

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА КАК ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ

И. И. Петухова<sup>1</sup>, О. А. Баландин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Забайкальский государственный университет, Чита, Россия;

<sup>2</sup> Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Чита, Россия

**Аннотация:** В работе уделяется внимание истощению природных ресурсов, минеральных образований, которые аккумулируются в отходах и отвалах предприятий. Одним из путей решения этой проблемы является использование отвалов месторождений для вторичной переработки. В России эта практика развита слабо, и имеется ряд проблем, мешающих полному ее внедрению в производство. Одним из важных моментов в настоящее время является создание соответствующей нормативно-правовой базы и обеспечение недропользователей поддержкой государства. Основополагающими звеньями в экономике России является золотодобывающая и золотоперерабатывающая отрасль. В данной работе была определена канва привязки этих золотосодержащих образований к разрабатываемой методике предварительного расчета. Экологические проблемы рассмотрены как совокупность противоречий между потреблением природных ресурсов и способностью системы к самовосстановлению. Определены обобщенные показатели для оценки состояния и прогнозирования экологических показателей окружающей среды техногенных образований. Поставлены задачи и границы рассматриваемой и разрабатываемой методологической задачи. Предлагается использовать обобщенные показатели состояния и информационные технологии для оценки и прогнозирования экологической ситуации, которые применяются для ландшафтных систем. Для решения таких задач может быть использован математический аппарат теории потенциала.

**Ключевые слова:** техногенные месторождения, эффективность, обобщенные показатели состояния, информационные технологии, оценка и прогнозирования ситуации, ландшафт, экологические проблемы, золото, теория потенциала.

**Для цитирования:** Петухова И. И., Баландин О. А. Исследования техногенных месторождений золота как ландшафтных систем // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3-2. – С. 81–89. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_32\_0\_81.

### Analysis of gold mining waste accumulations as landscape systems

I. I. Petukhova<sup>1</sup>, O. A. Balandin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Transbaikal State University, Chita, Russia;

<sup>2</sup> Transbaikal Institute of Railway Transport – a branch of the Irkutsk State University of Railways, Chita, Russia

**Abstract:** This work highlights the depletion of natural resources and accumulation of useful minerals in mining waste dumps and tailings ponds. One of the ways to solve this problem is mining waste processing. In Russia, this practice is poorly developed, and there are a few problems that prevent its full implementation in production. The critical point in this regard is an appropriate regulatory framework and provision of the governmental support to subsoil users. The backbone sectors in the economy of Russia are the gold mining and gold processing industries. In this study, gold-bearing mining waste is discussed in the context of the preliminary appraisal procedure under development. The environmental problems are considered as a set of contradictions between consumption and self-regeneration of natural resources. The generalized criteria for estimation and prediction of environmental indicators of manmade deposits are determined. For the environmental assessment and forecasting, it is proposed to use the generalized criteria and information technologies applied to landscape systems. To that end, it is possible to use the mathematical apparatus of the potential theory.

**Key words:** man-made deposits, efficiency, generalized state indicators, information technologies, assessment and forecasting of the situation, landscape, environmental problems, potential theory.

**For citation:** Petukhova I. I., Balandin O. A. Analysis of gold mining waste accumulations as landscape systems. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(3-2):81-89. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_32\_0\_81.

---

## **Введение**

В России золотодобывающая промышленность создана во второй половине 18 века. Забайкалье по запасам золота занимает в федерации одно из передовых мест и имеет двухвековую историю [1]. Разрабатываемые месторождения имеют труднообогатимый характер — более половины запасов находится в мелких классах, поэтому в хвостах месторождений, которые разрабатывались ранее, находится много золота. В России, в том числе и Забайкалье, накоплены большие объемы отходов горных и обоганительных производств. В этой связи перспективным является оценка техногенных образований. Идея проблемы заключается в расширении минеральной базы страны и решении экологической проблемы — уменьшения объемов «отходов» на поверхности Земли.

## **Методы исследования и результаты**

Техногенные образования в последнее время рассматриваются как техно-

генные месторождения [2]. Техногенные месторождения — это скопления минеральных веществ на поверхности Земли или горных выработках [2—6].

Особенностями техногенных месторождений являются:

- географическое расположение в промышленно развитых районах;
- аккумулярованность на поверхности, отсутствие в составе глинистых пород, т.е. нет необходимости в дезинтеграции.

Последняя особенность определяет сложность переработки техногенных руд, так как из-за многообразия минеральных форм требуются иные технологии, чем для обычных руд, основанные на последних достижениях науки и техники. Отвалы горнодобывающих и металлургических предприятий как перспективные источники сырья для различных областей индустрии издавна привлекали внимание.

Техногенные месторождения — техногенная система, определяющая направление деятельности и характер

ее воздействия на окружающую среду. Границы техногенной системы определяются границами зоны влияния промышленных предприятий на окружающую среду, входящих в систему природно-промышленного комплекса как ландшафтной системы. [7—15].

Основная особенность экологической системы, в составе которой функционирует природно-промышленный комплекс, состоит в том, что практически все компоненты этой системы находятся под постоянным воздействием промышленных предприятий и испытывают на себе их влияние. [16, 17].

В связи существенным изменением окружающей природной среды появляется острая необходимость в оценке ее состояния и степени благоприятности для человека и других живых существ. Окружающая природная среда может рассматриваться по отдельным компонентам (атмосфера, вода, почва, биота) и ландшафтам в целом. Обращение к ландшафтам как цельным многокомпонентным геосистемам связано со следующими преимуществами:

1) рассматривается весь комплекс взаимодействующих компонентов и межкомпонентных связей;

2) фиксируются все происходящие или ожидаемые изменения и последствия.

От свойств и состояния ландшафтов зависят также важные для человека и уязвимые при антропогенных воздействиях средо- и ресурсовоспроизводящие функции.

Способность природных систем без ущерба для себя отдавать необходимую человечеству продукцию или производить полезную для него работу фактически сочетает в себе оценку ресурсов среды (ресурсный потенциал) и способность среды воспринимать антропогенные нагрузки, т.е. экологический потенциал. Значение такого параметра,

отражающего способность среды к релаксации, вытекает из практической необходимости оперативного принятия тактических и стратегических решений на региональном (территориальном) уровне. Региональные экологические проблемы обостряются конфликтной ситуацией между увеличивающимися масштабами использования природных ресурсов и экологическими параметрами среды, суммирующимися в экологический потенциал, определяющий способность среды воспринимать техногенные нагрузки, самоочищаться и самовосстанавливаться. В таком виде задача базируется на представлении окружающей среды (ландшафта) как системы, состоящей из определенного числа компонентов (например, воздушного и водного бассейнов, земной поверхности, недр, биоты), отличающихся друг от друга своеобразием движения вещества и энергии, но неразрывно взаимодействующих через прямые и обратные связи. Представляется возможным построение аналитических моделей поведения ландшафтных систем использовать аппарат теории потенциалов.

Основной предмет экологических исследований — ландшафтную сферу — можно рассматривать как некоторую область пространства, состоящую из определенного числа компонентов, образующих функциональную систему, в рамках которой происходит перемещение вещества и энергии. Частным случаем функционирования этой системы служат экологические построения, описывающие перемещения вещества в перечисленных элементах ландшафтной сферы с указанием определенных критических состояний (экологические ограничения) — концентрацией, состояний, потенциалов и т.д. Состояние этой системы можно исследовать

различными способами — в точках (одномерные модели), по определенным сечениям (двухмерные модели), по областям пространства (трехмерные модели), как в статике, так и в динамике. В связи с тем, что в доступной для человека части ландшафтной сферы перемещение вещества и энергии происходит в поле силы тяжести и подчиняется бассейновому принципу (воздушные и водные бассейны, бассейны аккумуляции и сноса и т.д.), целесообразно рассматривать любую интересующую нас область ландшафтной сферы как некоторую точку, направление, поверхность или объем, состояние которых в любой момент времени описывается или оценивается ее внутренней энергией, уровень которой определяется или обобщенно, или серий физическими параметрами, имеющих смысл некоторых потенциалов.

При более конкретной постановке задачи, например, изучение загрязнений ландшафтной сферы в целом или отдельно ее элементов механическими примесями (взвесьями), интересующие нас части пространства (объекта) вычлняются также по бассейновому принципу: нужная часть выделяется в виде ландшафтной арены, соответствующей площади речного бассейна определенного порядка, а при подразделении на элементы — в виде воздушной, водной, поверхностной, недровой и биотической арены соответствующей размерности. К примеру, одной из типовых, но актуальнейших задач горной экологии является описание (построение статических и динамических моделей или прогнозные построения) загрязнения водных объектов (бассейнов) механическими примесями (взвесьями). В этом случае исследуемый объект может иметь фиксированные границы в виде водоразделов (площадная и объемная модели), сечений

по водотокам (линейная модель) или точек — створов (точечная модель).

Энергетическое состояние выделенного таким образом объекта, независимо от его формы, описывается, прежде всего, гравитационным потенциалом, усредненным или вычисленным для каждой точки объекта. Удобным для измерения с любой заданной степенью точности способом оценки гравитационного потенциала может служить система абсолютных и относительных высот земной поверхности рассматриваемой ландшафтной арены или абсолютные значения поля силы тяжести. Возможно их описание в виде функции принятой системы координат. При сужении задачи до описания движения вещества (механические примеси, взвеси, рассолы и т.д.) в пределах водных бассейнов основным агентом перемещения становится вода. Состояние водной среды в любой момент времени с заданной степенью точности в любой точке рассматриваемого объекта (бассейна, арены) описывается рядом параметров, трассирующих объемы питания, режим, характер и тип движения — ламинарный, вихревой, возвратно-поступательный и т.д., физических — температура, газовый и солевой режим, кислотность, плотность и биоты и т.д. Экологическое состояние рассматриваемого объекта описывается рядом параметров, определяющих его способность к самоочищению и самовосстановлению, реакцией на техногенные нагрузки и т.д., сводящихся в сумме к экологическому потенциалу.

При обозначенных постановках задачи возможны следующие математические модели. Интересующая нас ландшафтная сфера разбивается на элементы по любому из признаков:

- 1) деление на биосферу, гидросферу, земную поверхность, недра, биоту;

2) по территориальному принципу, например на арены (бассейны) соответствующей размерности (порядка).

В любом случае ландшафтная сфера разбивается на ряд элементов, обладающих некоторыми внутренними свойствами и параметрами состояния. Если оценивать состояние каждого из выделенных компонентов ландшафтной сферы плотностью внутренней энергии (имеется в виду количество энергии в единице объема, в единице массы, единице площади или длины), то параметром его состояния будет потенциал в самом широком смысле этого термина.

Поскольку во всей ландшафтной сфере и в каждом из ее элементов существуют и взаимодействуют как минимум несколько видов энергии (гравитационная, тепловая, электрическая, механическая, химическая, биологическая и т.д.), то количество потенциалов, описывающих состояние каждого элемента и сферы в целом, должно соответствовать количеству видов энергии, которое мы в состоянии рассмотреть. Выделенные элементы рассматриваемой ландшафтной арены взаимодействуют между собой и с «внешней средой», т.е. со всем тем, что в данную сферу не входит. Внутренние свойства этой ландшафтной арены определяются ее объемом (или площадью, или протяженностью), плотностью (количеством вещества, приходящимся на единицу объема, площади или длины), удельной энергоемкостью. Границы между элементами рассматриваемой ландшафтной арены, а также и с «внешней средой», характеризуются площадью (или протяженностью), энергопроводностью (количеством энергии, протекающей через границы единичной площади или длины в единицу времени при разности потенциалов в единицу) и коэффициентом проницаемости. При этом следует учитывать, что все виды энер-

гии взаимодействуют между собой как внутри каждого элемента, так и между элементами и с «внешней средой».

В общем случае решение региональных экологических проблем имеет ярко выраженную специфику, обусловленную рядом обстоятельств:

а) природно-климатическими условиями, определяющими значение экологического потенциала на конкретных территориях;

б) рассматриваемые территории очень часто являются местом обитания (экологической нишей) малых народностей, ведущих образ жизни, прямо связанный с ресурсным (охотничье-промысловым) потенциалом и экологической емкостью этих территорий;

в) любая рассматриваемая территория является одновременно средоточием определенных (ограниченных) объемов природных ресурсов (территориальных, воздушных, водных, минеральных, лесных и т.д.), вовлекаемых в последние 10–12 лет во все возрастающую по масштабам эксплуатацию;

г) одновременное существование громадных ресурсов (ресурсный потенциал), остающихся в течение ближайших десятилетий основным источником доходов местных бюджетов, и непрерывно уменьшающегося экологического потенциала создают конфликтную ситуацию, при неуправляемом развитии которой весьма вероятен подрыв экологического равновесия.

В результате возможно возникновение в локальном и региональном масштабах экологических катастроф, приводящих к безвозвратным потерям отдельных видов природных ресурсов и угрозам здоровью, прежде всего местного населения.

### **Заключение**

Исходя из этого, жизненной необходимостью становится разработка

методологических (теоретических) основ рационального природопользования на региональном (национальном, республиканском т.д.) уровне, базирующихся на оценке прежде всего количественных возможностей среды (ландшафтной сферы) выдерживать уже существующие и проектируемые техногенные (антропогенные) нагрузки, т.е. экологического потенциала среды.

Преобладающий на сегодняшний день природоохранный метод разрешения экологических проблем в принципе не способен найти выход из подобных ситуаций, так как рассчитан по своей сути на подавление отрицательных последствий, а не на выявление и устранение причин экологических противоречий.

Используемые ныне многочисленные характеристики для оценки реакции среды на техногенные нагрузки — устойчивость, восприимчивость, способность переносить нагрузки и др., являются, во-первых, не универсальными, а достаточно узкоспециализированными, во-вторых, весьма дискуссионными по смыслу, в-третьих — просто недостаточными для оперативного и корректного прогнозирования развития экологических ситуаций. Известно, что естественные ненарушенные ландшафты (как среда обитания человека) представляют собой в первом приближении систему элементов: водный и воздушный бассейны, земная поверхность, недра, биота, обладающие ярко выраженной индивидуальностью происходящих в них процессов движения вещества и энергии, отделенных друг от друга геохимическими, физическими, механическими барьерами, а, следовательно, обладающей определенной спецификой реакций на техногенные воздействия.

Исходя из вышесказанного, представляется целесообразным рассматри-

вать региональные (территориальные) экологические проблемы как коллизии, происходящие в рамках ландшафтных систем. При таком подходе появляется возможность осуществлять постепенные переходы с одного уровня рассмотрения на другой, начиная с локальных и до региональных, от покомпонентных до ландшафтной системы в целом. Одновременно на информационных моделях различных уровней сложности и обобщения проводится обработка методологии принятия решений и прогнозных построений. Такое постепенное усложнение рассматриваемого объекта дает возможность последовательно наращивать информационный массив и переходить от частных характеристик к общим, например, от потенциалов загрязнения и разрушения к экологическому потенциалу в целом.

Намеченный путь в принципе допускает попытку аналитического описания функционирования ландшафтных систем и их реакции на техногенные вмешательства с применением математического аппарата теории потенциалов. Возможность реализации такого подхода вытекает из одного из главных свойств ландшафтных систем, так называемого бассейнового принципа, согласно которому в пределах ландшафтных арен различной размерности перемещение веществ и энергии происходит закономерно и по определенным направлениям. Соответственно проводится структурирование среды на ячейки — ландшафтные арены разной размерности — в зависимости от поставленных частных целей.

Одно из преимуществ такого подхода то, что границами выделенных элементов являются естественные природные рубежи. В качестве интегрального экологического параметра среды предлагается разработка понятия «экологический потенциал», обобщающего

сопротивляемость среды техногенным нагрузкам и способность ее к релаксации (самовосстановлению) в измеряемой (количественной) форме.

Аналитическое выражение экологического потенциала предполагается получить с использованием математического аппарата теории потенциалов. Обозначенное направление предлагается развивать в определенной последовательности: разработка понятийной базы, затем построение информационных моделей (описательных и графических) отдельных компонен-

тов и ландшафтной системы в целом, построение статических и динамических моделей с выходом на аналитические. В качестве конечного продукта предусматривается разработка методологии принятия управляющих решений на основании данных контроля качества среды на уровне отдельных частей и ландшафтной системы в целом.

Разработка будет осуществляться на фактических материалах по конкретным территориям методом сопоставления экологического и ресурсного потенциалов с техногенными нагрузками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мязин В. П., Наркелюн Л. Ф., Трубачев А. И.* и др. Вещественный состав полезных ископаемых и основные результаты их обогащения // Учебное пособие. Ч.1. — Чита: ЧитГТУ, 1998. — 91 с.
2. *Беляев В. Н.* Проблемы освоения техногенных образований // Изв. Вузов. Горный журнал. — 1998. — №7—8. — С. 202—213.
3. *Рассказов И. Ю., Грехнев Н. И., Александрова Т. Н.* Техногенные месторождения в отвалах горно-обогатительных комбинатов Дальневосточного региона // Тихоокеанская геология. — 2014. — Т. 33 — С. 102—114.
4. *Тальгамер Б. Л.* Перспективы вовлечения в повторную эксплуатацию техногенных дражных полигонов // ГИАБ. — 2009. — № 5. — С. 307—311
5. *Таловская А. В.* Общие понятия о минералогии техногенных образований/ каф. ГЭГХ ИПР ТПУ/ Интернет-ресурс: [http://portal/shared/t/talovskaya/uchebnaya\\_rabota/mineralogiya\\_tehnogen/tab1/lk\\_1%20mto.pdf](http://portal/shared/t/talovskaya/uchebnaya_rabota/mineralogiya_tehnogen/tab1/lk_1%20mto.pdf).
6. *Орехова Н. Н., Шадрунова И. В., Зелинская Е. В., Волкова Н. А.* Ресурсы техногенного минерального сырья Урала и Сибири: основные результаты исследований, перспективы их освоения // Инновационные процессы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья. Сборник материал Плаксинские чтения — 2020. Материалы международной конференции. — 2020. — С. 24—28.
7. *Чантурия В. А., Вайсберг Л. А., Козлов А. П.* Приоритетные направления исследований в области переработки минерального сырья // Обогащение руд. — 2014. — № 2. — С. 3—9.
8. *Чантурия В. А., Козлов А. П.* Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья// Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения-2017) : матер. междунар. науч. конф. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, — 2017. — С. 3—6.
9. *Мельников Н. Н., Бусырев В. М.* Метод оценки эффективности освоения техногенных месторождений // Изв. вузов. Горный журнал. — 2016. — № 7. — С. 20—26.
10. *Рассказов И. Ю., Литвинцев В. С., Мирзеханов Г. С., Банщикова Т. С.* Приоритетные направления освоения техногенных комплексов рудно-россыпных месторождений // Недропользование. XXI век. — 2016. — № 1. — С. 46—55.
11. *Мандра Ю. А.* Техногенные системы и экологический риск: курс лекций: учебное пособие / Ю. А. Мандра, Е. Е. Степаненко, О. А. Поспелова. — Ставрополь: СтГАУ, 2015. — 100 с.


12. Lag-Brotans A. J., Velenturf A. P. M., Crane R., Head I. M., Purnell P., Semple K. T. Resource Recovery From Waste // *Frontiers in Environmental Science*. 2020. Vol. 8. P. 35. DOI: 10.3389/fenvs.2020.00035.

13. Piatak N. M., Parsons M. B., Seal II R. R. Characteristics and environmental aspects of slag: A review // *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 57. P. 236–266.

14. Hurwicz L. The Design of Mechanisms for Resource Allocation // *The American Economic Review*. 1973. Vol. 63. No. 2. P. 1–30.

15. Markulík Š., Cehlár M., Kozel R. Process approach in the mining conditions // *Acta Montanistica Slovaca*. 2018. Vol. 23. No. 1. P. 46–52.

16. Баландин О. А., Резник Ю. Н. Энергитические аспекты оценки состояния геофических и экологических систем // Структурная организация и взаимодействия упорядоченных социоприродных систем: Владивосток: Дальнаука, 1998. — С. 226–231.

17. Фоков, Р. И. Экологическая реконструкция и оздоровление урбанизированной среды / Р. И. Фоков. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2012. — 303 с. 

## REFERENCES

1. Myazin V. P., Narkelyun L. F., Trubachev A. I. i dr. *Veshchestvennyj sostav poleznyh iskopaemyh i osnovnye rezul'taty ih obogashcheniya* [The material composition of minerals and the main results of their enrichment]. Uchebnoe posobie. Ch.1. Chita: ChitGTU, 1998. 91 p. [In Russ]

2. Belyaev V. N. Problems of development of technogenic formations. *Izv. Vuzov. Gornyj zhurnal*. 1998. no. 7–8. pp. 202–213. [In Russ]

3. Rasskazov I. Yu., Grekhnev N. I., Aleksandrova T. N. Technogenic deposits in the dumps of mining and processing plants of the Far Eastern region. *Tihookeanskaya geologiya*. 2014. T. 33 pp. 102–114. [In Russ]

4. Tal'gamer B. L. Prospects of involvement in the re-operation of technogenic drazhny polygons // *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2009. no. 5. pp. 307–311 [In Russ]

5. Talovskaya A. V. *Obshchie ponyatiya o mineralogii tekhnogennyh obrazovanij* [General concepts of mineralogy of te,chnogenic formations] kaf. GEGH IPR TPU/ Internet-resurs: [http://portal/shared/t/talovskaya/uchebnaya\\_rabota/mineralogiya\\_tehnogen/tab1/lk\\_1%20mto.pdf](http://portal/shared/t/talovskaya/uchebnaya_rabota/mineralogiya_tehnogen/tab1/lk_1%20mto.pdf). [In Russ]

6. Orekhova N. N., Shadrinova I. V., Zelinskaya E. V., Volkova N. A. *Resursy tekhnogennogo mineral'nogo syr'ya Urala i Sibiri: osnovnye rezul'taty issledovanij, perspektivy ih osvoeniya* [Resources of technogenic mineral raw materials of the Urals and Siberia: main results of research, prospects for their development]. Innovacionnye processy kompleksnoj pererabotki prirodnogo i tekhnogennogo mineral'nogo syr'ya. Sbornik material Plaksinskie chteniya 2020. Materialy mezhdunarodnoj konferencii. 2020. pp. 24–28. [In Russ]

7. Chanturiya V. A., Vajsberg L. A., Kozlov A. P. Priority directions of research in the field of processing of mineral raw materials. *Obogashchenie rud*. 2014. no. 2. pp. 3–9. [In Russ]

8. Chanturiya V. A., Kozlov A. P. *Sovremennye problemy kompleksnoj pererabotki trudnoobogatimyh rud i tekhnogennogo syr'ya* [Modern problems of complex processing of hard-to-enrich ores and technogenic raw materials]. *Sovremennye problemy kompleksnoj pererabotki trudnoobogatimyh rud i tekhnogennogo syr'ya (Plaksinskie chteniya-2017)* : mater. mezhdunar. nauch. konf. Krasnoyarsk: Sibirskij federal'nyj un-t, 2017. pp. 3–6. [In Russ]

9. Mel'nikov N. N., Busyrev V. M. Method for evaluating the efficiency of development of technogenic deposits. *Izv. vuzov. Gornyj zhurnal*. 2016. no. 7. pp. 20–26. [In Russ]



10. Rasskazov I. Yu., Litvincev V. S., Mirzekhanov G. S., Banshchikova T. S. Priority directions of development of technogenic complexes of ore-placer deposits. *Nedropol'zovanie*. НКХИ век. 2016. no. 1. pp. 46–55. [In Russ]
11. Mandra Yu. A., Stepanenko E. E., Pospelova O. A. *Tekhnogennye sistemy i ekologicheskij risk* [Technogenic systems and environmental risk: a course of lectures]: kurs lekcij: uchebnoe posobie. Stavropol': StGAU, 2015. 100 p. [In Russ]
12. Lag-Brotans A. J., Velenturf A. P. M., Crane R., Head I. M., Purnell P., Semple K. T. Resource Recovery From Waste. *Frontiers in Environmental Science*. 2020. Vol. 8. P. 35. DOI: 10.3389/fenvs.2020.00035.
13. Piatak N. M., Parsons M. B., Seal II R. R. Characteristics and environmental aspects of slag: A review. *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 57. pp. 236–266.
14. Hurwicz L. The Design of Mechanisms for Resource Allocation. *The American Economic Review*. 1973. Vol. 63. no. 2. pp. 1–30.
15. Markulik Š., Cehlár M., Kozel R. Process approach in the mining conditions. *Acta Montanistica Slovaca*. 2018. Vol. 23. no. 1. pp. 46–52.
16. Balandin O. A., Reznik Yu. N. *Energitecheskie aspekty ocenki sostoyaniya geoficheskij i ekologicheskij sistem. Strukturnaya organizaciya i vzaimodejstviya uporyadochnyh socioprirodnih sistem* [Energy aspects of assessing the state of geophysical and ecological systems. Structural organization and interaction of decent socio-natural systems]: Vladivostok: Dal'nauka, 1998. pp. 226–231. [In Russ]
17. Fokov, R. I. *Ekologicheskaya rekonstrukciya i ozdorovlenie urbanizirovannoj sredy* [Ecological reconstruction and improvement of the urbanized environment]. Moscow: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov (ASV), 2012. 303 p. [In Russ]

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Петухова Ирина Ивановна*<sup>1</sup> — канд. техн. наук, заведующая кафедрой ОПИ и ВС, irinapetuhova050670@mail.ru;

*Баландин Олег Агафангелович*<sup>2</sup> — докт. техн. наук, проф. кафедры прикладной механики и математики, ond@zab.megalink.ru;

<sup>1</sup> Забайкальский государственный университет, Чита, Россия;

<sup>2</sup> Забайкальский институт железнодорожного транспорта — филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Чита, Россия.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Petukhova I. I.*<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Head of the Department of OPI and VS;

*Balandin O. A.*<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Eng.), professor Department of Applied Mechanics and Mathematics;

<sup>1</sup> Transbaikal State University, Chita, Russia;

<sup>2</sup> Transbaikal Institute of Railway Transport — a branch of the Irkutsk State University of Railways, Chita, Russia.

Получена редакцией 20.11.2020; получена после рецензии 13.01.2021; принята к печати 10.02.2021.

Received by the editors 20.11.2020; received after the review 13.01.2021; accepted for printing 10.02.2021.

