 лет стабилизируются структура и регенерационные процессы в экосистемах, видовой состав; сокращаются рудеральные виды растений [9].

В рудеральном сообществе могут доминировать растения *Daucus carota*, *Carduus* и др. На втором этапе восстановления земель начинают появляться сообщества семейства *Poaceae*, например *Calamagrostis*, *Elytrigia*, *Festuca*, *Poa*, *Stipa* и др.

Разнотравные сообщества и дерновинные злаки формируются на поздних этапах, обеспечивая накопление гумуса в почвах. В районе п. Мозгон встречаются следующие морозоустойчивые виды растений: *Medicago*, *Medicago lupulina*, *Medicago sativa*, *Agropyron pectiniforme* Roem. et Schult, *Festuca ovina*, *Onobrychis viciifolia*, *Phalaris arundinacea*, *Elytrigia répens*, *Melilotus officinalis*.

При достаточной степени увлажнения далее появляется древесная растительность, чаще только после 10 и более лет, когда мощность горизонта плодородного слоя почвы достигает оптимального значения.

В зависимости от воссоздаваемого варианта высаживаются разные растения, среди которых выделяют доминирующие виды, представленные в табл. 2. В степях доминируют растения семейства злаковые (мятликовые) – около 70 %. Во всех рассматриваемых случаях предполагается пересадка дерна пластами или в виде дернокрошки с территорий, прилегающих к району размещения отвалов.

С течением времени состав доминирующих видов меняется вследствие особенностей строения корневой системы и ветровой эрозии, климатических и географических условий. Однако, анализируя табл. 2, можно отметить тот факт, что неизменно для всех вариантов доминирующим растением для Забайкальских степей остается *Festuca valesiaca*.

На втором этапе восстановления в качестве начальных растений могут быть ранее указанные виды полыни, но при этом вторичные сорняки начнут вытесняться более сильными многовидовыми бурьянистыми растениями, например, некоторыми видами *Carduus* семейства *Asteraceae*. Также могут встречаться семейства *Onagraceae*, например *Chamerion latifolium*.

На этом же этапе начинают наращивать биомассу бобово-злаково-разнотравные представители флоры: *Elymus dahuricus*, *Elymus sibiricus*, *Medicago falcata*, *Stipa baicalensis* Roshev, *Trifolium lupinaster*, *Trigonella caerulea*.

На третьем этапе, спустя несколько десятков лет, к доминантным растениям начинают добавляться некоторые виды из семейства *Rosaceae*. Также активно набирают биомассу представители семейства *Equisetaceae*. Кроме того, могут встречаться представители других семейств и видов, например *Dracosephalum nutans*, *Hemerocallis minor*, *Vicia cracca* L.

Таблица 2. Доминирующие растения при реставрации степи

Доминирующие растения	Высота, см	Вид корневой системы	Степь, доминанты: 1 – в первые года; 2 – более 10 лет
<i>Stipa lessingiana</i>	30–70	Мочковатая, довольно слабая	РЗС, 1; КТС, 1,2
<i>Poa platensis</i>	30–90	Мочковатая, ползучие подземные побеги	РЗС, 2
<i>Festuca valesiaca</i>	10–50	Мочковатая, мощная, с небольшими корневищами	РЗС, 1-2 ПЗС, 1; КТС, 1,2
<i>Poa angustifolia</i>	5–30	Мочковатая, с образованием небольших дерновников	РЗС, 2
<i>Elytrigia intermedia</i>	30–60	Корневище тонко-шнуровидное, ползучее с побегами	ПЗС, 1
<i>Artemisia vulgaris</i>	50–200	Стержневой ветвистый корень, утолщенный в верхней части	ПЗС, 1
<i>Trifolium pratense</i>	15–55	Стержнемочковатая с разветвленным корневищем и боковыми побегами	ПЗС, 2
<i>Trifolium repens</i>	5–20	Стержневой корень, мелкокореняющийся, сильноветвящийся	ПЗС, 2
<i>Agropyron desertorum</i>	65–75	Мочковатая, мощная, глубина корней до 1,5–2 м	КТС, 1

Примечание. РЗС – разнотравно-злаковая степь; ПЗС – полынно-злаковая степь; КТС – ковыльно-типчаковая степь.

Table 2. Dominant plants during the restoration of the steppe

Dominant plants	Height, cm	Type of roots system	Steppe, dominants: 1 – in the first years; 2 – after 10 years
<i>Stipa lessingiana</i>	30–70	Fibrous, rather weak	MGG, 1; FGF, 1,2
<i>Poa platensis</i>	30–90	Fibrous, creeping underground shoots	MGG, 2
<i>Festuca valesiaca</i>	10–50	Fibrous, aggressive with pint size creeping rootstock	MGG, 1-2 WWG, 1; FGF, 1,2
<i>Poa angustifolia</i>	5–30	Fibrous, with the formation of pint size turf	MGG, 2
<i>Elytrigia intermedia</i>	30–60	Rootstock is thin-cord-like, creeping with shoots.	WWG, 1
<i>Artemisia vulgaris</i>	50–200	Taproot branched root, thickened at the top	WWG, 1
<i>Trifolium pratense</i>	15–55	Fibrous-Taproot with branched rootstock and lateral shoots	WWG, 2
<i>Trifolium repens</i>	5–20	Taproot root, shallow-rooted, multiway branched	WWG, 2
<i>Agropyron desertorum</i>	65–75	Fibrous, aggressive, root depth up to 1.5-2 m	FGF, 1

Note. Motley grass-grasses (MGG), wormwood-grass (WWG), feather grass-fescue (FGF).

Выводы

Предложен комплексный подход к решению экологической проблемы снижения негативного воздействия отвалов некондиционного цеолитсодержащего сырья Холинского месторождения на объекты окружающей среды. После удаления слоя цеолитсодержащей породы для дальнейшего использования в технологиях очистки сточных вод проводятся технический и биологический этапы рекультивации с дальнейшей ренатурацией с учетом географических, климатических особенностей местности вблизи поселка Могзон.

Рассмотрены этапы восстановления различных вариантов степи: разнотравно-злаковой, полынно-злаковой, ковыльно-типчаковой. При проведении ренатурации земель желательнее выбирать растения, которые бы позволили не только быстро восстановить нарушенные земли, но и являлись основой кормового рациона животных. При большом разнообразии растительности степей и лугов лишь немногие обладают подходящими свойствами: мятликовые (злаковые), бобовые, осоковые и ситниковые семейства, разнотравье. После биологического этапа рекультивации, когда в плодородный слой почвы будут посажены пионерные растения, начнется сукцессия, которая будет проходить этапами в несколько десятков лет.

Список литературы

- [1] Zhu Z.-Y., Alimujiang. K. Analysis and simulation of the spatial autocorrelation pattern in the ecosystem service value of the oasis cities in dry areas // Journal of Ecology and Rural Environment. 2019. Vol. 12. Issue 35. P. 1531–1540. <https://doi.org/10.19741/j.issn.1973-4831.2019.0331>
- [2] Обуздина М.В., Руш Е.А. Изучение особенностей взаимодействия компонентов-загрязнителей промышленных сточных вод с модифицированными цеолитами по результатам комплексных физико-химических исследований // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25, № 3. С. 36–40. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-3-36-40>

- [3] Андроханов В.А., Двуреченский В.Г. Проблемы рекультивации техногенных экосистем Красноярского края // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2013. Т. 6, № 2. С. 153–158.
- [4] Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1987. 125 с.
- [5] Бесполитов Д.В., Панков П.П., Коновалова Н.А., Корякина Е.А. Установление экологической безопасности стабилизирующей добавки для решения проблемы пыления отвалов вскрышных пород // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2022. № 2 (84). С. 15–24. <https://doi.org/10.17277/voprosy.2022.02.pp.015-024>
- [6] Matinde E., Simate G.S., Ndlovu S. Mining and metallurgical wastes: A review of recycling and re-use practices // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2018. Vol. 8. Issue 118. P. 825–844. <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n8a5>
- [7] Стрекалова Т.А., Меренкова Е.С. Мероприятия, снижающие вредное воздействие отвалов на окружающую среду // Успехи современного естествознания. 2013. № 4. С. 118–121.
- [8] Голусов П.В., Лисецкий Ф.Н., Чепелев О.А. Экологическая реставрация постпромышленных отвалов железорудной промышленности КМА // Проблемы региональной экологии. 2005. № 6. С. 130–137.
- [9] Коновалова Н.А., Дабижа О.Н., Панков П.П., Руш Е.А. Минимизация антропогенного воздействия на окружающую среду отходов горнопромышленного комплекса посредством их утилизации в цементогрунтах, модифицированных природными цеолитами // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, № 6. С. 24–30. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-6-24-29>

References

- [1] Zhu Z-Y, Alimujiang K. Analysis and simulation of the spatial autocorrelation pattern in the ecosystem service value of the oasis cities in dry areas. *Journal of Ecology and Rural Environment*. 2019;(35)12:1531–1540. <https://doi.org/10.19741/j.issn.1973-4831.2019.0331>
- [2] Obuzdina M, Rush E. Intensification the features of interaction between components of pollutants of industrial waste waters with modified zeolites based on the results of integrated physical and chemical researches. *Ecology and industry of Russia*. 2021;25(3):36–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-3-36-40>
- [3] Androkhanov VA, Dvurechensky VG. Problems of reclamation of technogenic ecosystems of the Krasnoyarsk Territory. *Bulletin of the Irkutsk State University. Series "Biology.Ecology"*.2013;(2)6:153–158. (In Russ.)
- [4] Greg S, Sing K. *Adsorption, surface area, porosity*. Moscow, Mir; 1987. (In Russ.)
- [5] Bepolitov DV, Pankov PP, Konovalova NA, Koryakina EA. Establishment of the environmental safety of a stabilizing additive for solving the problem of dusting of overburden dumps. *Questions of modern science and practice. University. V.I. Vernadsky*. 2022;(84)2:15–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.17277/voprosy.2022.02.pp.015-024>
- [6] Matinde E, Simate GS, Ndlovu S. Mining and metallurgical wastes: A review of recycling and re-use practices. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2018;(118)8:825–844. <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n8a5>
- [7] Strekalova TA, Merenkova ES. Measures that reduce the harmful effects of dumps on the environment. *Successes of modern natural science*. 2013;(4):118–121. (In Russ.)

- [8] Goleusov PV, Lisetsky FN, Chepelev OA. Ecological restoration of post-industrial dumps of the iron ore industry of the KMA. *Problems of regional ecology*. 2005;(6):130–137. (In Russ.)
- [9] Konovalova NA, Dabizha ON, Pankov PP, Rush EA. Minimizing the anthropogenic impact on the environment of mining waste through their disposal in cement soils modified with natural zeolites. *Ecology and Industry of Russia*. 2020;(24)6:24–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-6-24-29>

Сведения об авторах:

Обуздина Марина Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности, Иркутский государственный университет путей сообщения. Российская Федерация, 664074, Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15. ORCID: 0000-0002-4956-0063. E-mail: obuzdina_mv@mail.ru.

Рух Елена Анатольевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой техносферной безопасности, Иркутский государственный университет путей сообщения. Российская Федерация, 664074, Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15. E-mail: lrush@mail.ru

Bio notes:

Marina V. Obuzdina, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of Academy Department of Technosphere Safety, Irkutsk State Transport University. 15 Chernyshevsky St, Irkutsk, 664074, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-4956-0063. E-mail: obuzdina_mv@mail.ru

Elena A. Rush, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Academy Department of Technosphere Safety, Irkutsk State Transport University. 15 Chernyshevsky St, Irkutsk, 664074, Russian Federation. E-mail: lrush@mail.ru.