



И.Ю. Рассказов
д-р техн. наук
профессор
Институт горного дела ДВО
РАН
директор
rasskazov@igd.khv.ru



В.С. Литвинцев
д-р техн. наук
доцент
Институт горного дела
ДВО РАН
заведующий
лабораторией
adm@igd.khv.ru



Г.С. Мирзеханов
д-р геол.-мин. наук
доцент
Институт горного дела
ДВО РАН
главный научный
сотрудник
adm@igd.khv.ru



Т.С. Банщикова
Институт горного дела
ДВО РАН
старший научный
сотрудник
adm@igd.khv.ru

Приоритетные направления освоения техногенных комплексов рудно-россыпных месторождений

1. Россия, 680000, Хабаровск, ул. Тургенева, 51.

Авторы проанализировали состояние проблемы накопления техногенных отходов горного производства и дали оценку их ресурсного потенциала на территории ДФО. Выявлены закономерности формирования техногенных комплексов, включая особенности морфологии и гранулометрического состава ценных компонентов, наличие попутных минералов. Предложена программа комплексных исследований, направленных на эффективное освоение техногенных месторождений

Ключевые слова: золотодобыча; техногенные комплексы; хвостохранилища; повторная отработка; попутные компоненты; переоценка запасов; инновационные технологии

На Дальнем Востоке РФ горнодобывающая промышленность как и прежде занимает важное место в экономике регионов, что обусловлено богатейшим минерально-сырьевым потенциалом территорий ДФО. Существенная доля в добыче твердых полезных ископаемых традиционно приходится на золотодобывающую отрасль. С 2007 по 2014 гг. уровень добычи золота в ДФО изменялся от 70,9 т (48,9% от добычи в РФ, 2007) до 134,334 т (56,4%, 2014). При этом доля добычи

рудного золота по РФ в 2014 г. составила 60% (40% из россыпей). Данная тенденция не коснулась лишь Магаданской области, где добыча россыпного золота в 2013 г. достигла 68% [1]. Несмотря на наметившееся в последние годы незначительное увеличение объемов добычи россыпного золота по субъектам ДФО, общий тренд снижения ее в среднесрочной перспективе остается неизменным.

Отработка богатых и легкодоступных россыпей, отсутствие новых объектов с рентабельными запасами, существенное сокра-

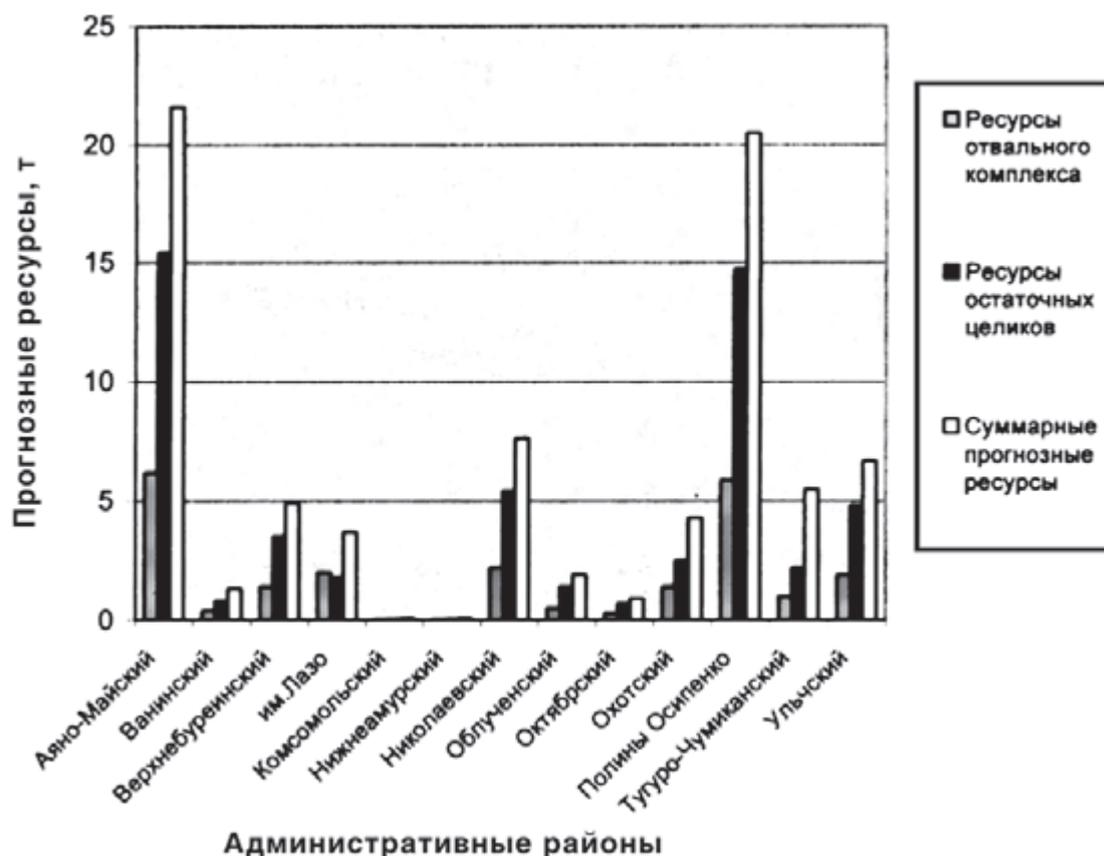
щение (до 10% и более) объемов геологоразведочных работ, производимых за счет бюджетного финансирования, несовершенство законодательной базы в сфере недропользования и другие факторы привели к ликвидации части горнодобывающих предприятий, особенно небольших и средних по объемам добычи. К 2011 г. в ДФО их число сократилось почти на 20% и составило всего 422 [2]. Все это крайне отрицательно отражается на экономическом и социальном положении регионов. Для решения этой проблемы необходимо принятие серьезных мер по разведке и разработке новых месторождений. Существенно сгладить нарастающие в отрасли негативные процессы также позволит поиск новых альтернативных источников минерального сырья, к которым, в частности, относятся техногенные комплексы, сформированные в районах золотодобычи предыдущих лет.

В настоящее время на территории России в отвалах и хвостохранилищах накоплено более 80 млрд т только горнопромышленных отходов, количество которых ежегодно увеличивается на 2 млрд т [3]. По данным ряда ис-

следователей [3–6], в техногенных россыпях находится от 10–15 до 50% и нередко до 150–200% содержащегося (по данным геологоразведки) в первичной россыпи золота. В перспективе интерес к освоению техногенных месторождений будет неизбежно повышаться ввиду расширения возможностей комплексного извлечения цветных, благородных, редкоземельных металлов и других ценных компонентов из отвалов и хвостохранилищ.

Суммарный ресурсный потенциал техногенных объектов на территории ДФО существенен и, по оптимистичным данным ИГД ДВО РАН, оценивается в пределах 4500 т [7]. В Магаданской области за всю историю эксплуатации россыпных месторождений накоплено более 1,5 млрд м³ отходов, в которых сосредоточена продуктивная горная масса с прогнозными ресурсами более 500 т золота. По другим оценкам, прогнозные ресурсы золота в остаточном комплексе россыпной добычи Центральной Колымы составляют от 250 до 1000 т, из них не менее половины могут быть рентабельно освоены. Ресурсы техногенных россыпей Амурской области оцениваются более чем в 200 т, республики Саха (Якутия) – около 300 т [6].

Рис. 1.
Прогнозные ресурсы техногенных россыпей административных районов Хабаровского края



С использованием автоматизированной системы расчета ресурсов техногенного золота был определен потенциал 270 техногенных объектов Хабаровского края, он составляет около 79 т золота. Исследовались техногенные объекты россыпей, из которых добыли не менее 500 кг золота, однако из-за отсутствия параметров многих факторов, влияющих на потери золота, эту оценку нельзя признать окончательной. Наибольшие перспективы связаны с техногенными образованиями районов Аяно-Майского и Полины Осипенко (рис. 1) [6].

Анализ данных Государственного баланса запасов полезных ископаемых [5] показывает, что с 2004 по 2012 гг. ежегодные потери золота достигают 4–6 т. В субъектах ДФО ежегодные технологические потери только в гале-эфельных отвалах могут составлять не менее 3 т золота. Однако по опыту изучения отработанных россыпей основные перспективы повторной эксплуатации техногенного объекта могут быть связаны с остаточными бортовыми и внутриконтурными целиками, илисто-глинистыми отложениями отстойников, остаточными приплотиковыми частями, хвостохранилищами и в исключительных случаях – со вскрышными породами. Еще в начале XX в. гале-эфельные отвалы и бортовые целики богатейших россыпей Приамурского горного округа успешно доотрабатывались при значительных содержаниях в них золота, соответственно, 1–3 и 3–5 г/м³. Подобная практика существовала постоянно, на всем протяжении россыпной золотодобычи, и техногенные образования подвергались переработке неоднократно, как правило, без официального учета. При огромном накопленном объеме техногенных комплексов изучение их сейчас представляется сложным процессом, требующим современных подходов научно-технического прогресса, учитывающих особенности вещественного состава, необходимость использования высокотехнологичного оборудования, проблемы рентабельности и социально-экономическую обстановку районов с преобладающей золотодобывающей направленностью. Каждая из этих составляющих важна для формирования долгосрочной ресурсной базы, но лишь результат анализа их совокупности предопределяет итоговое решение необходимости повторного освоения техногенных образований.

Потери золота и процесс накопления его в техногенных образованиях определяются сочетанием целого комплекса производственно-геологических факторов, к числу которых

относятся исторический период отработки природного месторождения, первичные содержания золота, его гранулометрия, действующие на период разработки кондиции, способы и технология разведки, способы и технология разработки и многое другое. Содержание золота в техногенных комплексах варьируют в широком диапазоне – от 10–30 до 1000 мг/м³ и более [6]. В остаточных бортовых и внутриконтурных целиках гранулометрия, морфология золота и минеральный состав идентичны с целиковыми россыпями (геогенными), во вторичных и последующих комплексах они существенно отличаются.

В техногенных образованиях золото подвергается механическому воздействию, на него влияют физико-химические и биологические процессы. Формируются концентрации новообразований золота. Процессы преобразования приводят как к укрупнению и появлению агрегатного состояния, так и измельчению зерен. Изменяется гранулометрия золотин, уменьшается их средняя плотность и пробность. Снижаются гидрофильные свойства золота и его гидравлическая крупность. Такие преобразования требуют пересмотра технологических схем добычи с применением новейших технологий обогащения золотосодержащих отвалов и эфелей.

Изучались образцы золота из техногенных отвалов золотосодержащих россыпей приисков Соловьевский, Софийский, Херпучинский, Кербинский, участков Гайфон, Октябрьский, Болотистый. Материал для исследований отбирался из эфельных отвалов, илово-глинистых накоплений хвостохранилищ, бортовых выемок отработанных котлованов, хвостов гидроэлеваторных промприборов, дражных отвалов, продуктов обогащения и хвостов шлихообогатительных установок. Выявлено разнообразие морфологических форм золота, гранулометрического состава, характера изменений поверхности частиц, физико-химических преобразований индивидов золота в процессе длительного хранения в техногенных отвалах с изменением состава элементов-примесей и пробности золота в сравнении с природной россыпью. В техногенных образованиях и хвостохранилищах содержится значительное количество «упорных» форм золота, сформированных в результате техногенеза: разрушения, переноса, аккумуляции намывных фаций. Установлены основные золотоносные фазы: 1) свободное; 2) в сростках с кварцем; 3) в сростках с гидроксидом железа; 4) в рубашках гидроокислов железа и марганца; 5) в ртутной амальгаме.

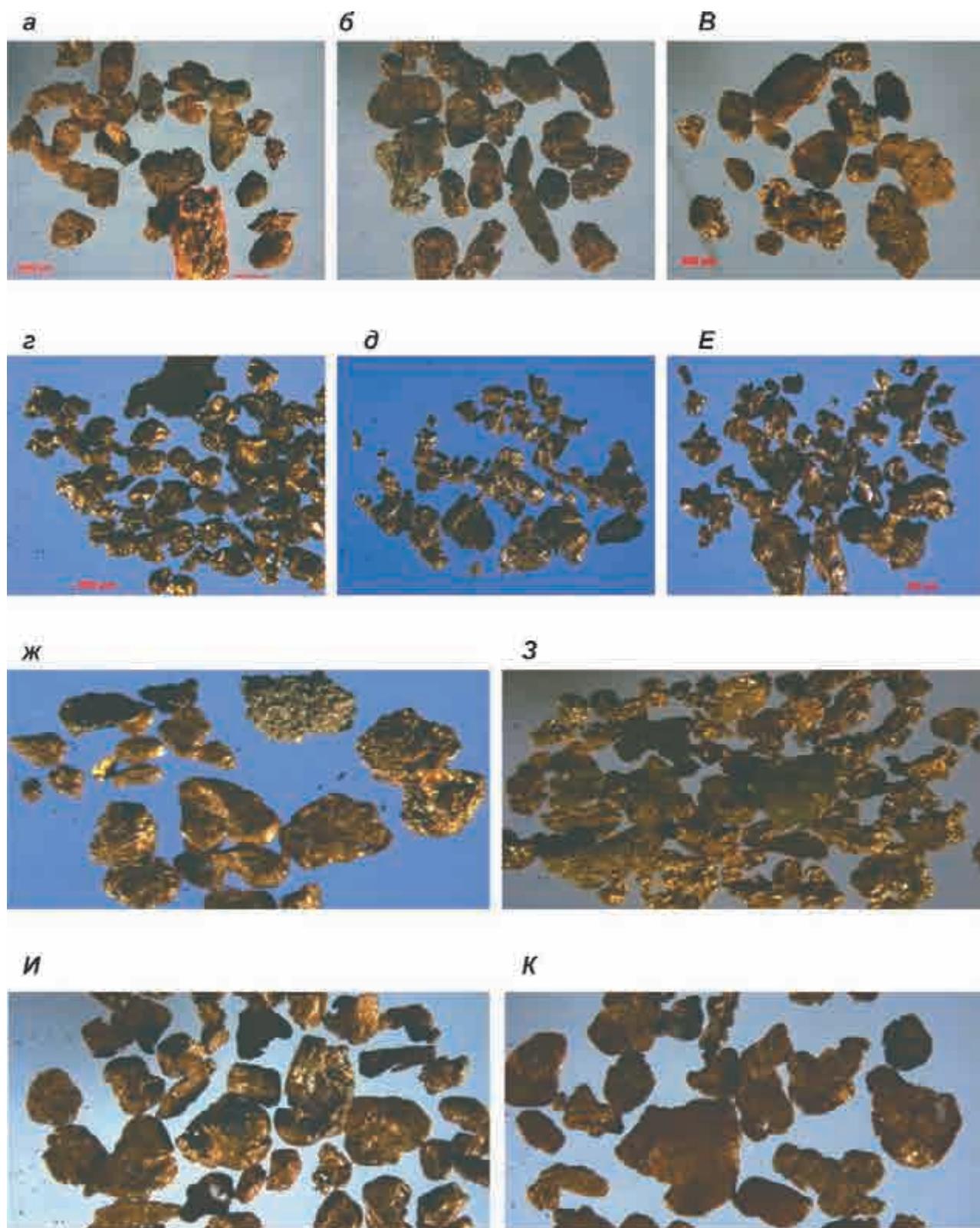


Рис. 2.

Морфологические разновидности золота из техногенных россыпей Приамурья: а – р. Джалинда (прииск Соловьевский) $-1,0+0,5$ мм; б – р. Нагима $-1,0+0,5$ мм; в – р. Инагли $-1,0+0,5$ мм; г – р. Иликан, $-0,2+0,1$ мм; д – р. Олга (прииск Софийский) $-0,2+0,1$ мм; е – руч. Агда (прииск Софийский) $-0,5+0,2$ мм; ж – руч. Верхний Сунгучан $-1,0+0,5$ мм; з – прииск Кербинский $-0,63+0,315$ мм; и – руч. Болотистый $-0,5+0,2$ мм; к – уч. Октябрьский $-1,0+0,5$ мм

Тонкопластинчатые, чешуйчатые, ажурные, губчатые формы золотин, наличие следов скольжения, многочисленных мелких полостей, трещин, сквозных отверстий; измененные поверхности частиц золота: каверны, жеоды, выемки, заполненные мелкокристаллическим кварцем, серицитом, хлоритом, гидроокислами железа, – все эти показатели снижают гидрофильные свойства золота, уменьшают его удельный вес, пробность и гидравлическую крупность. Морфологические разновидности техногенного золота приведены на *рис. 2*.

В исходных песках многих золотоносных россыпей Дальнего Востока присутствуют попутные компоненты в достаточно широком спектре (*рис. 2*) [6]. Содержания их в отдельных случаях достигают промышленных концентраций.

Содержание химически чистого золота в продуктивных пластах россыпей в основном превышает 900 усл. ед., в отвальных фациях пробность снижается до 500–600 усл. ед. Такие изменения связаны, прежде всего, с преобразованием морфологии частиц золота, изменением его химического состава и разнообразных покрытий и сростков, состоящих из окислов железа, марганца, арсена, каолинита и других минералов.

Существенные различия морфологии золота целикового участка и металла, накопленного в эфельных отвалах, заключаются в следующем (*рис. 2*): появление агрегатного состояния частиц: комковидные и сферические образования; выщелачивание с появлением новых щетковидных форм; образование плотных покрытий (рубашек) из гидроокислов железа и марганца; поверхностный рельеф золотин – каверны, выемки, пустоты, новообразования.

Для техногенного золота россыпи р. Джалинда характерны включения серебра, тантало-ниобатов, ртути и меди; золото россыпей р. Иликан, р. Верхний Сунгучан, р. Инагли содержит железо, титан, алюминий, кальций, кремний и олово; в техногенных образованиях участка Гайфон, р. Агды (Софийский прииск) количество элементов-примесей в золоте минимально – алюминий, кальций, железо; на участке Болотистый и в карьере Херпучинского прииска в золото стабильно входят серебро и железо.

Важной особенностью для перспективного освоения техногенных образований является совокупность и содержания попутных полезных компонентов (*рис. 3*).

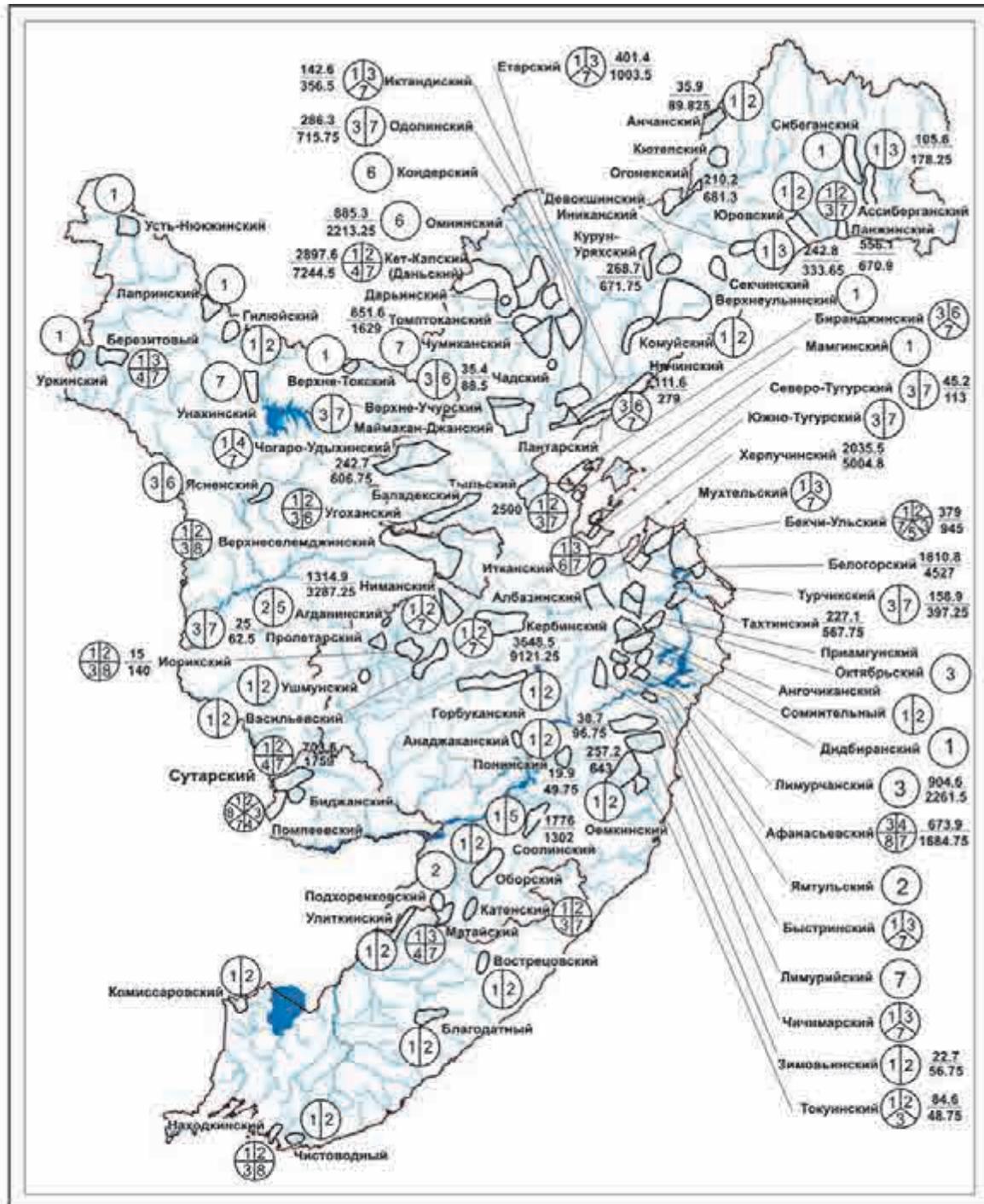
По результатам исследований установлено, что при разработке россыпных место-

рождений независимо от используемой технологии промывки и доводки содержания попутных компонентов к конечным продуктам техногенных образований (пески-отвалы-хвосты) существенно увеличиваются. Даже, когда в исходных песках концентрации попутных компонентов незначительные (порой минералогическим анализом не устанавливаются) в отвальном комплексе, в первую очередь, в эфельных и гале-эфельных отвалах, проявляется тенденция их существенного накопления. В частности, в россыпи р. Пр. Дарья исходные пески содержат золото до 1 г/м³, 10 мг/м³ платиноидов, до 3% магнетита. Процесс последовательного накопления золота и попутных компонентов в техногенных образованиях здесь проявляется особенно контрастно. Содержания магнетита в эфельных отвалах (отдельные прослои в отвале на 90% состоят из магнетита) составляют 10%, в хвосте шлиха первичной доводки – 30% и в «черном шлихе» – 60%, золота – от 0,345 мг/м³ в отвале до 20 г/м³ в хвосте шлиха первичной доводки и 84 г/т в хвосте «черного шлиха». Содержания платиноидов, соответственно, составляют – 100 мг/м³, 1,5 г/м³ и около 10 г/т. Так, в эфельных отвалах россыпи р. Болотистый (Хабаровский край) накапливается палладий в количествах от 3 до 10 г/м³, тогда как в исходных песках минералогическим анализом он не выявлен.

В верхней части россыпи Зимовье (Хабаровский край) вольфрамит, шеелит, касситерит превышают минимальные промышленные содержания. В нижней части этой россыпи содержания попутных компонентов в отвалах значительно ниже, однако переработка хвоста шлиха первичной доводки на концентрационных столах (6 т) позволила дополнительно получить 1117 г шлихового золота и 2,5 т магнетит-касситерит-вольфрамитового концентрата с соотношениями компонентов в пропорции 1:2:2. На другой россыпи этого региона (р. Болотный) с содержаниями золота в песках 0,3 г/м³ (другие минералы отсутствовали) за суточную промывку на шлюзах мелкого наполнения получен шлик с содержаниями: золота – 3420 г/т, вольфрамита – 6193 г/т и циркона – 3559 г/т.

Значительные ресурсы полезных ископаемых, в том числе и золота, накоплены в хвостохранилищах, формируемых при разработке полиметаллических, олово-вольфрамовых рудных месторождений в Хабаровском и Приморском краях, Амурской области и др.

В Комсомольском и Кавалеровском районах Приморского края, где активно разра-



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

-  Границы золотороссыльных зон, узлов
-  Поля развития комплексных россыпей (а) и их минеральные ассоциации (б): 1-минералы вольфрама; 2- минералы олова; 3-минералы титана; 4- редкоземельные минералы; 5 танталонийбаты; 6-платиноиды; 7-циркон, 8-киноварь
- $\frac{2596.6}{3879.8}$ Россыпные узлы с прогнозом ресурсного потенциала техногенных образований, в кг (в числителе ресурсы остаточных бортовых и внеконтурных целиков, в знаменателе ресурсы отвального комплекса, преимущественно эфедных отвалов)

Рис. 3. Попутные компоненты золотоносных россыпей юга Дальнего Востока и прогнозные ресурсы золота техногенных образований Хабаровского края

Горнопромышленные предприятия, место дислокации	Количество хвостохранилищ / объем песков, млн т	Извлекаемые металлы, их содержание в хвостах, %	Запасы металлов в хвостах ОФ юга ДВ, тыс. т	Комплексные металлы в хвостах ОФ
Кавалеровский рудный район (Приморский край)	6/48,9	Олово – 0,101–0,23 Медь – 0,05–0,18 Цинк – 0,05–0,27 Свинец – 0,01–0,089	Sn – 64, 83 Cu – 19,46 Zn – 95,32 Pb – 32,4	Rb, Sr, La Cd, As
ОАО ГМК «Дальполиметалл» (Приморский край)	5 > 100	Свинец, цинк* , попутные – висмут, серебро, медь	Pb – 0,776 Zn – 1,268	Sc, Te, Ga, Tl, In Ge As, Sb, Ag
Химкомбинат «Бор» (Приморский край)	2 > 100	Бор	Шлам – борогипс, мел – отходы	Ca–B–S удобрения
Лермонтовская ГРК (Приморский край)	1/9,2	Оксид W – 0,46 , Медь – 0,18(0,4) Оксид Р – 0,55, Олово – 0,05, Мышьяк – 0,15, Свинец – 0,05, Цинк – 0,05.	WO ₃ – 42,32 Cu – 36,8 P ₂ O ₅ – 50,6 Sn – 4,6 As – 13,8 Pb – 4,6 Zn – 4,6	Au, Ag
ООО «Дальолово», Солнечный ГОК (Хабаровский кр.)	3/36,0	Олово – 0,202 Медь – 0,46 Свинец – 0,123 Цинк – 0,094 Трехокись W – 0,04	Sn – 48,7 Cu – 110,8 Pb – 29,6 Zn – 22,5 WO₃ – 14,4	Ag, In, Bi, Sb
Ярославский ГОК (Приморье)	2/168	Флюорит – 14,3 Оксид Be – 0,116 Оксид Li – 0,59 Оксид Rb – 0,32 Цезий – 0,015	CaF ₂ – 240,2 Be ₂ O – 1,95 Li ₂ O – 9,91 Rb ₂ O – 5,38 Cs – 0, 253	TR
Комбинат «Хинганолово» (ЕАО)	1/3,95	Олово – 0,13	–	TR, Au, Ag
Всего:	21/330		Олово – 118,1 Медь – 167,0 Цинк – 123,7 Свинец – 67,4 CaF₂ – 240,2 Мышьяк – 150	

*Жирным шрифтом показаны промышленные металлы, обычным – спутники в аномальных содержаниях в хвостах ОФ.

Таблица 1.
Ресурсы полезных ископаемых хвостохранилищ обогатительных фабрик горно-обогатительных комбинатов юга Дальнего Востока России

батывались оловорудные месторождения, в многочисленных хвостохранилищах, которые занимают площадь в десятки гектаров, складированы десятки миллионов тонн отходов, причем суммарное количество полезных компонентов в них иногда существенно превышает объемы ежегодно добываемых металлов [7, 8].

Минеральное сырье хвостохранилищ готово к переработке и извлечению широкого спектра полезных компонентов, поскольку не требует затрат на извлечение руды из недр, ее перевозку, дробление, строительство горно-обогатительных фабрик и многое другое.

В Кавалеровском районе отходы четырех обогатительных фабрик складировались на шести хвостохранилищах. Содержание Au и Ag в хвостах одной из фабрик составляет 0,6 и 18 г/т, соответственно.

Более детально информация о ресурсах хвостохранилищ обогатительных фабрик горно-обогатительных комбинатов юга Дальнего Востока России представлена в **табл. 1**.

К сожалению, слабо изучен такой вид техногенных образований как илесто-глинистые отложения отстойников россыпных месторождений, которые сбрасываются со шлюзов промывочного прибора. Практически не изучался еще один вид техногенных новообразований – современные аллювиальные русловые гале-эфельные россыпи. Формирование обогащенного пласта здесь происходит в пределах отработанных пространств полигонов за счет перемыва гале-эфельных отвалов, бортовых целиков водными потоками. Подобные современные русловые шлейфы в сочетании с остаточными целиками формируют промышленные россыпи, вполне пригодные для повторной отработки. При мощности продуктивного пласта 0,4–1,2 м содержания золота в них достигают 1500–2000 мг/м³ [6].

Анализ мирового опыта по использованию отходов горнопромышленного производства, приведенный в работе [10], показывает, что основными направлениями утилизации техногенных ресурсов являются производство

строительных материалов и получение металлов. В США, Японии, Канаде, Австралии при переработке техногенных горных масс применяют, в основном, флотационные методы обогащения и выщелачивание. В ЮАР хвосты отвалов обогатительных фабрик перерабатываются по традиционным схемам с доизмельчением концентрата, включая гравитацию или флотацию. В целом, обобщая положительный опыт повторной переработки техногенных образований (месторождений), можно констатировать, что в основе рентабельного освоения таких объектов лежат создание новых эффективных технологий, например –

Минеральное сырье хвостохранилищ готово к переработке и извлечению широкого спектра полезных компонентов, поскольку не требует затрат на извлечение руды из недр, ее перевозку, дробление, строительство горно-обогатительных фабрик и многое другое

технологии формирования обогащенного пласта техногенного месторождения и другие [11–12]. Важное значение также имеет переоценка запасов техногенного минерального сырья [13].

В связи со сложностью и масштабностью рассматриваемой проблемы ее решение потребует участия многих академических организаций и вузов, желательно – в рамках региональной или федеральной целевой программы. При этом работы должны включать теоретические, аналитические, экспериментальные (лабораторные и опытно-промышленные) исследования с выходом на создание опытных и промышленных образцов оборудования, инновационных технологий.

Работы целесообразно выполнять в несколько этапов.

1. Подготовительный, предполевой этап, включающий: выбор техногенных объектов на основе анализа фондовых материалов и технических проектов по разработке геогенных месторождений с учетом производственно-геологических факторов; экспертную оценку ресурсного потенциала техногенных рудно-россыпных образований

но-россыпных образований отработанных и обрабатываемых объектов. Объекты, в зависимости от прогнозируемых запасов и содержаний в них золота и других полезных компонентов, систематизируются в зависимости от объемов горной массы, ресурсов полезных ископаемых, способа разработки с определением очередности их эксплуатации.

2. Полевые работы: на максимально возможных эталонных объектах проводятся полевые исследования, в процессе которых отбираются представительные пробы рудно-россыпной техногенной горной массы, определяются масштабы техногенных образований, их пространственное расположение на рельефе местности, наличие остаточных бортовых, внутриконтурных и других элементов целиков.

3. Камеральные работы: определение вещественного состава в пробах техногенных месторождений несколькими физико-химическими методами; изучение морфометрических и гранулометрических характеристик золота и других попутных компонентов; разработка рекомендаций по технологиям извлечения полезных компонентов, подбору технологического оборудования.

4. Заключительный этап: обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований: оценка ресурсного потенциала представительного ряда техногенных рудно-россыпных объектов субъектов федерации ДФО; создание и модернизация технологического оборудования, инновационных технологий освоения техногенных объектов, оценка рентабельности их отработки; формирование банка данных техногенных объектов ДФО и технологий их разработки; многофакторный анализ воздействия отработки техногенных месторождений золота на окружающую среду, разработка методики крупномасштабного экологического картографирования территории.

По завершении работ предполагается получить следующие важные научно-технологические результаты:

– установленные комплексные ресурсы полезных компонентов техногенных рудно-россыпных месторождений регионов ДФО, представленные в БД картографически, обоснованные технико-экономические и экологические показатели эффективности их освоения;

– разработанная универсальная методика оценки комплексных ресурсов техногенных рудно-россыпных месторождений с учетом

выполнения минимального объема геолого-разведочных работ;

– разработанные варианты технологических операций по реструктурированию рудно-россыпных техногенных россыпных объектов, эффективной добычи различными способами (открытый, подводный, комплексный), переработки и обогащения продуктивной горной массы;

– созданная технология извлечения всего комплекса полезных минералов в процессе промывки песков техногенных рудно-россыпных месторождений на основе универсального обогатительного модуля, способного надежно и эффективно работать в комплексе со всеми типами промывочных приборов; доказана теоретически и экспериментально ее эффективность;

– обоснованные параметры интенсифицирующих воздействий различного генезиса для использования в технологических процессах: на стадии подготовки к обогащению методами флотации с целью подготовки поверхности минералов к сорбции традиционными и специально разработанными селективными реагентами направленного действия, в т.ч. с применением экологобезопасных флотационных носителей. Применение результатов таких исследований позволит существенно снизить расход и выход в окружающую среду опасных технологических реагентов и повысить показатели извлечения металлов;

– разработанные способы гравитационного извлечения золота на основе предварительной реагентной обработки и способы флота-

ционного обогащения, в т.ч. с использованием носителей на основе растительных сорбентов;

– созданные научно-практические основы оценки экологического состояния территории в районах неоднократной отработки месторождений рудно-россыпного золота, платины и других ценных компонентов.

В целом решение проблемы рентабельной отработки техногенных месторождений благородных и цветных металлов включает и технологические, и экономические, и экологические, и социальные аспекты. Более того, оно связано со стратегическими планами развития регионов, но в основе постановки проблемы – ресурсный потенциал отработанных россыпных месторождений, требующий переоценки. Весьма важным аспектом решения проблемы является разработка и внесение в законодательные органы власти инициативных предложений, связанных с урегулированием правовых вопросов разработки рудно-россыпных техногенных объектов, а также вопросов одновременной добычи золота и комплекса попутных полезных компонентов. Правовое урегулирование этих вопросов позволит сформировать подотрасль горнодобывающего производства «переработка отходов россыпной добычи», что увеличит объемы добычи минерального сырья и создаст в стране десятки тысяч рабочих мест (это особенно актуально в регионах с экономикой минерально-сырьевой ориентации – Дальний Восток, Забайкалье и другие), улучшит социально-демографическую и экологическую обстановку в старопромысловых районах. ❊

Литература

1. Кавчик Б.К. Некоторые итоги работы золотодобывающей отрасли в 2013 году и надежды на будущее // Золотодобыча. 2014. № 5. С. 14–18.
2. Архипов Г.И. Горнодобывающая промышленность // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 5. С. 164–175.
3. Быховский Л.З., Спорыхина Л.В. Техногенные отходы как резерв пополнения минерально-сырьевой база: состояние и проблемы освоения // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011. № 4. С. 15–20.
4. Кавчик Б.К., Пятаков В.Г. Геологическое строение техногенных россыпей и его влияние на выбор способа разработки // Золотодобыча. 2010. № 135. С. 14–19.
5. Петунина О.Н., Бондаренко В.П., Черкасов А.Д. Динамика и тенденции изменения состояния сырьевой базы твердых полезных ископаемых по данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых (2004–2011 годы) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2012. № 4. С. 43–55.
6. Мирзеханов Г.С., Мирзеханова З.Г. Ресурсный потенциал техногенных образований россыпных месторождений золота. М.: МАКС-Пресс. 2013. 288 с.
7. Рассказов И.Ю., Ван-Ван-Е А.П., Литвинцев В.С. Разработка методологии и научно-технологических принципов освоения техногенных золотороссыпных месторождений юга Дальнего Востока России как основы составления инвестиционных программ эффективного развития отрасли. Доступно на: www.vsegei.ru/conf/summary/round_table10/S1_03.ppt (обращение 23.01.2016).
8. Зверева В.П. Хвостохранилища Дальнего Востока – техногенные месторождения и минерально-сырьевые ресурсы России, которые можно потерять // Материалы XIV международного совещания «Россыпи и месторождений кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения». Новосибирск: Апельсин. 2010. С. 249–256.
9. Рассказов И.Ю., Грехнев Н.И., Александрова Т.Н. Техногенные месторождения в отвалах горно-обогатительных комбинатов Дальневосточного региона // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33. № 1. С. 102–114.
10. Березовский П.В. Экономическая оценка вторичных минеральных ресурсов. СПб. 2006. 163 с.

11. Мамаев Ю.А., Литвинцев В.С., Алексеев В.С. Процессы формирования продуктивного пласта техногенных россыпей благородных металлов // Тихоокеанская геология. 2012. Том 31. № 4. С. 106–112.
12. Литвинцев В.С., Алексеев В.С., Пуляевский А.М. Суффозионные процессы в технологии формирования обогащенных зон техногенных золотороссыпных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2012. № 5. С. 157–163.
13. Литвинцев В.С. О ресурсном потенциале техногенных золотороссыпных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 1. С. 118–26.

UDC 622.342.1

I.Yu. Rasskazov, doctor of technical sciences, professor, director of Mining Institute of the Far Eastern branch of Russian academy of sciences¹, rasskazov@igd.khv.ru

V.S. Litvintsev, doctor of technical sciences, assistant professor, head of the laboratory, Mining Institute of the Far Eastern branch of Russian academy of sciences¹, adm@igd.khv.ru

G.S. Mirzehanov, doctor of geological and mineralogical sciences, assistant professor, chief researcher, Mining Institute of the Far Eastern branch of Russian academy of sciences¹, adm@igd.khv.ru

T.S. Banshchikova, senior researcher, Mining Institute of the Far Eastern branch of Russian academy of sciences¹, adm@igd.khv.ru

1. 51 Turgenev street, Khabarovsk, 680000, Russia.

Priority directions of the development of technogenic complexes of ore-alluvial deposits

Abstract. The analysis of the state of the problem of accumulation of mining industry technogenic wastes was discussed. Their resource potential was assessed on the territory of Far Eastern Federal district. The regularities of formation of technogenic complexes were revealed including the peculiarities of morphology and granulometric composition of valuable components and the presence of associated minerals. The program of complex research was proposed. It is directed to effective development of technogenic deposits.

Keywords: gold-mining; anthropogenic complexes; tailing dumps; reprocessing; secondary components; revaluation of reserves

References

1. Kavchik B.K. Nekotorye itogi raboty zolotodobyvaiushchei otrasli v 2013 godu i nadezhdy na budushchee [Some results of the gold mining industry in 2013 and hopes for the future]. *Zolotodobycha*, 2014, no. 5, pp. 14–18.
2. Arkhipov G.I. Gornodobyvaiushchaia promyshlennost' [Mining and quarrying]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*, 2013, no. 5, pp. 164–175.
3. Bykhovskii L.Z., Sporykhina L.V. Tekhnogennye otkhody kak rezerv popolneniia mineral'no-syr'evoi baza: sostoiianie i problemy osvoeniia [Technogenic waste as a resource replenishment of the mineral resource base: status and problems of development]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*, 2011, no. 4, pp. 15–20.
4. Kavchik B.K., Piatakov V.G. Geologicheskoe stroenie tekhnogennykh rossypei i ego vliianie na vybor sposoba razrabotki [Geological structure-mining and its impact on the choice of method development]. *Zolotodobycha*, 2010, no. 135, pp. 14–19.
5. Petunina O.N., Bondarenko V.P., Cherkasov A.D. Dinamika i tendentsii izmeneniia sostoiianiia syr'evoi bazy tverdykh poleznykh iskopaemykh po dannym Gosudarstvennogo balansa zapasov poleznykh iskopaemykh (2004–2011 gody) [The dynamics and trends of the state of the raw material base of solid minerals according to the State balance of mineral reserves (2004–2011 years)]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*, 2012, no. 4, pp. 43–55.
6. Mirzекhanov G.S., Mirzекhanova Z.G. *Resursnyi potentsial tekhnogennykh obrazovaniia rossypanykh mestorozhdenii zolota* [The resource potential of man-made structures placer gold deposits]. Moscow, MAKS-Press Publ., 2013, 288 p.
7. Rasskazov I.Iu., Van-Van-E A.P., Litvintsev V.S. *Razrabotka metodologii i nauchno-tekhnologicheskikh printsipov osvoeniia tekhnogennykh zolotorosсыpanykh mestorozhdenii iuga Dal'nego Vostoka Rossii kak osnovy sostavleniia investitsionnykh programm effektivnogo razvitiia otrasli* (Development of methodology and scientific and technological principles of the development of man-made zolotorosсыpanykh fields south of the Russian Far East as a basis for drawing up investment programs for effective development of the industry). Available at: www.vsegei.ru/conf/summary/round_table10/S1_03.ppt (obrashchenie 23.01.2016) (accessed 23 January 2016).
8. Zvereva V.P. Khvostokhranilishcha Dal'nego Vostoka – tekhnogennye mestorozhdeniia i mineral'no-syr'evye resursy Rossii, kotorye možhno poteriat' [Tailings Far East - technogenic deposits and mineral resources of Russia, which can be lost]. *Materialy XIV mezhdunarodnogo soveshchaniia «Rossypi i mestorozhdenii kor vyvetriviiani: sovremennye problemy issledovaniia i osvoeniia»* [Proc. of the XIV int. conference "Placer deposits and weathering crust: modern problems of research and development"]. Novosibirsk, 2010, pp. 249–256.
9. Rasskazov I.Iu., Grekhnev N.I., Aleksandrova T.N. Tekhnogennye mestorozhdeniia v otvalakh gorno-obogatitel'nykh kombinatov Dal'nevostochnogo regiona [Man-made deposits in the dumps of mining and processing enterprises of the Far Eastern region]. *Tikhookeanskaia geologiya*, 2014, P. 33, no. 1, pp. 102–114.
10. Berezovskii P.V. *Ekonomicheskaiia otsenka vtorichnykh mineral'nykh resursov* [Economic evaluation of secondary mineral resources]. St. Petersburg, 2006, 163 p.
11. Mamaev Iu.A., Litvintsev V.S., Alekseev V.S. Protssy formirovaniia produktivnogo plasta tekhnogennykh rossypei blagorodnykh metallov [The formation of productive formation-mining of precious metals]. *Tikhookeanskaia geologiya*, 2012, P. 31, no. 4, pp. 106–112.
12. Litvintsev V.S., Alekseev V.S., Puliaevskii A.M. Suffozionnye protssy v tekhnologii formirovaniia obogashchennykh zon tekhnogennykh zolotorosсыpanykh mestorozhdenii [Suffusion processes in the formation of technology-rich zones of technogenic deposits zolotorosсыpanykh]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2012, no. 5, pp. 157–163.
13. Litvintsev V.S. O resursnom potentsiale tekhnogennykh zolotorosсыpanykh mestorozhdenii [About resource potential technological fields zolotorosсыpanykh]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2013, no. 1, pp. 118–26.