

УДК 622.271:622.013.364

**Аленичев Виктор Михайлович**

доктор технических наук, профессор,  
главный научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [alenichev@igduran.ru](mailto:alenichev@igduran.ru)

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО  
ПОТЕНЦИАЛА ЗОЛОТОНОСНЫХ  
РОССЫПЕЙ ПРИ ОТКРЫТОЙ  
РАЗРАБОТКЕ\****Аннотация:*

*В рамках общих принципов природопользования ресурсопотребление при недропользовании сводится к выявлению, изучению и подготовке к непосредственному извлечению полезных ископаемых из недр. Основные решения для сохранения ресурсного потенциала при недропользовании принимаются при выборе способа разработки, обосновании внутренней структуры технологии, обеспечивающей минимальные потери ресурсов, реализации системы управления качеством добываемого сырья. Приведенный анализ критериев, влияющих на ресурсный потенциал россыпей, представляет практический интерес при проведении предварительной технико-экономической оценки. Увеличение ресурсного потенциала россыпи достигается за счет снижения эксплуатационных и технологических потерь при добыче продуктивной массы в карьерном пространстве, в природно-техногенных образованиях и техногенных объектах, сформированных из пород с непромышленной концентрацией минералов и маломощных пластов.*

*Ключевые слова:* недропользование, потери полезного ископаемого, полнота извлечения, оценочные критерии.

DOI: 10.25635/2313-1586.2020.04.090

**Alenichev Viktor M.**

Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Chief Research Worker,  
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,  
620075 Ekaterinburg,  
58 Mamina-Sibiryaka Str.  
e-mail: [alenichev@igduran.ru](mailto:alenichev@igduran.ru)

**ON THE ISSUE OF ASSESSING  
THE RESOURCE POTENTIAL  
OF GOLD PLACERS IN OPEN-PIT MINING***Abstract:*

*Within the framework of the General principles of nature management, resource managing in subsurface use is reduced to identifying, studying and preparing for the direct extraction of minerals from the subsurface. The main decisions for preserving the resource potential in subsurface use are to make when choosing the method of development, justifying the internal structure of the technology that ensures minimal resource losses, and implementing a system for managing the quality of extracted raw materials. The above given analysis of criteria that affect the resource potential of placers is of practical interest when conducting a preliminary technical and economic assessment. The increase in the resource potential of the placer is achieved by reducing operational and technological losses during the extraction of productive mass in the quarry space, in natural and man-made formations and technogenic objects formed from rocks with a non-industrial concentration of minerals and low-power layers.*

*Key words:* subsurface use, mineral losses, completeness of extraction, evaluation criteria.

**Введение**

В рамках общих принципов природопользования ресурсопотребление при недропользовании сводится к выявлению, изучению и подготовке к непосредственному извлечению полезных ископаемых из недр, а также использованию элементов среды в качестве «вместилища» отходов производства и потребления. Рациональное природопользование базируется на принципах повышения ресурсного потенциала за счет уменьшения потерь полезных ископаемых при добыче, транспортировании и дальнейшей переработке. Уменьшение потерь полезных ископаемых при недропользовании адекватно повышению полноты извлечения запасов.

**Изложение рассматриваемых вопросов**

Природопользование как сфера практической деятельности классифицируется по следующим направлениям: ресурсопотребление, конструктивное преобразование,

\* Работа выполнена в рамках Госзадания 007-00293-18-00, тема 0405-2019-0006.

воспроизводство, охрана среды обитания и природных ресурсов, управление и мониторинг.

Закономерность природопользования определяется тремя основными принципами: приматом природы, социализацией природы, экологизацией производства. Принцип примата природы подразумевает верховенство природы, принцип социализации природы определяет природу как всеобщее благо, принцип экологизации природы ориентирован на расширение воспроизводства природных ресурсов путем совершенствования технологий, организации производства и повышения эффективности труда при реализации экологических мероприятий. На современном этапе концепция рационального недропользования соответствует представлениям об устойчивом развитии, интерпретируемом как двухкомпонентная система, в которой происходит параллельное взаимодействие человека и природы для обеспечения сбалансированного решения технических, технологических, социально-экономических и других задач. При этом законы развития общества не должны препятствовать условно-естественной эволюции природы.

Рациональное природопользование базируется на следующих принципах [1, 2]:

- системного подхода, ориентированного на комплексную всестороннюю оценку воздействия производства на среду и ее ответную реакцию;
- оптимизации принимаемых решений и стимулирования высокоэффективных способов использования ресурсов на основе единства экономического и экологического подходов;
- опережающего выпуска готовой продукции по сравнению с темпами увеличения объемов используемого сырья за счет снижения отходов производства;
- гармонизации отношений между производством и природой, обеспечивающих достижение высоких результатов при сохранении благоприятной экологической обстановки;
- научности, базирующейся на понимании объективных законов развития, новейших достижениях науки и техники;
- оптимальности природопользования, обеспечивающей сохранение и воспроизводство природных ресурсов при наилучших вариантах потребления сырья;
- региональности, учитывающей перспективы развития конкретного региона, его природные и общественно-экономические условия;
- комплексности, требующей рационального использования природного сырья исходя из совокупности его полезных свойств;
- платности за пользование ресурсами.

Сущность ресурсопотребления при недропользовании сводится к следующим видам деятельности:

- выявление, геологическое изучение и оценка ресурсного потенциала геологического объекта с последующим включением его в минерально-сырьевую базу;
- ресурсопользование, ориентированное на непосредственное извлечение сырья из природной среды;
- использование элементов среды в качестве «вместилища» отходов производства и потребления.

Основные решения по сохранению ресурсного потенциала месторождения при недропользовании принимаются на этапах

- выбора способа разработки;
- обоснования внутренней структуры геотехнологии, обеспечивающей минимальные потери ресурсов при добыче, энергосбережение и уменьшение трудоемкости производства при извлечении максимально возможного числа компонентов из добываемого сырья;
- реализации комплексной системы управления качеством добываемого сырья, ориентированной на снижение его и увеличение извлечения полезных компонентов;

– мониторинга состояний геотехногенной структуры, включающей месторождение полезных ископаемых и техногенные образования (карьер, шахта, отвалы, хвостохранилище и т.п.), образующие при разработке единую систему элементов, взаимодействующих и согласованно изменяющихся во времени и пространстве.

Уменьшение потерь полезных ископаемых в процессе недропользования адекватно повышению полноты извлечения запасов, что, в первую очередь, достигается при гармонизации интересов государства как собственника недр, заинтересованного в максимальном их использовании, и недропользователя как арендатора недр, ориентированного на получение достаточно высокой прибыли, исключительно чувствительной к изменению цены на товарную продукцию. Гармонизация этих интересов в рамках российского недропользования требует определенного времени при условии совершенствования законодательной базы. Принимая во внимание невозобновляемость минеральных ресурсов недр и интенсивное их использование, проблема рационального освоения месторождений и, в частности, твердых полезных ископаемых является весьма актуальной задачей [2].

В качестве примера учета потерь при добыче полезных ископаемых рассмотрим золотодобывающую отрасль РФ, производящую высоколиквидный продукт. Добыча золота в основном ведется открытым способом, при этом каждый грамм золота требует перемещения 10 – 15 м<sup>3</sup> горной массы и в 2018 г. Объем вскрышных работ достигает почти 3 млрд м<sup>3</sup>. Цена одного грамма золота за 11 лет увеличилась с 700 (2009 г.) до 4700 руб. (2020 г.). Потери полезных компонентов при использовании перерабатывающей технологии, используемой при разработке россыпей, складываются из потерь во временно неактивных запасах и потери при добыче, подразделяемых на эксплуатационные и технологические (рис. 1). Эксплуатационные потери образуются при ведении выемочных работ и зависят от горно-геологических условий. Технологические потери обусловлены физико-механическими свойствами продуктивной массы, режимом обогащения, типом и видом обогатительного оборудования (см. рис. 1) [3 – 7].

Эксплуатационные потери, определяемые способом ведения выемочных работ, возникают при обработке при контактовых зонах на границе контуров запасов, а также в кровле и почве пласта. Размер технологических потерь зависит от гранулометрического состава продуктивных песков и золота, его морфологии, количества тяжелых минералов в шлихе исходных песков и литологического состава песков. Основной информацией, учитываемой при определении технологических потерь при промывке песков, являются данные ситового анализа золота. При этом морфологические особенности золотин не учитываются. Однако наличие в продуктивной массе пластинчатых форм золотин приводит к значительным потерям при промывке, величина которых зависит от количественного преобладания любой формы. По результатам обработки большого числа фактических данных установлено, что подобная ситуация увеличивает потери почти в 3,5 раза [8].

Присутствие тяжелых минералов в исходных песках способствует образованию постели, препятствующей дезинтеграции полезного компонента, что вызывает необходимость проведения двух – трех сполосков, уменьшающих полезное рабочее время и, следовательно, объемы промывки. С возрастанием доли тяжелых минералов, размер которых близок к размерам золотин, от 12 до 25 % наблюдается увеличение потерь более чем в два раза.

Особенностью литологического состава песков, существенно влияющей на потери металла при промывке, является глинистость, которая способствует скатыванию металла (золота) в шарики различных размеров с последующим сносом их пульпой в отвалы. Увеличение глинистого материала от 1,5 до 23 % приводит к росту потерь в 3,2 раза [8]. Как показал анализ гранулометрического состава продуктивной массы уральских россыпей, содержание глинистого материала в них повышенное и достигает 60 %.

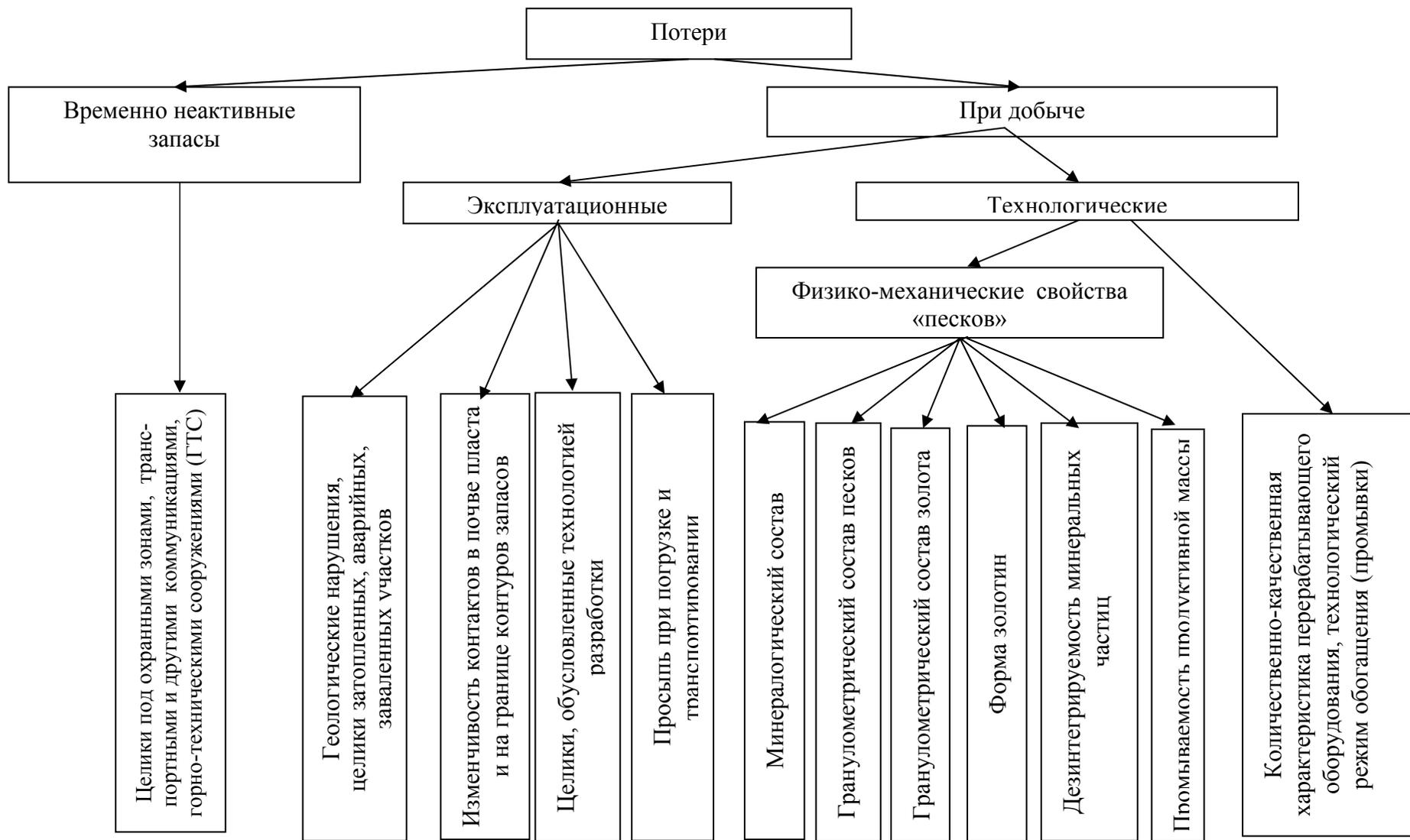


Рис. 1. Факторы, влияющие на потери золота при разработке россыпей открытым способом

Строение плотика россыпей оказывает существенное влияние на величину потерь при выемке продуктивной массы. При этом основное значение имеют состав и физико-механические свойства пород плотика, поверхность контакта продуктивного пласта и подстилающих пород в виде ровной, волнистой и ямчатой, в том числе наличие западений [3, 6, 7, 9, 10]. Практика отработки уральских россыпей показала, что конструктивные особенности применяемого оборудования и его технические параметры позволяют обрабатывать практически без потерь золотоносные россыпи с любой сложностью строения плотика (рис. 2) [6, 7].

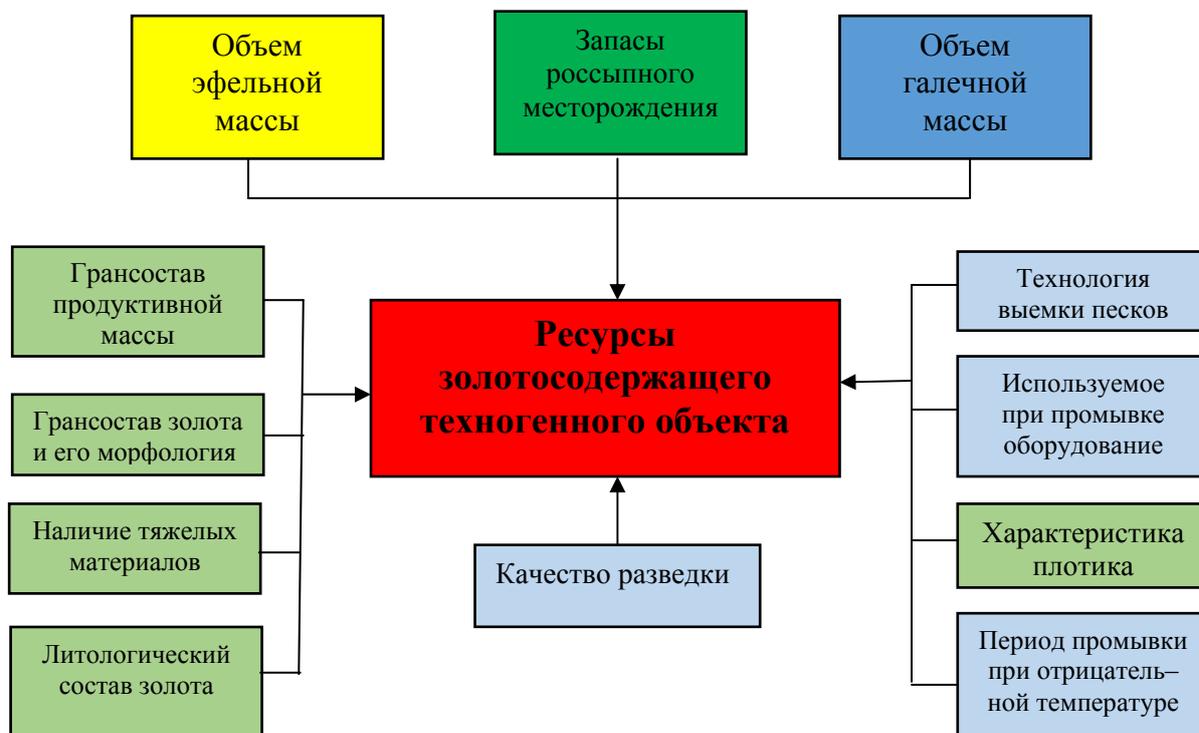


Рис. 2. Факторы, определяющие ресурсный потенциал техногенного золотосодержащего объекта

Полнота извлечения запасов из россыпей неразрывно связана с оценкой содержания полезного компонента в природно-техногенных образованиях, формируемых из охранных целиков и целиков, примыкающих непосредственно к отработанной россыпи, внутриконтурных, недоработанных и частично или полностью погребенных под отвалами предшествующих отработок зон и приплотиковых участков, а также хвостов переработки шлихового концентрата и аллювиальных отложений, образующихся по мере размыва отвалов и остаточных целиковых площадей. Распределение полезного компонента и среднее его содержание в различных целиках, зонах и участках зависит в основном от горно-геологических условий «первичных» россыпей [11].

Поступающая в отвалы горная масса включает породы с непромышленной концентрацией полезных минералов и маломощные пласты, селективная отработка которых нерентабельна. Гале-эфельные отвалы образуются из отходов переработки продуктивной массы на применяемых технических средствах обогащения и обусловлены несоответствием схемы и режима промывки технологическим свойствам песков. Распределение полезных компонентов в техногенных образованиях отличается от первоначальных россыпей и требует более глубокого изучения, поскольку их формирование зависит от способа складирования и схемы заполнения отвала, порядка и интенсивности поступления объемов горной массы различного вида, сегрегации пород и драгоцен-

ных металлов, влияющей на образование кластерных зон по фракционному составу и содержанию.

Ресурсный потенциал техногенных образований является, с одной стороны, источником пополнения минерально-сырьевой базы добывающего предприятия, а с другой стороны, способом увеличения полноты извлечения запасов из природного россыпного месторождения. На стадии предварительной оценки перспектив переработки техногенного объекта учитываются размеры технологических и эксплуатационных потерь при разработке природной россыпи, технический уровень выемочного и обогащительного оборудования, режимы промывки, комплекс организационно-производственных факторов и горно-геологические условия. При анализе горно-геологической информации внимание в первую очередь обращается на комплекс геоданных, определяющих технологию переработки (промывки) продуктивной массы на обогащительном оборудовании. Основными из них являются гранулометрический состав продуктивной массы, гранулометрический состав золота и его морфология, строение и структура плотика, литологический состав песков, количество тяжелых минералов в исходных песках, первичные содержания драгметалла в песках. При технико-экономической оценке ресурсного потенциала техногенного образования учитываются следующие организационно-технические факторы: продолжительность промывочного сезона при отрицательных температурах, проведенные послеотрабочные мероприятия, качество разведки и оценочных расчетов. Взаимосвязь ресурсного потенциала техногенного золотосодержащего объекта с определяющими его факторами представлена на рис. 2.

Исходя из общих принципов природопользования основные решения по повышению ресурсного потенциала месторождений в процессе недропользования принимаются на стадиях обоснования способов разработки, внутренней структуры геотехнологии и комплексной системы управления качеством добываемого сырья. Проведение мониторинга состояний геотехногенной структуры в процессе недропользования позволяет выявить факторы, приводящие к неустойчивому функционированию добывающего предприятия, и разработать комплекс организационно-технических, экономических и других мероприятий, компенсирующих их отрицательное влияние.

В целях повышения полноты извлечения металла из россыпных месторождений Федеральное агентство по недропользованию предписало департаменту недропользования УрФО (письмо № 324 от 14.08.2017) процесс проведения геологоразведочных работ на техногенных золотосодержащих отвалах с учетом индивидуальных особенностей и сложности геологического строения оцениваемого объекта. Геологоразведочное изучение, совмещенное с извлечением золота из техногенного объекта, проводится недропользователем согласно проекту опытно-промышленных работ (ОПР), согласованному с территориальным органом Ростехнадзора. По результатам оценки недропользователь представляет государственную отчетность по формам 5-гр и 2-лс с указанием факта поставки их на государственный баланс.

### *Заключение*

Одним из основных условий рационального недропользования является полнота извлечения запасов месторождения. Увеличение ресурсного потенциала россыпи при применении перерабатывающей технологии достигается снижением эксплуатационных и технологических потерь при добыче продуктивной массы в карьерном пространстве, в природно-техногенных образованиях, включающих охранные целики, целики, прилегающие непосредственно к отработанной россыпи, внутриконтурные, недоработанные и частично или полностью погребенные под отвалами предшествующих отработок зоны и приплотиковые участки, хвосты переработки шлихового концентрата и аллювиальных отложений, образующихся по мере размыва отвалов и остаточных целиковых площадей, и техногенных объектах, сформированных из пород с непромышленной

концентрацией полезных минералов и маломощных пластов, селективная отработка которых нерентабельна.

Приведенный анализ критериев, влияющих на ресурсный потенциал россыпей, представляет практический интерес при проведении предварительной технико-экономической оценки запасов.

### Список литературы

1. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С., 2009. *Проектирование карьеров*. Учебник. 3-е изд., перераб. Москва: Высшая школа, 694 с.
2. Трубецкой К.Н., Панфилов Е.И., 2015. Совершенствование методических основ определения и учета потерь твердых полезных ископаемых при освоении месторождений (в порядке обсуждения). *Маркшейдерия и недропользование*, № 4 (78), С. 3 – 13.
3. Методические указания по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче / Иргиредмет. 1994, Иркутск, 265 с.
4. Об утверждении нормативов технологических потерь твердых полезных ископаемых и потерь общераспространенных полезных ископаемых при добыче. Письмо Федерального агентства по недропользованию МПР и Э РФ № В6-30/7228 от 06.09.2007 г. URL: <https://rosnedra.gov.ru/page/448.html?mm=697&ml=263> (дата обращения 11.12.2020)
5. Яковлев В.Л., Аленичев В.М., 2015. Пути повышения эффективности освоения запасов на основе совершенствования методов нормирования потерь. *Маркшейдерия и недропользование*, № 2 (77), С. 24 - 28.
6. Аленичев М.В., 2010. Особенности учета потерь полезных компонентов при применении перерабатывающих технологий. *Проблемы недропользования: матер. IV-й Всеросс. молодежной конф., 9-12 февраля 2010 г.* / ИГД УрО РАН. Екатеринбург: УрО РАН, С. 27 –37.
7. Аленичев В.М., Аленичев М.В., 2017. Обеспечение ресурсосбережения при открытой разработке россыпей с использованием ГГИС-технологий. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 10 (Специальный выпуск 23), С. 81 – 89.
8. Г.С. Мирзеханов, 2014. Оценочные критерии ресурсного потенциала техногенных образований россыпных месторождений золота Дальнего Востока России. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, № 1, Выпуск № 23, С. 139 – 150.
9. Чемезов В.В., 2009. Методика нормирования потерь и разубоживания песков при задирке плотика и оставлении «предохранительной рубашки». *Золотодобыча*, № 123, С. 17 – 20.
10. *Временные методические указания по разведке и подсчету запасов золотых и золотоплатиновых россыпных месторождений Урала*, 1985. Свердловск: Уралгеология, 73 с.
11. Шило Н.А., 1985. *Основы учения о россыпях*. 2-е изд. Москва: Наука, 400 с.

### References

1. Trubetskoi K.N., Krasnyanskii G.L., Khronin V.V., Kovalenko V.S., 2009. *Proektirovanie kar'ero*v [Design of quarries]. Uchebnik. 3-e izd., pererab. Moscow: Vysshaya shkola, 694 p.
2. Trubetskoi K.N., Panfilov E.I., 2015. *Sovershenstvovanie metodicheskikh osnov opredeleniya i ucheta poter' tverdykh poleznykh iskopaemykh pri osvoenii mestorozhdenii (v poryadke obsuzhdeniya)* [Improvement of methodological basis for determining and accounting for losses of solid minerals in the development of deposits (in the order of discussion)]. *Marksheideriya i nedropol'zovanie*, № 4 (78), P. 3 – 13.

3. *Metodicheskie ukazaniya po normirovaniyu, opredeleniyu i uchetu poter' i razubozhivaniya zolotosoderzhashchei rudy (peskov) pri dobyche* [Methodological guidelines for rationing, determining and accounting of losses and dilution of gold-containing ore (sands) during mining] / Irgiredmet. 1994, Irkutsk, 265 p.

4. *Ob utverzhdenii normativov tekhnologicheskikh poter' tverdykh poleznykh iskopaemykh i poter' obshcherasprostranennykh poleznykh iskopaemykh pri dobyche* [On approval of standards for technological losses of solid minerals and losses of common minerals during mining]. Pis'mo Federal'nogo agentstva po nedropol'zovaniyu MPR i E RF № V6-30/7228 ot 06.09.2007 g. URL: <https://rosnedra.gov.ru/page/448.html?mm=697&ml=263> (data obrashcheniya 11.12.2020)

5. Yakovlev V.L., Alenichev V.M., 2015. *Puti povysheniya effektivnosti osvoeniya zapasov na osnove sovershenstvovaniya metodov normirovaniya poter'* [Ways of efficiency increasing of reserves development by improving the methods of rationing of losses]. Marksheideriya i nedropol'zovanie, № 2 (77), P. 24 - 28.

6. Alenichev M.V., 2010. *Osobennosti ucheta poter' poleznykh komponentov pri primenenii pererabatyvayushchikh tekhnologii* [Features of losses accounting for useful components with application of processing technologies]. Problemy nedropol'zovaniya: mater. IV-i Vseross. molodezhnoi konf., 9-12 fevralya 2010 g. / IGD UrO RAN. Ekaterinburg: UrO RAN, P. 27 –37.

7. Alenichev V.M., Alenichev M.V., 2017. *Obespechenie resursoberezheniya pri otkrytoi razrabotke rossypei s ispol'zovaniem GIS-tekhnologii* [Ensuring resource conservation while open placer mining with use of GIS technologies]. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', № 10 (Spetsial'nyi vypusk 23), P. 81 – 89.

8. G.S. Mirzekhanov, 2014. *Otsenochnye kriterii resursnogo potentsiala tekhnogennykh obrazovaniy rossypnykh mestorozhdenii zolota Dal'nego Vostoka Rossii* [Evaluation criteria for the resource potential of technogenic formations of placer gold deposits in the Russian Far East]. Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle, № 1, Vypusk № 23, P. 139 – 150.

9. Chemezov V.V., 2009. *Metodika normirovaniya poter' i razubozhivaniya peskov pri zadirke plotika i ostavlenii "predokhranitel'noi rubashki"* [Method of normalization of losses and dilution of sand while panel chipping and "safety jacket" remaining]. Zolotodobycha, № 123, P. 17 – 20.

10. *Vremennye metodicheskie ukazaniya po razvedke i podschetu zasobov zolotykh i zolotoplatinovykh rossypnykh mestorozhdenii Urala*, 1985 [Temporary guidelines for exploration and calculation of reserves of gold and gold-platinum placer deposits of the Urals, 1985]. Sverdlovsk: Uralgeologiya, 73 p.

11. Shilo N.A., 1985. *Osnovy ucheniya o rossypyakh* [Fundamentals of the theory of placers]. 2-e izd. Moscow: Publ.Nauka, 400 p.