

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Оригинальная статья

УДК 622.882

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-6-12



СОХРАНЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ НАРУШЕННЫХ ЗОЛОТОДОБЫЧЕЙ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННОГО ПОДХОДА

Филатова Мария Юрьевна¹, канд. техн. наук, старший научный сотрудник
ORCID0000-0002-2212-9783; Scopus: 56490371700; РИНЦ ID: 1060948; WOS Research ID: filatovamariya@mail.ru

Крупская Людмила Тимофеевна^{1✉}, д-р биол. наук, профессор, заслуженный эколог РФ
главный научный сотрудник, ORCID0000-0002-4479-4047; Scopus: 48761528600; РИНЦ ID: 67109; WOS Research ID: E-8087-2014; ecologiya2010@yandex.ru

Леоненко Анна Валерьевна², младший научный сотрудник
ORCID: 0000-0002-0499-7675; Scopus: 55683328800; РИНЦ ID: 177237; WOS Research ID: ABH-2309-2021; 334212@mail.ru

Кочарян Юлия Гамлетовна³, канд. филол. наук, доцент
ORCID: 0000-0001-5960-2434; Scopus: РИНЦ ID: 1011258; WOS Research ID: HLW-3396-2023; juliakocharyan@mail.ru

¹ Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства («ДальНИИЛХ»), г. Хабаровск, Россия

² Институт горного дела ДВО РАН (Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН) (ИГД ДВО ХФИЦ ДВО РАН), г. Хабаровск, Россия

³ Сочинский государственный университет (СГУ), г. Сочи, Россия

Аннотация. Обобщен многолетний опыт исследований по разработке природоподобных технологий на токсичных техногенных образованиях россыпной золотодобычи с использованием комплексной оценки состояния объектов окружающей среды и инновационного подхода. Большое количество отходов переработки золотороссыпных месторождений, размещенных на продуктивных участках, изъятых из фонда лесных земель, оказывает отрицательное воздействие на компоненты экосферы. В связи с этим цель исследований заключалась в создании природоподобной технологии, позволяющей сохранить и восстановить продуктивность нарушенных золотодобычей земель для обеспечения их экологической безопасности. Объектом исследований явилась техногенная система в границах влияния переставшего существовать горного предприятия «Кербинский прииск» района им. П. Осипенко (п. Бриакан) Хабаровского края. В исследованиях использованы общепринятые методы, а также дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), ГИС-технологии и математический аппарат. ДЗЗ позволило выявить нарушенные территории на различных геоподложках, на мультиспектральных комбинированных снимках и индексном изображении NDVI. С использованием программы QGIS проведен анализ динамики трансформации нарушенных земель и рассчитана их площадь. Установлено, что токсичные отходы обогащения золотороссыпных месторождений второго класса опасности являются источником загрязнения среды обитания. Загрязняющие вещества, мигрируя от отходов переработки в компоненты биосферы, приводят к их масштабному техногенному загрязнению. Так, верхний горизонт техногенных почв аккумулирует максимальное количество токсичных элементов, мг/кг: Си – 454; Zn – 1241; Pb – 934. Это значительно выше фоновых показателей в 3-9 и более раз. Выполненные расчеты значения вегетационного индекса NDVI показали, что район исследования можно отнести к сильно токсичному, относящемуся к I категории экологических рисков. Величина NDVI на техногенной территории составила от 0,034 до 0,063, что свидетельствует о слабой степени восстановления лесной растительности. На основе анализа полученных результатов предложены новые технологические решения, подтвержденные патентами РФ.

Ключевые слова: нарушенные земли, сохранение и восстановление, золотодобыча, продуктивность, инновационный подход

Формат цитирования: Филатова М.Ю., Крупская Л.Т., Леоненко А.В., Кочарян Ю.Г. Сохранение и восстановление продуктивности нарушенных золотодобывчей земель с использованием инновационного подхода // Природообустройство. 2023. № 1. С. 6-12. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-6-12.

© Филатова М.Ю., Крупская Л.Т., Леоненко А.В., Кочарян Ю.Г., 2023

Original article

PRESERVATION AND RESTORATION OF PRODUCTIVITY OF DISTURBED GOLD MINING LANDS USING AN INNOVATIVE APPROACH

Filatova Maria Yurievna¹, candidate of technical sciences, senior researcher

ORCID0000-0002-2212-9783; Scopus: 56490371700; РИНЦ ID: 1060948; WOS Research ID: filatovamariya@mail.ru

Krupskaya Lyudmila Timofeevna^{1✉}, doctor of biological sciences, professor, «Honoured ecologist of RF»

ORCID0000-0002-4479-4047; Scopus: 48761528600; РИНЦ ID: 67109; WOS Research ID: E-8087-2014; ecologiya2010@yandex.ru

Leonenko Anna Valerievna², junior researcher

ORCID: 0000-0002-0499-7675; Scopus: 55683328800; РИНЦ ID: 177237; WOS Research ID: ABH-2309-2021; 334212@mail.ru

Kocharyan Julia Hamletovna³, candidate of philological sciences, associate professor

ORCID: 0000-0001-5960-2434; Scopus: РИНЦ ID: 1011258; WOS Research ID: HLW-3396-2023; juliakocharyan@mail.ru

¹ Far-Eastern Research Institute of Forestry ("DalNILH"), Khabarovsk, Russia

² Institute of Mining, DVO RAS (Khabarovsk Federal Research Center DVO RAS) (IGD DVO HFITS DVO RAS), Khabarovsk, Russia

³ Sochi State University (SSU), Sochi, Russia

Annotation. The article summarizes the long-term experience of research conducted on the development of nature-like technologies on toxic technogenic formations of placer gold mining using a comprehensive assessment of the state of environmental objects and an innovative approach. A large amount of waste from the processing of gold deposits located in productive areas withdrawn from the forest lands fund has a negative impact on the components of the ecosystem. In this regard, the purpose of the study was to create a nature-like technology that allows preserving and restoring the productivity of disturbed gold mining lands to ensure their environmental safety. The object of the study was a technogenic system within the boundaries of the influence of the ceased to exist mining enterprise "Kerbinsky mine" of the P. Osipenko district (P. Briakan) of the Khabarovsk Territory. The research uses generally accepted methods, as well as remote sensing of the Earth (remote sensing), GIS technologies and mathematical apparatus. Remote sensing made it possible to identify disturbed territories on various geo-substrates, on multispectral combined images and NDVI index image. Using the QGIS program, an analysis of the dynamics of the transformation of disturbed lands was carried out and their area was calculated. It has been established that toxic waste from the enrichment of gold deposits of the second hazard class is a source of pollution of the habitat. Pollutants, migrating from the waste of processing into the components of the biosphere, lead to their large-scale technogenic pollution. Thus, the upper horizon of technogenic soils accumulates the maximum amount of toxic elements (mg/kg): Cu – 454, Zn – 1241, Pb – 934, which is significantly higher than the background values from 3 to 9 or more times. The calculations of the value of the vegetation index NDVI showed that the study area can be classified as highly toxic, belonging to the I category of environmental risks. The NDVI value in the technogenic territory ranged from 0.034 to 0.063, which indicates a weak degree of restoration of forest vegetation. Based on the analysis of the results obtained, new technological solutions are proposed, confirmed by Patents of the Russian Federation.

Keywords: disturbed lands, conservation and restoration, gold mining, productivity, innovation approach

Format of citation: Filatova M.Yu., Krupskaya L.T., Leonenko A.V., Kocharyan Yu.G. Preservation and restoration of productivity of disturbed gold mining lands using an innovative approach // Prirodobustrojstvo. 2023. № 1. P. 6-12 DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-6-12.

Введение. В настоящее время одним из основных регионов по добыче россыпного золота в России является Хабаровский край. На его территории в государственном балансе учтено 325 россыпных месторождений [1].

Большинство золотодобывающих предприятий, оказывающих негативное воздействие на состояние компонентов окружающей среды, расположено в бассейне биосферного значения р. Амур.

В процессе россыпной золотодобычи происходит масштабное загрязнение атмосферы, водных объектов, почв, растительности и биоты в целом, о чем свидетельствует опыт отечественных и зарубежных исследователей. Так, в статье К. Weissenstein и др. [2] рассмотрены последствия влияния добычи золота и меди, которые имеют ведущее значение в промышленности южноафриканских стран. При оценке загрязнения объектов окружающей среды отходами производства этих предприятий было учтено воздействие токсикантов и радиоактивного излучения не только на воздушный бассейн, но и на всю биосферу в целом.

Изучено загрязнение почв, лишенных растительности, в границах влияния шлюхообогатительных установок, на техногенном участке в бассейне р. Витватерсранд (Южная Африка). В результате исследований были выделены различные зоны загрязнения вокруг источников, которые в дальнейшем могут быть использованы для составления карт и отслеживания траекторий техногенного загрязнения почвы до их первоначальных источников.

В статье J. Wates и др. [3] описывается основной метод утилизации отходов в золотодобывающей промышленности на юге Африки, которым является гидравлическая переработка отходов с использованием водяных пистолетов высокого давления. Также применяется механическая переработка отходов с помощью грузовиков и экскаваторов или специальных реclaimerов.

Влияние отходов золотороссыпных месторождений оценивалось авторами Veronica Mrode Ngole-Jeme и др. [4], утверждающими, что полигоны золотодобычи представляют серьезную опасность для окружающей среды и здоровья человека, связанную с негативным воздействием соединений тяжелых металлов и металлоидов. Результаты этого исследования показывают, что риск для здоровья человека, оценивающийся с использованием коэффициента опасности (HQ), индекса хронической опасности (СНІ) и уровня канцерогенного риска, представляют: As (53,7); Cr (14,8); Ni (2,2); Zn (2,64); Mn (1,67). Особому риску подвергаются дети.

По данным дистанционного зондирования земной поверхности вдоль русла р. Амур Е.Г. Егидаревым с соавт. [5] проведено картографирование и дана оценка состояния водотоков. Авторы считают, что воздействие добычи россыпного золота на локальные участки речных долин заключается в полном разрушении биотической составляющей биоценозов и геоморфологической трансформации каналов, русел и склонов долин. Воздействие на участки

речной сети зависит от многих факторов, и его негативное влияние увеличивается в нижнем течении реки.

В работе В.М. Катола [6] рассмотрен процесс разрушения пойменно-русловых комплексов, лесов и других компонентов экосистемы при золотодобыче россыпного золота в северных районах Амурской области и указаны негативные факторы, влияющие на состояние здоровья населения горняцкого поселка.

Авторы Л.М. Павлова и др. [7] в своей статье приводят аналитические материалы исследований микрофлоры техногенных грунтов россыпной золотодобычи и ризосферных субстратов, а также пионерных растений. Выявлены такие характерные черты, как низкая численность микроорганизмов (103...105 КОЕ/г) и количественное преобладание утилизирующих минеральный азот бактерий. Установлено селективное воздействие корневых выделений растений на количественные и качественные характеристики микробных комплексов прикорневой зоны пионерных растений.

Проведенный анализ и обобщение отечественного и зарубежного опыта свидетельствуют о том, что в условиях ликвидированных золотодобывающих предприятий Дальневосточного федерального округа России (ДФО) названная проблема недостаточно изучена. В связи с этим цель исследований заключалась в создании природоподобной технологии, позволяющей сохранить и восстановить продуктивность нарушенных золотодобычей земель для обеспечения их экологической безопасности.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований являлась техногенная система в границах влияния прекратившего свое существование горного предприятия «Кербинский прииск» района им. П. Осипенко (п. Бриакан) Хабаровского края Дальневосточного федерального округа (ДФО). Методологической основой исследований является учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере [8]. В процессе проведения исследований использованы различные методы: теоретических и экспериментальных исследований, полученных с помощью современных инструментальных и традиционных физико-химических, биологических и химических методов, рассчитанных показателей и коэффициентов (Кс, Zс, КБН), а также научного прогнозирования, статистической обработки данных, математической статистики, метод картографического моделирования. Изучение процессов почвообразования в техногенных ландшафтах осуществлялось общепринятыми методами [9-13].

Фоновый участок был выбран на расстоянии более 20 км от ШОУ с учетом «розы ветров».

Результаты и их обсуждение. Применение космических снимков Landsat 8 с ресурса Glovis и их дешифрирование в программе QGIS3.18 с разными спектральными диапазонами (755, 652, 765, 543, 452) (рис. 1) показало, что площадь нарушенных территорий в границах техногенной системы возросла за 10 лет более чем в два раза: с 494,4 га в 2011 г. до 1116,8 га в 2021 г. [14].

Выявлено, что кроме высокой степени механической нарушенности, почвы района исследований характеризуются катастрофической степенью техногенного загрязнения токсикантами. Изучение миграции из техногенных геохимических потоков веществ загрязнителей позволило выявить закономерности распространения соединений токсичных тяжелых металлов в техногенных почвах. Верхний горизонт техногенных почв аккумулирует максимальное количество токсичных элементов, мг/кг: Cu – 454; Zn – 1241; Pb – 934. Это значительно выше фоновых показателей в 3-9 и более раз. Выявлено снижение величины загрязняющих веществ с удалением от источника загрязнения на 8...22 км.

Исследование содержания органического вещества в техногенных почвах показало, что оно является невысоким: от 0,58 до 4%. При увеличении содержания органического вещества подвижность токсикантов (Pb, Cu, Zn) снижается, и возрастает валовая форма металлов.

Проведенный расчет суммарных показателей загрязнения (Zс) и коэффициентов концентрации (Kс) подвижных форм токсикантов в почвогрунтах техногенной и селитебной зон свидетельствует о том, что их максимальные значения выявлены вблизи источника загрязнения (Kс – от 7,01 до 7,54; Zс – от 11,31 до 11,72), а с удалением от техногенного объекта на расстояние более 20 км они снижаются. Для селитебной зоны, вблизи ШОУ, Kс составляет от 7,94 до 7,97; Zс – от 12,55 до 12,98.

Использование аппарата математической статистики и регрессионного анализа позволило сделать прогноз содержания соединений ртути в почвах исследуемого района в восточном (рис. 2) и южном направлениях (расстояние – 100 м). Прогноз

этот свидетельствует о том, что будет происходить постоянное увеличение их загрязнения, описываемое соответственно логарифмической зависимостью (формула 1) и полиномом третьей степени (формула 2) с коэффициентом детерминации $R^2_{\text{в}} = 0,8584$ и $R^2_{\text{ю}} = 0,9972$ соответственно:

$$y_{\text{в}} = 0,6113\ln(x) + 1,9267; \quad (1)$$

$$y_{\text{ю}} = 0,085x^3 - 0,8757x^2 + 2,8293x - 0,084, \quad (2)$$

где x – год поступления загрязняющего вещества в почву.

Установлено глубокое биологическое разрушение почв как компонента биогеоценоза, что подтверждает угнетенное состояние бактериального комплекса в районе исследований.

Высокая токсичность отходов привела к формированию геохимических потоков из веществ загрязнителей, оказывающих негативное влияние не только на почвы, но и на растительность и человека. Выявлены площади техногенно загрязненных участков поврежденного (угнетенного) леса, расположенного вблизи шлюхообогатительной установки, суммарная площадь которых в настоящее время составляет более 200 км². За 30 лет произошло их увеличение в 3-9 и более раз.

Расчет нормализованного вегетационного индекса (NDVI) позволил ранжировать исследуемую территорию по уровню сохранившегося здорового растительного покрова. Величина

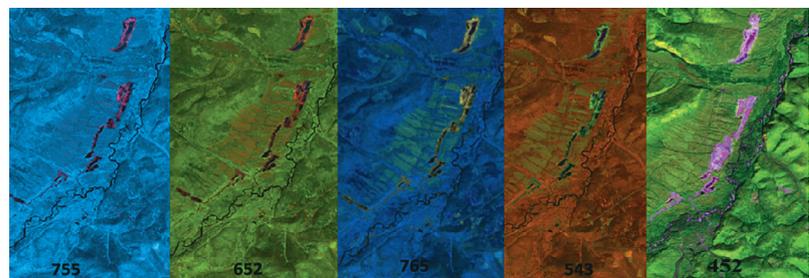


Рис. 1. Снимок спутника Landsat 8 исследуемого участка
Fig. 1. Image of the Landsat 8 satellite of the study area

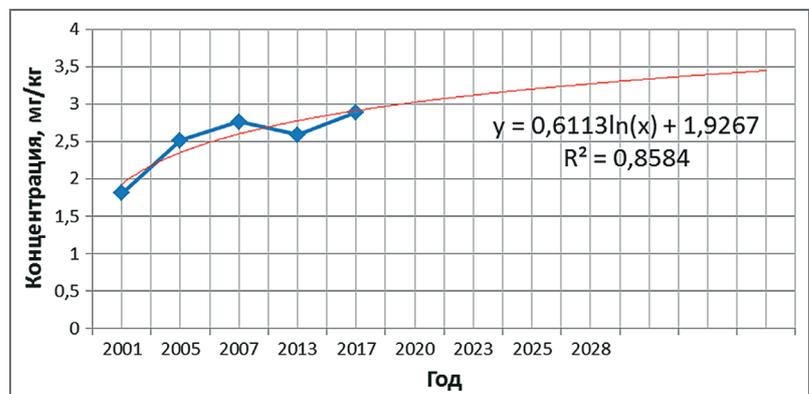


Рис. 2. Прогноз концентрации соединений ртути в почвах
Fig. 2. Projection of concentrations of mercury compounds in soils

NDVI составила от 0,034 до 0,063 и охарактеризовала техногенно нарушенные территории как сильно токсичные, относящиеся к I категории экологических рисков. На исследуемой поверхности только фрагментарно встречаются однолетние травянистые растения (6...12%).

Выявлены значительные концентрации соединений Hg, Cu, As, Zn и других токсичных загрязняющих веществ в растительности. Их максимальная величина обнаружена в таковых на расстоянии от 0,1...0,3 до 7 км и выше фона и ПДК – от 1,3 до 9 раз.

Результаты проведенных исследований позволили установить взаимосвязь между уровнем техногенного воздействия на почвы и свойствами растительных сообществ. Коэффициент биологического поглощения (КБП) для растений, как установлено нашими исследованиями, находится в прямой зависимости от наличия подвижных форм загрязнителей в почвенном растворе. Так, КБП_{zn} для валовой формы соединений цинка составляет от 0,21 до 1,95, в то время как для его подвижной формы коэффициент равен от 1,79 до 14,61.

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что соединения тяжелых металлов мигрируют от отходов в техногенные почвы, сельхозпродукцию и являются угрозой здоровью населения горняцких поселков. Определение концентрации загрязняющих веществ в сельскохозяйственной продукции, произрастающей на техногенно загрязненных почвах, показало, что превышение ПДК для свежих овощей и картофеля в ней составило от 1,2 до 2,4 раза, максимальное значение (в 10 раз) характерно для соединений мышьяка. Выявлен большой аккумулярующий эффект загрязняющих веществ ботвой картофеля и перца по сравнению с плодами и клубнями.

Таким образом, проведенные исследования показали, что субстрат является непригодным для роста и развития растений. Необходимо проведение реабилитационных работ, которые должны быть

направлены на создание новой почвоподобной технологии и формирование благоприятного корнеобитаемого слоя. В связи с этим были поставлены эксперименты в оранжерее в производственных условиях (на поверхности дражных полигонов) по разработке почвоподобной технологии [15] с применением биоремедиации (макрофитов, фототрофных бактерий, травянистых растений и др.). Поставленная задача в производственных условиях включала в себя обработку поверхности дражного полигона биоактиватором (биогумусом и биоуглем) при посеве бобово-злаковой травосмеси и посадке саженцев древесно-кустарниковой растительности. Было проведено оконтуривание исследуемой площади по периметру с водопроницаемыми бортиками и дренажными канавками, а также создана лесозащитная полоса вокруг техногенного объекта (рекультивируемой площади) (рис. 3).

Суть технологического решения заключалась в следующем: в токсичный субстрат был внесен предлагаемый состав, %: биоуголь – 30; цеолиты – 5; биогумус – 5; отходы переработки россыпной золотодобычи – 60. Произведено его перемешивание и осуществлен посев семян бобово-злаковой смеси, высажены сеянцы и саженцы деревьев и кустарников. В качестве контроля использованы токсичные отходы обогащения. Предлагаемый метод способствует улучшению водно-физических свойств рекультивированного субстрата. Здесь формируется мощный органо-генный горизонт, значение которого заключается в предотвращении эрозионных процессов



Рис. 3. Результаты рекультивации техногенно загрязненных участков разного возраста с использованием биоактиватора
Fig. 3. Results of reclamation of technogenically contaminated sites of different ages using a bioactivator

на рекультивируемой техногенной поверхности. На основе проведенных исследований предложены новые технологические решения, подтвержденные патентами РФ [16-18].

Выводы

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) позволило выявить нарушенные территории на различных геоподложках (ESRY, Google, Yandex) на мультиспектральных комбинированных снимках и индексом изображения NDVI. С использованием программы QGIS проведен анализ динамики трансформации нарушенных земель и рассчитана их площадь.

Соединения тяжелых металлов в почвогрунтах аккумулируются в поверхностном слое (на глубине 0...10 см). В почвах, отобранных на селитебной территории горняцкого п. Бриакан, обнаружено накопление соединений Pb, Cu, Zn, As, Hg, особенно в южном направлении, что связано с их миграцией.

Установлено, что в образцах техногенно загрязненного участка почва пребывает в состоянии глубокого биологического разрушения.

Список использованных источников

1. **Абрамов А.Л., Вишняк Г.В., Матвиенко Н.Н.** Хабаровский край: социально-экономическое положение и добыча россыпного золота. [Электронный ресурс]. URL: <http://assoc.khv.gov.ru/news/4802>. (Статья написана при поддержке Всемирного фонда дикой природы по проекту WWF № RU009604-18-20/6/15140.)
2. Weissenstein K, Sinkala T. Soil pollution with heavy metals of gold- and copper mining industries in southern Africa // *Аридные экосистемы*. 2011. Т. 17, № 1 (46). С. 47-54.
3. **Wates J., Götz A.** Practical Considerations in the Hydro Re-Mining of Gold Tailings // *Gold Ore Processing (Second Edition). Project Development and Operations*. 2016. Pp. 729-738. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00040-2>.
4. Veronica Mpode Ngole-Jeme, Peter Fantke. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil // *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12 (2): e0172517.
5. **Егидарев Е.Г., Симонов Е.А.** Оценка экологического воздействия добычи россыпного золота в бассейне реки Амур // *Водные ресурсы*. 2014. № 42 (7). С. 897-908. DOI: 10.1134/S0097807815070039.
6. **Катола В.М.** Добыча россыпного золота: проблемы экологии и здоровья золотодобытчиков // *Вестник Кольского научного центра РАН*. 2019. № 3 (11). С. 33-37. DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2019.11.3.33-37.
7. **Павлова Л.М., Шумилова Л.П.** Микробно-растительные сообщества в техногенных грунтах россыпной золотодобычи // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021. Vol. 12-3 (63). Pp. 7-13. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-12-3-7-13.
8. **Вернадский В.И.** Биосфера. М.: Мысль, 1967. 287 с.
9. **Колесников Б.П., Моторина Л.В.** Методы изучения техногенных биогеоценозов в техногенных ландшафтах. М.: Наука, 1963. 150 с.

Выполненные расчеты значения вегетационного индекса NDVI показали, что район исследований можно отнести к сильно токсичному, к I категории экологических рисков.

Наблюдаемое слабое восстановление лесной растительности на техногенно загрязненных участках показало необходимость проведения на них рекультивационных мероприятий с применением новой, экологически безопасной природоподобной технологии.

Разработана высокоэффективная технология лесной рекультивации техногенно загрязненных участков с применением потенциала биологических систем (биоремедиации), способствующего воссозданию защитных функций лесных участков, в том числе почвенно-экологических.

Происходит значительное ускорение формирования замкнутого фитоценоза с составом насаждений, близкого к естественным древостоям, и эффективное развитие всех компонентов нарушенных ранее экосистем. Разработанное технологическое решение подтверждено патентом РФ [18].

References

1. **Abramov A.L., Vishnyak G.V., Matvienko N.N.** Khabarovskij kraj: sotsialno-ekonomicheskoe polozhenie i dobycha rossypnogo zolota [Elektronnyj resurs]: Statya napisana pri podderzhke Vsemirnogo Fonda dikoj prirody po proektu WWF № RU009604-18-20/6/15140. <http://assoc.khv.gov.ru/news/4802>.
2. K. Weissenstein, T. Sinkala. Soil pollution with heavy metals of gold- and copper mining industries in southern Africa // *Аридные экосистемы*. 2011. Том 17, № 1(46). С. 47-54.
3. J. Wates, A. Götz. Practical Considerations in the Hydro Re-Mining of Gold Tailings // *Gold Ore Processing (Second Edition). Project Development and Operations*. 2016. Pp. 729-738. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00040-2>.
4. Veronica Mpode Ngole-Jeme, Peter Fantke. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil // *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12(2): e0172517.
5. **Egidarev E.G., Simonov E.A.** Otsenka ekologicheskogo vozdejstviya dobychi rossypnogo zolota v bassejne reki Amur // *Vodnye resursy*. 2014. № 42(7). С. 897-908. DOI: 10.1134/S0097807815070039
6. **Katola V.M.** Dobycha rossypnogo zolota: problemy ekologii i zdorov'ya zolotodobytchikov // *Vestnik Kolskogo nauchnogo tsentra RAN*. – 2019. № 3(11). S. 33-37. DOI: 10.25702/KSC.2307-5228.2019.11.3.33-37
7. **Pavlova L.M., Shumilova L.P.** Mikrobno-rastitelnye soobshchestva v tehnogennyh gruntah rossypnoj zolotodobychi // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021. Vol. 12-3(63). – Pp. 7-13. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-12-3-7-13
8. **Vernadskij V.I.** Biosfera. M.: Mysl, 1967. 287.s.
9. **Kolesnikov B.P., Motorina L.V.** Metody izucheniya tehnogennyh biogeotsenozov v tehnogennyh landshaftah. M.: Nauka, 1963. 150 s.

10. ГОСТ 17.4.3.01. –83 (СТ СЭВ 3847-82). Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. 4 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012800>.

11. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой и водной вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. 4 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023490>.

12. ГОСТ 27262-87. Корма растительно-го происхождения. Методы отбора проб. 9 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024371>.

13. **Черных Н.А., Сидоренко С.Н.** Экологический мониторинг в биосфере. М.: Изд-во РУНД, 2003. 430 с.

14. **Крупская Л.Т., Леоненко А.В., Зверева В.П. и др.** Комплексная экологическая оценка влияния россыпной золотодобычи на состояние окружающей среды с использованием инновационного подхода: монография / Науч. ред. В.Т. Тагирова. Хабаровск: Изд-во ФГБОУ ВО ДВГМУ Минздрава России, 2022. 196 с.

15. **Яковлев А.С., Решетина Т.В., Сизов А.П. и др.** Управление качеством городских почв: методическое пособие / Под общ. ред. С.А. Шобы, А.С. Яковлева. М.: МАКС Пресс, 2010. 96 с.

16. Способ рекультивации поверхности хвостохранилища, содержащего токсичные отходы, с использованием фототрофных бактерий: Пат. RU 2569582 C1 РФ / Крупская Л.Т., Кириенко О.А., Майорова Л.П., Голубев Д.А., Онищенко М.С.: заяв. 12.08.2014.; опубл. 27.11.2015. Бюл. № 33.

17. Состав для снижения пылевой нагрузки на экосферу и рекультивации поверхности хвостохранилища: Пат. RU 2707030 C1 / Крупская Л.Т., Ищенко Е.А., Голубев Д.А., Колобанов К.А., Растанина Н.К.: заяв. 13.05.2019; опубл. 21.11.2019. Бюл. № 33.

18. Состав для рекультивации поверхности хвостохранилища, содержащих токсичные отходы переработки минерального сырья: Пат. RU 2783893 C1 / Крупская Л.Т., Леоненко Н.А., Леоненко А.В., Колобанов К.А., Филатова М.Ю. Патентообладатель ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет» (RU), ФБУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (RU): заяв. 2021129031, 04.10.2021; опубл. 21.11.2022. Бюл. № 33.

Критерии авторства

Филатова М.Ю., Крупская Л.Т., Леоненко А.В., Кочарян Ю.Г. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.12.2022

Одобрена после рецензирования 11.01.2023

Принята к публикации 15.01.2023

Вклад авторов. Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

10. GOST 17.4.3.01. –83 (ST SEV 3847-82). Ochrana prirody. Pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob. 4 s.

11. GOST 26483-85. Pochvy. Prigotovlenie soleyoj i vodnoj vytyazhki i opredelenie ee pH po metodu TSINAO. 4 s. <https://docs.cntd.ru/document/1200023490>

12. GOST 27262-87. Korma rastitelnogo proiskhozhdeniya. Metody otbora prob. 9 s. <https://docs.cntd.ru/document/1200024371>

13. **Chernyh N.A., Sidorenko S.N.** Ekologicheskij monitoring v biosfere. – M.: Izd-vo RUND, 2003. – 430 s.

14. **Krupskaya L.T.** Kompleksnaya ekologicheskaya otsenka vliyaniya rossypnoj zolotodobychi na sostoyanie okruzhayushchej sredy s ispolzovaniem innovatsionnogo podhoda: monografiya / L.T. Krupskaya, A.V. Leonenko, V.P. Zvereva i dr. [nauch. red. V.T. Tagirova]. Khabarovsk: Izd-vo FGBOU VO DVG MU Minzdrava Rossii, 2022. 196 s.

15. **Yakovlev A.S.** Upravlenie kachestvom gorodskih pochv: metodicheskoe posobie / Yakovlev A.S., Reshetina T.V., Sizov A.P., i dr. / Pod obshch. red. S.A. Shoby i A.S. Yakovleva. M.: MAKS Press, 2010. 96 s.

16. Sposob rekul'tivatsii poverhnosti hvostohranilishha, sodержashchego toksichnye othody, s ispolzovaniem fototrofnih bakterij: pat. RU 2569582 C1 RF / Krupskaya L.T., Kirienko O.A., Majorova L.P., Golubev D.A., Onishchenko M.S. zayav. 12.08.2014. opubl. 27.11.2015. Byul. № 33.

17. Sostav dlya snizheniya pylevoj nagruzki na ekosferu i rekul'tivatsii poverhnosti hvostohranilishcha: pat. RU 2707030 C1 / Krupskaya L.T., Ishchenko E.A., Golubev D.A., Kolobanov K.A., Rastanina N.K. zayav. 13.05.2019. opubl. 21.11.2019. Byul. № 33.

18. Sostav dlya rekul'tivatsii poverhnosti hvostohranilishch, sodержashchih toksichnye othody pererabotki mineralnogo syr'ya. Pat. RU 2783893 C1 / Krupskaya L.T., Leonenko N.A., Leonenko A.V., Kolobanov K.A., Filatova M.Yu. / patentoobladatel FGBOU VO «Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet» (RU), FBU «Dalnevostochnyj nauchno-issledovatel'skij institut lesnogo hozyajstva» (RU), zayavka 2021129031, 04.10.2021, Opublikovano: 21.11.2022. Byul. № 33

Criteria of authorship

Filatova M.Yu., Krupskaya L.T., Leonenko A.V., Kocharyan Yu.G. carried out theoretical and practical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

The article was submitted to the editorial office 12.12.2022

Approved after reviewing 11.01.2023

Accepted for publication 15.01.2023

Contributions of the authors. All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication