

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Сат А.Д.^{1,2}, Кисляков В.Е.¹

¹*Сибирский федеральный университет, Красноярск;*

²*Тувинский государственный университет, Кызыл*

Ключевые слова: россыпь, россыпное золото, техногенные россыпи, золото, разрез, месторождение, Тува.

Аннотация. В данной статье рассматриваются результаты анализа отработанных россыпей золота, расположенных на территории Республики Тыва. Исследование сосредоточено на процессах формирования техногенных россыпей, их химическом составе, размещении в географическом пространстве, а также на преимуществах разработки этих ресурсов в условиях значительного истощения традиционных запасов россыпного золота. Основная цель работы состоит в изучении ресурсного потенциала техногенных россыпей золота, что открывает возможности для их повторного извлечения. Чтобы достичь этой цели, была проведена оценка ресурсного потенциала через метод опытного опробования техногенных откосов с использованием среднеобъемных рядовых проб размерами 0,2-0,3 м³, на основе чего были подсчитаны промышленные запасы золота. Данное исследование опирается на анализ и обобщение архивных данных, полученных в процессе геологических поисков. В результате анализа выявлено, что техногенные отложения на участках Малый и Большой Алгияк, Кара-Хем, Ойна и О-Хем обладают заметным потенциалом для повторной переработки. В данных техногенных россыпях наблюдается преобладание золота средней пробы, что в свою очередь обеспечивает высокий уровень извлекаемости. Кроме того, обращается внимание на мелкие непромышленные техногенные россыпи золота, которые могут быть использованы для развития туристической золотодобычи в Республике Тыва. Таким образом, результаты настоящего исследования вносят значимый вклад в расширение минерально-сырьевой базы Тувы и всей России благодаря вовлечению техногенных отложений в хозяйственный оборот. Выводы исследования подчеркивают важность и необходимость дальнейшего изучения техногенных россыпей в качестве перспективного источника полезных ископаемых, что не только повысит степень эффективности использования ресурсов, но и окажет положительное влияние на экономическое развитие региона, стимулируя создание новых рабочих мест и поддерживая устойчивое развитие местной экономики.

ANALYSIS OF THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MAN-MADE GOLD PLACERS ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF TYVA

Sat A.D.^{1,2}, Kislyakov V.E.¹

¹*Siberian Federal University, Krasnoyarsk;*

²*Tuvan State University, Kyzyl*

Keywords: placer, placer gold, man-made placers, gold, section, deposit, Tuva.

Abstract. This article discusses the results of the analysis of spent gold placers located on the territory of the Republic of Tuva. The research focuses on the processes of formation of man-made placers, their chemical composition, location in geographical space, as well as the advantages of developing these resources in conditions of significant depletion of traditional placer gold reserves. The main purpose of the work is to study the resource potential of man-made gold placers, which opens up opportunities for their re-extraction. To achieve this goal, an assessment of the resource potential was carried out through the method of experimental testing of man-made slopes using medium-volume ordinary samples of 0.2-0.3 m³ in size, on the basis of which industrial gold reserves were calculated. This study is based on the analysis and generalization of archival data obtained during geological prospecting. The analysis revealed that man-made deposits in the Maly and Bolshoy Algiyak, Kara-Khem, Oina and O-Khem sites have a significant potential for recycling. In these man-made placers, there is a predominance of medium-grade gold, which in turn provides a high level of recoverability. In addition, attention is drawn to small non-industrial man-made gold placers that can be used to develop tourist gold mining in the Republic of Tuva. Thus, the results of this study make a significant contribution to the expansion of the mineral resource base of Tuva and the whole of Russia due to the involvement of man-made deposits in economic turnover. The findings of the study emphasize the importance and necessity of further study of man-made placers as a promising source of minerals, which will not only increase the efficiency of resource use, but also have a positive impact on the economic development of the region, stimulating the creation of new jobs and supporting the sustainable development of the local economy.

Введение. Экономические преобразования в России и переход к рыночным отношениям позволили драгоценным металлам, а именно золоту, играть весомую роль в экономике страны. В условиях экономического кризиса золото выступает как надежное средство защиты от обесценивания валют в экстремальных обстоятельствах. Золото является надежным стратегическим резервом финансово-экономической устойчивости страны, равно как и мировая валюта. Именно этот фактор обуславливает необходимость развития и поддержания на уровне ведущих стран золотодобывающей отрасли и ее сырьевой базы.

Республика Тыва является одной из богатейших ресурсных регионов России. Она находится в центре Азии и обладает выгодным географическим положением, так как расположена на границе с Монголией, республиками Хакасия, Алтай, и Бурятия, а также с Красноярским краем и Иркутской областью. В республике наблюдаются сложные климатические и рельефные условия для ведения хозяйственной деятельности. Тува отделена от соседних регионов горными хребтами и расположена в горно-котловинной местности, что обуславливает резко континентальный климат в регионе.

Широкое разнообразие видов полезных ископаемых составляет минерально-сырьевую отрасль Республики Тыва. В ее недрах залегают запасы коксующегося и энергетического угля, черных, цветных, редких и благородных металлов, минерального строительного сырья, пресных и минеральных подземных вод, нерудного сырья [1, с. 55].

Территория Республики Тыва является одним из старейших регионов золотодобычи; с 1838 года здесь преимущественно разрабатывались золотоносные россыпи. Золотоносность, имеющая промышленное значение, была обнаружена на территории площадью свыше 900 км², охватывающей долину реки Сыстыг-Хем и ее притоки. Это открытие свидетельствует о значительном потенциале для золотодобычи в данном районе, который включает в себя различные месторождения, как экзогенные, так и эндогенные. К экзогенным месторождениям, разведанным в регионе, относятся: Большой и Малый Алгияк, Белелиг, Черная, Шет-Хем, Бажи-Хем. Эти месторождения характеризуются наличием золота на поверхности и в верхних слоях осадочных отложений, что делает их менее затратными для проработки. Разведанные запасы позволяют говорить о возможности экономического освоения этих участков [2, с. 90].

В настоящее время в регионе функционируют два предприятия по добыче россыпного золота – артели старателей «Ойна» и «Тыва», запасы промышленного золота у которых рассчитаны лишь на несколько ближайших лет. Добыча ведется карьерным способом, предусматривающим отдельное извлечение золотоносных песков и пустых пород с последующим использованием замкнутой системы водоснабжения. Для перемещения вскрыши и песков в основном применяют бульдозерно-скреперную технику, реже – автомобильный транспорт.

Для обогащения песков применяются простые шлюзовые установки, обеспечивающие разрыхление материала и подачу песков на промывку в форме пульпы, используя водоструйные насосы или гидромониторы. Дальнейшая доводка концентрата, полученного на шлюзах, проводится на шлихообогатительном оборудовании, что позволяет улучшить его качество и увеличить эффективность извлечения золота.

На протяжении 170 лет из недр Республики Тыва было добыто более 50 тонн золота [3, с. 6]. Долгосрочное освоение россыпного золота в этом регионе привело к значительному истощению существующих запасов, и перспективы увеличения этих запасов через открытие новых россыпей ограничены.

Интенсивная разработка золотоносных россыпей привела к формированию крупных отвалов промытых песков в местах добычи. Этот факт обуславливает повышенное внимание к техногенным образованиям – отработанным россыпям, содержащим значительный потенциал для повторного извлечения золота.

Целью работы являлось изучение ресурсного потенциала техногенных образований отработанных россыпей золота на территории Республики Тыва, нацеленное на возможность их повторного освоения.

Материал и методы исследования. Объектами исследования в настоящей работе представлены отвалы перемытых песков на техногенных россыпях Малый Алгияк, Кара-Хем и Проездной. Оценка ресурсного потенциала проведена путем опытного опробования техногенного отвального комплекса среднеобъемными рядовыми пробами объемом 0,2-0,3 м³ в 2023 году. Для достижения поставленной цели также использован метод анализа, сбора источников и данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Техногенная россыпь Малый Алгияк. Россыпное золото на месторождении Малый Алгияк находилось в разработке с 1838 по 1921 годы с применением мускульного труда, после чего, с 1991 по 2018 годы, начался переход к механизированному методу добычи. Добыча осуществлялась с применением технологии открытых карьеров. Участки, выбранные для разработки, определялись на основе предварительных шурфовых исследований, принимая во внимание толщину торфяных слоев и песчаных отложений, уровень содержания золота, а также гидрогеологические условия местности. Общий объем добычи составил 4119 кг золота. В процессе работ образуются два типа отвалов: вскрышные и отвалы для промывки пласта (так называемые эфельные). Техногенный отвальный комплекс содержит гале-эфельные отвалы, которые сформировались в результате обогащения песков целиковой россыпи на промывочных устройствах. Эти отвали являются наиболее сортированными и обладают хорошими промывными характеристиками. Прогнозирование ресурсов техногенных россыпей осуществлялось расчетным методом с учетом допустимых потерь в размере 10% от разведанных запасов, а также на основе данных, полученных в результате опытного опробования гале-эфельных отвалов. Прогнозируемые запасы золота оцениваются в 428 кг при среднем содержании 184 мг на кубический метр [4, с. 130] (рис. 1).



Рис. 1. Отвальный комплекс, образовавшийся в результате разработки россыпного месторождения Малый Алгияк

Техногенная россыпь Кара-Хем. Разработка россыпи в долине реки Кара-Хем начинает свою историю с 1905 года [5, с. 81]. В период до 1918 года действовали три прииска; нижний из них использовал дражный способ добычи с 1912 по 1918 годы, в то время как на других приисках применялся мускульный метод. В сумме, с 1905 по 1994 годы, в разрезе было извлечено примерно 2100 кг золота. В процессе отработки применялись различные технологии, такие как мускульный, гидравлический и раздельный гидромеханический методы. Благодаря специфическим особенностям ландшафта и составу техногенных отложений, отработанное месторождение было разделено на участки, классифицированные по применявшимся ранее методам добычи – дражным, ручным и гидравлическим. В

результате была осуществлена тщательная оценка каждого из участков отдельно. Данная оценка была сформирована на базе информации, содержащейся в отчете под названием "Поисково-оценочные работы на россыпное золото в техногенных отложениях долины реки Кара-Хем". Этот отчет был подготовлен артелью старателей «Тыва» на основе проведенных ими исследовательских работ, выполненных под руководством Горшкова В.С. в период с 1997 по 1999 год. По результатам проведенного анализа было установлено, что прогнозируемые запасы золота в промышленной техногенной россыпи достигают 140,8 кг при среднем содержании 376 мг/м³. Кроме того, прогнозируемые запасы на участках, где осуществлялась дражная и гидравлическая отработка, составляют 65,9 кг, с содержанием золота 59 и 139 мг/м³ соответственно. Результаты ситового анализа техногенной россыпи Кара-Хем свидетельствуют о том, что основная часть золота представлена крупными фракциями, занимающими 78,4% от общего объема. Также отмечено наличие слабоокатанного золота (более 90%), а также комковатой и уплощенной форм. Пробность добываемого золота составляет 860‰, что свидетельствует о его высокой чистоте.

Техногенная россыпь Проездной. Данная россыпь обнаружена в 1932 году. Она расположена в районе ручьев Большой и Малый Проездной. Разведка, в ходе которой были оценены запасы россыпного золота, была проведена в 1944 году. Основным этап золотодобычи пришелся на период с 1956 по 1968 годы, когда эксплуатацию месторождения осуществляло Кызылское разведочно-эксплуатационное предприятие.

Россыпь Малый Проездной характеризуется протяженностью 2,2 км, шириной от 10-15 до 60 метров. Мощность пласта, содержащий драгоценный металл составляет 1 м, а мощность торфов 3-4 м. Содержание золота прогнозировано на 300 мг/м³.

Характеристика россыпи Большого Проездного отличается протяженностью 0,8 км, шириной от 80 до 100 м. Мощность золотоносного пласта составляет от 1 до 4,5 м, мощность торфов от 10 до 99,5 м. Содержание золота: колеблется от 100 до 300 мг/м³ и может достигать 1000 мг/м³. Содержание золота колеблется от 100 до 300 мг/м³ и может достигать 1000 мг/м³.

Золото в россыпи представлено крупными, слабоокатанными самородками. Среди них можно встретить сростки с кварцем, что указывает на сложные геологические процессы, которые способствовали образованию этого месторождения [6, с. 68].

За весь период эксплуатации россыпи Проездной было добыто 372 кг золота. Эта информация подчеркивает значимость месторождения для региона и драгметаллической индустрии в целом. Учёт пробности, содержания и характера золота в дальнейшем может помочь в принятии решений относительно возможных перспективных работ на данной россыпи. Обработанная россыпь Проездной на основе методов работы классифицируется на участки мускульной, гидравлической и гидромеханической отработки. Это деление позволяет более точно оценить состояние и потенциал золотоносных ресурсов.

1. 15% площади занимают отвалы мускульной отработки, возраст которых составляет от 40 до 60 лет. Отвалы характеризуются небольшой высотой, частично заросшие растительностью, что может указывать на их длительное использование и минимальную активность в последние годы.

2. 60% площади занимают отвалы гидравлической отработки возрастом от 25 до 30 лет. Они характеризуются ярко выраженным рельефом, но без растительности, что указывает на их недавнюю активность и эффективность использования. Высота отвалов составляет от 3 до 5 метров.

3. Подземные отвалы по ручью Малый Проездной. Характеристика: невысокие отвалы высотой от 1 до 2 м, что типично для подземной добычи.

4. Современные отвалы гидромеханической отработки (15% площади). Высота от 3 до 7 м. Характеристика: отсутствие растительности и небольшая занимаемая площадь свидетельствуют о недавних работах в этой области.

Объемы прогнозных ресурсов золота, содержащихся в техногенных отложениях, оценены в 11,5 кг, при средней концентрации 87 мг/м³. Данные показатели указывают на

целесообразность продолжения исследований и возможность проведения повторной эксплуатации месторождения.

Техногенная россыпь золота Проездной характеризуется 81% слабоокатанной, комковатой формы крупного и среднего золота. Пробность золота приравнивается 902‰, что указывает на высокое качество продукции, подходящей для переработки.

Прогнозная оценка ресурсов техногенного комплекса отложений (галей-эфельных отвалов) отработанной россыпи Кара-Хем проводилась с применением бульдозерных траншей. Этот метод включает взятие валовых посекционных проб, которые затем промываются на специализированном оборудовании.

Оба объекта – россыпь Проездной и Кара-Хем – демонстрируют значительный потенциал для добычи золота и требуют дальнейших исследований для оптимизации методов очистки и оценки запасов. Систематическое применение современных методов разведки, таких как бульдозерные траншеи, позволяет получать надежные результаты, что способствует более эффективной разработке ресурсных месторождений.

В бассейне реки О-Хем проведено исследование техногенных образований, связанных с отработанными россыпями рек Ойна и О-Хем. В соответствии с закономерностями размещения этих формирований в техногенном рельефе и их морфологическими характеристиками, выделяют два основных типа: первый тип – остаточно-целиковые россыпи, и второй – отвальные образования, включая гале-эфельные, вскрышные отвалы, а также илесто-глинистые отложения в отстойниках.

По результатам буровых поисковых работ, осуществлённых в 2016 году (Петров, 2016), было выявлено наличие промышленной концентрации золота на двух изолированных участках правого берега долины реки О-Хем, а также на четырёх отдельных участках в долине реки Ойна, которые покрыты вскрышными породами [7, с. 92] (рис. 2). Эти россыпи классифицируются как остаточно-целиковые техногенные образования бассейна О-Хем и являются следствием неэффективных работ по разведке ресурсов в предшествующие годы. Основная часть этих россыпей имеет линейную конфигурацию и расположена вдоль ранее отработанных участков.

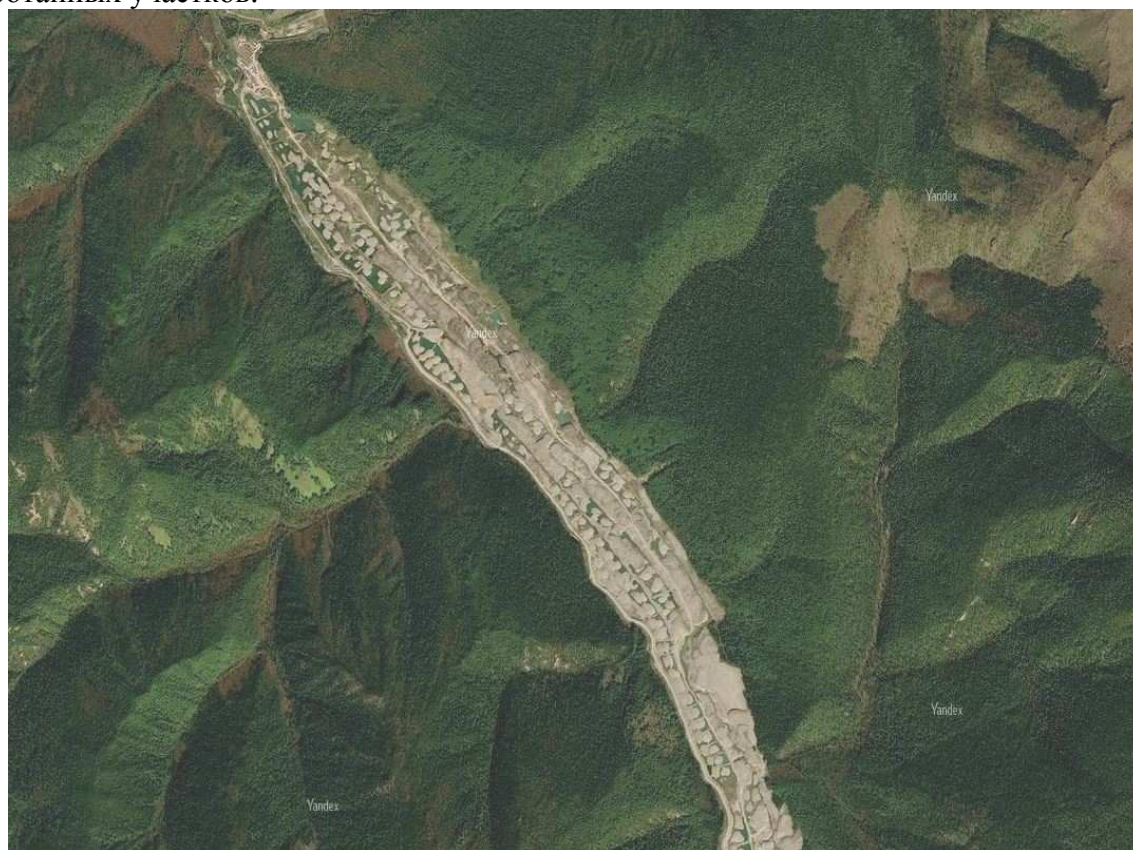


Рис. 2. Техногенный отвальный комплекс отработанной россыпи Ойна

Стоит отметить, что по сравнению с другими техногенными объектами, степень содержания золота в цеках значительно высока и достигает уровня 1015 мг/м³ [8, с. 23]. Эти данные подчеркивают важность дальнейшего изучения и обоснования параметров геотехнологии для комплексного освоения данных техногенных россыпей, что может способствовать эффективной разработке золотых месторождений в регионе. Перспективы данного типа техногенных образований являются многообещающими, и они требуют первоочередной переоценки [9, с. 168].

Результаты прогнозных оценочных работ с указанием цен на грамм золота на 2024 год представленный авторами, приведены в таблице 1.

Табл. 1. Прогнозные ресурсы техногенного золота в Республике Тыва

Наименование россыпи	Длина россыпи, м	Объем горной массы техногенного комплекса, м ³	Содержание золота, мг/м ³	Ресурсы золота, кг	Цена золота, р/г	Стоимость золота, р
Малый Алгияк, техногенная		2326200	184	428	8858,00	3791224000,00
Кара-Хем, участок дражной отработки	1300	283735	139	39,4		
Кара-Хем, участок мускульной отработки	2900	374468	376	140,8		
Кара-Хем, участок гидравлической отработки	1500	450000	59	26,5		
Всего, Кара-Хем, техногенная	5700			206,7	8858,00	1830948600,00
Проездной, техногенная	3000	132857	87	11,5	8858,00	101867,00

Проведенный анализ показал, что в техногенных отложениях, образовавшихся в результате разработки россыпей, таких как Малый Алгияк, Ойна, О-Хем, Кара-Хем и Проездной, преимущественно содержится золото среднего класса. Золото характеризуется высокой степенью извлечения в процессе переработки. Кроме того, благоприятные горно-геологические условия техногенных россыпей также способствуют их эффективному освоению. С учетом их высокого потенциала, небольшие золотодобывающие предприятия могут эффективно повторно разработать эти россыпи. Кроме того, мелкие техногенные россыпи, недостаточно исследованные и не имеющие коммерческого масштаба, могут быть рекомендованы для рекреационной добычи золота в Туве, что позволит задействовать местные ресурсы и создать альтернативные источники дохода для населения [10, с. 206].

Заключение. Таким образом, разработка техногенного россыпного золота в Республике Тыва имеет значительный потенциал, и при более глубоком анализе процессов и внедрении современных технологий можно будет повысить как экономическую эффективность, так и экологическую безопасность добычи. Устойчивое развитие отрасли будет зависеть от комплексного подхода, включающего улучшение существующих технологий, развитие кадров, и активные инвестиции в новые методы работы.

Список литературы

1. Абалаков А.Д., Лысанова Г.И., Шеховцов А.И., Базарова Н.Б., Новикова Л.С. Природные ресурсы и их использование в Республике Тыва // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 11. – С. 55-62.
2. Лебедев В.И. Перспективы освоения минерально-сырьевой базы Республики Тува // Инноватика и экспертиза: научные труды. – 2017. – № 2(20). – С. 89-100.
3. Волков А.В. Золото Тывы от скифов до наших дней // Золото и технологии. – 2011. – № 1(11). – С. 6-16.
4. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Оценка ресурсов техногенных образований отработанной россыпи золота малый Алгияк (Тува) // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 2. – С. 129-133. – doi.org/10.17513/use.36684.

5. Монгуш А.А. О добыче золота в Уранхайском крае // Новые исследования Тувы. – 2014. – № 3. – С. 77-87.
6. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Оценка ресурсов техногенных образований отработанных россыпей золота Кара-Хем, Проездной (Тува) // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 2. – С. 67-72. – doi.org/10.17513/use.37059.
7. Чупикова С.А., Прудников С.Г., Андронаке И.К. Морфометрические особенности структуры речных бассейнов Ойна-Харальского рудного узла (Тува) // Геосферные исследования. – 2020. – № 2. – С. 90-100. – DOI: 10.17223/25421379/15/8.
8. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Новые перспективные типы золотороссыпных месторождений Тувы // Природные ресурсы, среда и общество. – 2022. – № 2(14). – С. 21-27. – DOI: 10.24412/2658-4441-2022-2-21-27.
9. Лебедев В.И., Дабиев Д.Ф. Перспективы освоения минерально-сырьевого потенциала Республики Тыва // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы III-й Международной научно-практической конференции, посвящённой 25-летию ТувИКОПР СО РАН и 45-летию академической науки в Туве, Кызыл, 23-25 октября 2019 года. – Кызыл: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук, 2019. – С. 166-178.
10. Лебедев В.И. Освоение минерально-сырьевой базы Республики Тыва // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции, Кызыл, 18-20 октября 2017 года. – Кызыл: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук, 2017. – С. 199-212.

References

1. Abalakov A.D., Lysanova G.I., Shekhovtsov A.I., Bazarova N.B., Novikova L.S. Natural resources and their use in the Republic of Tyva // Successes of modern Natural Science. 2017, no. 11, pp. 55-62.
2. Lebedev V.I. Prospects of development of the mineral resource base of the Republic of Tyva // Innovation and expertise: scientific papers. 2017, no. 2(20), pp. 89-100.
3. Volkov A.V. Tyva gold from the Scythians to the present day // Gold and technology. 2011, no. 1(11), pp. 6-16.
4. Prudnikov S.G., Hertek Ch.M. Assessment of the resources of man-made formations of the spent placer of gold Maly Algiyak (Tuva) // Successes of modern natural science. 2018, no. 2, pp. 129-133. doi.org/10.17513/use.36684.
5. Mongush A.A. On gold mining in the Uranhai region // New research in Tuva. 2014, no. 3, pp. 77-87.
6. Prudnikov S.G., Khertek Ch.M. Assessment of the resources of man-made formations of spent gold placers in Kara-Khem, Proezd (Tuva) // Successes of modern natural science. 2019, no. 2, pp. 67-72. doi.org/10.17513/use.37059.
7. Chupikova S.A., Prudnikov S.G., Andronake I.K. Morphometric features of the structure of the river basins of the Oina-Kharal ore node (Tuva) // Geospheric research. 2020, no. 2, pp. 90-100. DOI: 10.17223/25421379/15/8.
8. Prudnikov S.G., Hertek Ch.M. New promising types of gold-bearing deposits in Tuva // Natural resources, environment and society. 2022, no 2(14), pp. 21-27. DOI: 10.24412/2658-4441-2022-2-21-27.
9. Lebedev V.I., Dabiev D.F. Prospects for the development of the mineral resource potential of the Republic of Tyva // Regional economy: technologies, economics, ecology and infrastructure Proceedings of the III-th International Scientific and Practical Conference dedicated to the 25th anniversary of TuvIKOPR SB RAS and the 45th anniversary of academic science in Tuva, Kyzyl, October 23-25, 2019. – Kyzyl: Federal State Budgetary Institution of Science Tuvan Institute of Integrated Development of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019. – P. 166-178.
10. Lebedev V.I. Development of the mineral resource base of the Republic of Tyva // Regional economy: technologies, economics, ecology and infrastructure: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference, Kyzyl, October 18-20, 2017. – Kyzyl: Federal State Budgetary Institution of Science Tuvan Institute of Integrated Development of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 199-212.

Сведения об авторах:

Сат Ай-кыс Дыдырашовна – аспирант СФУ; преподаватель кафедры «Горное дело» ТувГУ

Кисляков Виктор Евгеньевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Открытые горные работы»

aikys.mongush8@mail.ru

Information about authors:

Sat Ai-kys Dydyrashovna – postgraduate student of SFU, lecturer of the mining Department of TuvSU

Kislyakov Viktor Evgenyevich – doctor of technical sciences, professor of the Department of open-pit mining

Получена 20.03.2025