

## ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

*Ю.А. Мамаев, В.С. Литвинцев, В.С. Алексеев*

*Институт горного дела ДВО РАН, ул. Тургенева 51, г. Хабаровск, 680000; e-mail: alekseev-vs\_83@mail.ru*  
Поступила в редакцию 20 августа 2011 г.

Установлены закономерности влияния природных процессов на миграцию и концентрацию частиц благородных металлов техногенных россыпных образований.

**Ключевые слова:** техногенные россыпи, криогенные процессы, суффозия, фильтрационные потоки, миграция частиц золота, формирование продуктивного пласта.

Природные и техногенные россыпные месторождения включают в себя все основные черты геосистемы, отражающей единство и взаимосвязь следующих компонентов: недр, природных процессов, техники и технологий, социально-экономических структур, системной организации производственной деятельности и др. [5]. Решение проблем их освоения требует серьезного научного обоснования.

Природные (геогенные) россыпные месторождения золота на современном этапе их освоения характеризуются рядом специфических особенностей, в частности, сложностью залегания и строения, территориальной удаленностью от освоенных районов, вовлечением в отработку, а, следовательно, отчуждением больших земельных площадей, обедненностью запасов и наличием значительного количества мелкозолота и др. В отечественной и зарубежной практике появляются данные о начале освоения во все более широких масштабах элювиальных, техногенных и других типов россыпей, которые ранее считались непромышленными. Неизбежен поиск альтернативных объектов золотодобычи. Ими, в первую очередь, являются рудные месторождения золота и накопленные за многолетний период эксплуатации техногенные россыпные образования.

Отличительные особенности россыпей на территории Хабаровского и Приморского краев определяются преимущественно геологическими факторами, в том числе и тектоническими. Трансрегиональные впадины, разделенные сводово-горстовыми структурами, весьма активные на протяжении позднего мезозоя и кайнозоя, определяют многообра-

зие морфогенетических типов россыпей, приуроченных к определенному гипсометрическому ярусу. Вершины их редко выступают за отметки 300–350 м, в большинстве не превышая 100 м [8]. Нередко продуктивные пласты россыпей, в том числе и неглубоко залегающих, располагаются ниже уровня мирового океана, что создает иногда большие сложности при их разработке. Весьма своеобразна характеристика россыпей данного региона по степени глинистости золотоносных пластов и ситовому составу золота. Из всего состава техногенных россыпей Хабаровского края почти 30 % относятся к россыпям с высокой степенью глинистости и значительным содержанием мелкого и тонкого золота; к легкопромывистым россыпям относится около 10–15 % россыпей, остальные – к россыпям средней промывистости. Небольшая группа россыпей (около 1 %) относится к труднообогатимым россыпям из-за высокого содержания попутных минералов тяжелой фракции, содержание которых может достигать свыше 16 кг/м<sup>3</sup> при содержании золота в концентрате от 100 до 368 г/т.

По данным МПР РФ (2009 г), доля россыпных месторождений в балансовых запасах с каждым годом снижается; в настоящее время она составляет немногим более 11 %. Запасы россыпного золота рассредоточены в более чем пяти тысячах объектов, в основном на территории от Урала до Камчатки. Для россыпных месторождений характерно ухудшение качества запасов: в 2005 г. среднее содержание золота в добываемых песках при подводном способе отработки (драгами) составляло 170 мг/м<sup>3</sup>, в 2009 г. – уже 140 мг/м<sup>3</sup>. В настоящее время известны случаи

рентабельной разработки россыпей драгами при содержании металла до 70 мг/м<sup>3</sup>.

Одна из особенностей техногенных россыпей – стохастический характер распределения золота и других ценных компонентов в их структурах – обуславливает необходимость переработки и обогащения всего объема горной массы, поэтому в условиях, когда содержания ценных компонентов минимальны, освоение техногенных россыпей оказывается зачастую нерентабельным. В этой связи создание технологий их крупномасштабного и рационального освоения является важной научной и народнохозяйственной задачей.

Рассмотрим несколько природных и технологических процессов, оказывающих непосредственное влияние на концентрацию полезных компонентов и формирование обогащенного пласта техногенной россыпи.

Изучая комплексы техногенных россыпных образований, авторы обосновали и качественно-количественно оценили природно-технологические факторы, инициирующие неизвестное ранее явление внутриотвального формирования продуктивного пласта техногенной россыпи, которое заключается в миграции частиц благородных металлов и их концентрации в нижних горизонтах техногенного отвального комплекса.

К этим факторам нами отнесены следующие процессы:

- гидродинамические, включающие фильтрационные и суффозионные;
- криогенные;
- микросейсмические.

Наиболее близкими по генетической и технологической сути аналогами этих процессов являются природные процессы россыпеобразования, в частности, геологическая дифференциация минерального вещества. В геологической науке термин “дифференциация” используется для характеристики многих геологических процессов, при которых из первичного, исходного минерального сырья образуются вторичные продукты, генетически связанные с ним, но имеющие иной состав или иные признаки [3].

В отличие от исследуемых нами процессов формирования продуктивного пласта техногенной россыпи, геологическая дифференциация минерального вещества несоизмеримо более длительна по времени, однако знание ее особенностей необходимо для оценки и учета всех факторов, способствующих миграции ценных компонентов аллювиальной горной массы в приплотиковую область отвальных комплексов. В нашем понимании термин “дифференциация

минеральной горной массы техногенных отвальных комплексов россыпных месторождений” отражает процессы селективного формирования продуктивного пласта отвальных комплексов, другими словами – это закономерное разделение и смещение в минеральной горной массе техногенных отвальных комплексов отдельных монофракций ценного компонента и вмещающих пород относительно друг друга в зависимости от их морфометрических, гранулометрических, гидравлических, физических характеристик под воздействием природных (гидродинамических, фильтрационных, суффозионных, криогенных, микросейсмических) и антропогенных процессов.

#### **Влияние криогенных и фильтрационных процессов на дезинтеграцию и концентрацию ценных компонентов в массиве аллювиальных горных пород**

Охарактеризуем влияние криогенных процессов на скорость миграции ценных компонентов в отвалах техногенных россыпных месторождений. Изучением влияния этих процессов на миграцию золота в аллювиальной среде занимался ограниченный круг ученых, наиболее детальные экспериментальные и натурные исследования этих процессов выполнил Ю.В. Шумилов и др. [13].

Представляет несомненный интерес один из лабораторных опытов, описанный в [13]. Для проведения опыта были подобраны фракции аллювиальных пород и золота различной крупности, причем соотношение между частицами, как вмещающих пород, так и золота, были характерны для золотоносных россыпей Северо-Востока России. Порода размещалась в сосуде с термоизоляцией дна и боковых поверхностей, поэтому ход отрицательной и положительной температурных волн направлялся сверху вниз.

Фиксированное количество золота определенной крупности, разделенное на две равные части, разместили в верхней и средней частях породы сосуда. Температура в центре слоя на модели достигала минус 5–9 °С. Толщина слоя обломочного материала составляла 10 см. В результате 20-ти циклов промораживания–протаивания (цикл П–П) возникло перемещение частиц золота по всей вертикали слоя. Шумилов Ю.В. считает: “Механизм проседания обусловлен возникновением микрослоев и заполненных льдом трещин в гравелисто-песчаном и суглинистом материале продуктивного пласта. При периодическом протаивании обломочного материала частицы золота чаще всего соскальзывают в микротрещины и вытаивающие прожилки льда и испытывают элементарные смещения от долей до нескольких миллиметров. В масштабе геологического времени эти смеще-

ния могут достигать значительных величин, вполне сопоставимых с мощностью пласта россыпей. Если допустить, что часто встречающиеся в заполненных глинистым материалом трещинах плотика значительные концентрации золота не связаны с золотоносностью коренного дна долины, то механизм попадания частиц золота в трещины вполне может быть связан с криогенным проседанием”.

Извлечение золота при обогащении глинистых песков существенно повышается при высоком качестве дезинтеграции исходного материала.

Наиболее эффективными методами подготовки песчано-глинистых пород является природное выветривание – высушивание, размокание, промораживание–протаивание. Предварительное высушивание и промораживание–протаивание резко ускоряют размокание и дезинтеграцию глин. Эти выводы достаточно полно обоснованы в диссертационной работе Г.П. Пономарчука [7].

Глины в виде окатышей являются основными носителями технологических потерь золота в галечной фракции хвостов промывки, поскольку значительная величина коэффициента сцепления частиц и показатель естественной влажности позволяют отнести черные, серые и желто-коричневые глины по классификации промывистости к труднопромывистым породам. Так, образцы черной глины показали наибольшую прочность, не разрушаясь в водной среде в течение 92 суток, однако после предварительной проморозки степень разупрочнения их возрастает.

Влияние процессов криогенного воздействия на миграцию золота в техногенных отвалах следует изучать с учетом фракционного состава техногенных отвалов и ситового состава золота.

Изучение гранулометрического состава пород россыпей Хабаровского края показывает, что содержание фракций менее 16 мм в ста тридцати одном россыпном месторождении распределилось следующим образом: наибольшее число месторождений (53.4 %) имеют содержание фракций менее 16 мм свыше 50 %, причем в отдельных месторождениях эти фракции преобладают: месторождения Колчан – 82.2 %, Павловский Лог – 86 %, Генриховский-Талагач – 90.5 %, Октябрьский – 90.1 %, Малый Ваюн – 93 %. Анализ ситового состава золота 26-ти россыпных месторождений Хабаровского края показывает, что наибольшую часть месторождений составляют россыпи с ситовым составом золота от 0.1 до 3 мм.

Нами проведен ряд лабораторных экспериментов, методической основой которых являлся принцип поэлементного моделирования (изучаемый процесс представляется цепью элементарных, последователь-

но проходящих за небольшие отрезки времени микропроцессов). Эксперименты проводились следующим образом. Были изготовлены три деревянных контейнера с полостью 10×10×10 см, теплоизолированные с боковых сторон и снизу. В эти полости закладывалась горная масса и ценный компонент. В первом и третьем контейнерах ценный компонент размещали в верхнем слое (50 %) – отметка 0 и в шестом слое (50 %) – отметка -5 см от верхнего уровня контейнера, а во втором – только в верхнем слое (100 %). Контейнеры последовательно помещались в морозильную камеру холодильника, выдерживались в течение суток, затем двое суток размораживались при комнатной температуре. В один из контейнеров был вмонтирован термометр на уровне слоя -5 см. Установлено, что температура породы в конце периода проморозки колебалась в пределах от -3° до -5° С. После выполнения 21 цикла проморозки–протаивания порода слоями толщиной 1 см извлекалась из контейнеров и промывалась на концентрационном столе. Полученную головную фракцию стола доводили вручную. Вывод: факт миграции ценных компонентов большой плотности под влиянием циклов проморозки–протаивания не вызывает сомнения.

Установлено, что скорость миграции частиц ценного компонента по классам и по доле их в классе примерно совпадает с результатами экспериментов [13]. Несомненно также и то, что эта скорость существенно повысится в условиях воздействия на массив потока воды, поэтому эффективность концентрации ценных компонентов в приплотиковую область будет достаточно высокой и при меньшем числе циклов проморозки–протаивания.

Скорость миграции золота в результате циклов П–П находится в пределах от 1.6 до 0.3 мм/сут. (для частиц золота размером 2.5 мм). Для более мелких фракций скорость миграции золота возрастает. Комплексное действие безнапорных потоков воды в массиве техногенных пород и циклы П–П являются важным условием активизации процесса формирования продуктивного пласта техногенной россыпи. Они также служат “катализатором” дезинтеграционных процессов, что в свою очередь способствует пространственному перемещению частиц ценных компонентов.

Рассмотрим в общем плане процессы воздействия напорных и безнапорных потоков воды на аллювиальную горную массу, включающую различные структуры техногенных россыпных образований.

При наличии в толще пласта фильтрационного потока может возникнуть несколько видов деформации

ций структуры пород, способствующих процессам миграции ценных компонентов в приплотиковую часть пласта.

К таким деформациям относятся:

- суффозия, т.е. вынос или перемещение фильтративным потоком наиболее мелких частиц горной массы; при наличии в грунтах растворимых солей возможна химическая суффозия;

- контактный размыв, т.е. разрушение связных пород на контакте с более крупным материалом, обусловленное действием фильтративного потока вдоль контактной поверхности;

- отслаивание, т.е. отрыв фильтративным потоком частиц и агрегатов глинистых пород над порами горной массы.

В результате суффозии происходит увеличение пористости горной породы при росте размеров пор. Это создает предпосылки к миграционным процессам ценных компонентов, имеющих более высокую плотность. При контактном размыве и отслаивании ослабляются связи между верхним и нижним слоями горной массы, что облегчает принудительное смещение верхних слоев пород к нижним.

Фильтративный поток в теле россыпи можно создать путем устройства в верхней части обрабатываемого блока траншеи для фильтративной воды, подаваемой из водного источника самотеком. В нижней части спланированного блока проводится водосборная траншея. Характеристики фильтративного потока определяются многими показателями, которые в реальных условиях могут изменяться в широких пределах. К ним относятся: пористость и фильтративная способность горной массы, температура воды и пород, наличие или отсутствие водоупора и схема его расположения, глубина промерзания горной массы и скорость ее оттаивания, глубина воды в верхней и водосборной траншеях. Наиболее важным показателем является фильтративная способность горной массы, характеризующая коэффициентом фильтрации.

Согласно данным работы [6], в условно однородных водоносных пластах горной массы коэффициент фильтрации изменяется на несколько порядков – от 0.000005 (глина) до 1.0 см/с (песок чистый).

Миграция ценных компонентов в приплотиковую область пласта техногенной россыпи во многом зависит от эффективности суффозионного процесса.

Оценка суффозионности (или несуффозионности) продуктивных горных пород производится по максимальному диаметру фильтративного хода в породе  $d_0^{\max}$  и минимальному диаметру частиц пород  $d_{\min}$ .

## Микросейсмические процессы

Процессы миграции и концентрации золота в массиве техногенного месторождения имеет общую природу с гравитационными процессами обогащения золотосодержащих песков. Существуют способы разделения частиц различной плотности и крупности: гидравлический и сегрегационный. В изучаемых авторами статьи месторождениях разделение частиц ценных компонентов указанными способами происходит в условиях, когда определяющую роль играет сегрегация, т.е. разделение частиц при их соприкосновении. В этом случае силы взаимодействия между частицами преобладают над гидродинамическими. Эффективность сегрегационных процессов возрастает при появлении дополнительных возмущающих сил переменного направления. Скорость расслаивания в условиях сегрегации повышается с ростом крупности фракций горной массы и ценного компонента и разности их плотностей, с увеличением интенсивности вибраций и уменьшением толщины слоя. В природных условиях одним из источников колебательного процесса горной массы аллювиальных техногенных россыпей являются сейсмические колебания небольшой мощности (микросейсмические процессы).

Дальневосточный регион является частью Тихоокеанского пояса, на территорию которого приходится до 90 % всех землетрясений, происходящих на земном шаре. В.Л. Абрамовым приведены данные [1] о сейсмических колебаниях энергетических классов (магнитуда менее 3), которые происходят в количестве от 100 тыс. до 1 млн в год. О влиянии сейсмических проявлений на формирование природных россыпей указывали А.П. Сорокин, А.В. Жуков и другие ученые [2, 4, 9–12, 14]. Установлено, что основные россыпные месторождения Приамурья расположены в зонах активного проявления сейсмической деятельности, причем подавляющая их часть имеет небольшую мощность.

Горные породы, на которые оказывают давление вышележащие слои, достаточно уплотнены и обладают свойствами, близкими к упругим телам. При любом сотрясении, вызванном ударом, взрывом или землетрясением, в них возникают упругие сейсмические волны. Формализация процессов воздействия энергии упругих колебаний на частицы горных пород настолько сложна, что реализовать ее с высокой степенью точности весьма проблематично, поэтому отметим общие качественно-количественные характеристики происходящих явлений, влияющих факторов, предложим логическую схему поведения фракций пород и ценных компонентов в условиях сейсми-

ческих колебаний. Адекватность этой схемы реально происходящим процессам и явлениям может быть оценена результатами экспериментальных работ.

Упругие волны от сейсмических процессов распространяются в массиве горных пород с определенной скоростью, зависящей от плотности среды, степени ее неоднородности и упругих постоянных (модуля Юнга и коэффициента Пуассона), при этом возникает деформация среды, проявляющаяся в изменении объема и формы упругого тела. Наибольшее значение имеют два вида волн: продольные Р-волны и поперечные S-волны.

Существует еще один класс волн – поверхностные. К ним относятся наиболее четко проявляющиеся волны Релея и волны Лява. Волны Релея имеют значительную вертикальную составляющую и напоминают “кульбит назад”, т. е. частицы породы перемещаются по эллипсам вверх и вниз в направлении движения волны. Волны Лява аналогичны S-волнам, но они проявляются только в горизонтальной плоскости поверхностного слоя Земли.

Таким образом, сейсмические явления, создавая в массивах пород ряд волновых процессов, несомненно, воздействуют на каждую отдельно взятую частицу полезного компонента, оказавшуюся в зоне данного воздействия, создавая предпосылки для ее перемещения в различных направлениях. Авторами статьи обосновано предположение, что преобладающим является движение, направленное вниз. Этот вывод справедлив при условии небольшой мощности землетрясений и значительном числе их повторений. Катализатором этого процесса может явиться обводненность массива.

Для объективного понимания механизма миграции ценных компонентов в сухих или обводненных горных породах и их концентрации в формируемом пласте полезного ископаемого необходимо иметь информацию о закономерности (даже самого общего плана) распределения этих компонентов в толще вмещающей породы. Этот же вопрос возникает и при разработке методов обогащения песков золотосодержащих россыпей. Общепринятого объяснения явления разделения фракций в сухих или обводненных породах до сих пор не существует. Для полноты характеристики создаваемых теоретических положений изучаемых процессов необходимо рассматривать строение и свойства россыпей с учетом наличия в них гелевых образований (агрегаты твердых частиц с обволакивающими их водными оболочками, прорастающими друг в друга).

Авторами произведена оценка степени влияния этих образований на формирование структуры россыпи и длительность этого процесса. Присутствие

воды в россыпи облегчает относительное смещение твердых частиц, но для очень мелкой фракции создает предпосылки перемещения их вверх за счет действия гидродинамических сил, возникающих при относительном движении более крупных частиц. На разделение фракций твердых частиц, при условии, если в них образуются гели, влияют колебания пород при сейсмопроявлениях в природных условиях или искусственно вызываемые вибрацией в обогащательных аппаратах. Для исследования параметров процесса миграции ценных компонентов под воздействием виброколебаний была разработана экспериментальная установка.

В качестве вмещающих пород были отобраны и равномерно распределены в установке породы, фракционный состав, объем и плотность которых, показаны в табл. 1.

Установка представляет собой тонкостенную металлическую емкость прямоугольного сечения размерами  $L \times V \times h = 1000 \times 300 \times 300$  мм, жестко закрепленную на опорах и заполненную горной массой. Колебания создаются электромагнитным излучателем — вибратором (ЭМИ), установленным на торцевой стенке ящика. Ситовой состав ценного компонента в эксперименте представлен в табл. 2.

Ценные компоненты (пробы № 1–3) были размещены на поверхности породы в трех зонах по ширине емкости – в начале, посередине и в конце емкости экспериментальной установки.

Цель эксперимента – определить расстояние (глубину) миграции ценных компонентов в исследуемой породе под действием колебаний. Эксперименты проводились в общей сложности 39 часов.

Возбуждение волн в аллювиальной породе происходило за счет колебаний излучающей пластины, жестко связанной с якорем электромагнитной системы. Вследствие периодического изменения магнитного потока в воздушном зазоре якорь притягивается к полюсам сердечника, приводя в движение излучающую пластину. Электромагнитная система представляет собой дроссель с разомкнутым магнитопроводом (электромагнит). В такой системе якорь притягивается к сердечнику при любом направлении тока в обмотке, поэтому при питании от промышленной сети якорь будет колебаться с удвоенной частотой, т. е. 100 Гц. В качестве неподвижного сердечника использован Ш-образный магнитопровод  $100 \times 140 \times 100$  мм, жестко закрепленный на силовой раме.

Излучающая пластина, одновременно выполняющая функции боковой стенки ящика, закреплена по периметру металлическими накладками через прокладку из толстой губчатой резины, что исключает жесткую механическую связь с корпусом установки.

Таблица 1. Гранулометрический состав горных пород в эксперименте.

Показатель	Класс пород, мм									
	-20+10	-10+5	-5+2	-2+0,63	-0.63+0,2	-0.2	-2+0.63	-0.63+0,2	-0.2	
Объем, см <sup>3</sup>	9500	10000	6100	4500	20000	8000	1600	6800	2500	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2.88	2.62	2.9	1.65	1.48	1.49	2.31	2.39	2.4	

Таблица 2. Ситовой состав ценного компонента в эксперименте.

Показатель	Фракция ценного компонента					
	-1.6+0.4		-0.4+0.14		Всего	
	мг	%	мг	%	мг	%
Проба 1	259	44.2	327	55.8	586	100
Проба 2	442.5	64.2	267	37.6	709.5	100
Проба 3	220	36.4	384	63.6	604	100

В первом приближении эта стенка работает как поршневой излучатель.

Измерение параметров акустического поля проводилось с помощью стандартных виброприемников типа KS-50 (фирмы RFT), размещаемых в исследуемых участках породы – в начале, посередине и в концевой части емкости. Акселерометры устанавливались на металлических пластинах размерами 80×80 мм, что обеспечивало надежный акустический контакт с породой. Обработка сигналов, вырабатываемых виброприемниками, осуществлялась при посредстве стандартного измерительного усилителя-анализатора типа 2107 (фирмы “Bruel & Kjaer”), который позволил измерять среднеквадратичное (RMA) или амплитудное (пиковое) значение периодического сигнала.

После завершения эксперимента был произведен отбор горной массы по всей мощности породы слоями по 3–4 см в местах заложения ценных компонентов. Результаты выполненных экспериментов по определению миграции ценных компонентов под воздействием колебаний, установленные послойным опробованием горной породы, представлены в табл. 3.

На основании теоретических исследований и проведенных экспериментов можно дать качественно-количественную оценку параметров процесса миграции и концентрации ценных компонентов в массиве техногенных россыпных образований под воздействием энергии колебаний. По данным проведенных экспериментов, средняя скорость миграции ценных компонентов крупностью -1.6+0.14 за время эксперимента составила 6 мм/ч или 0.0018 мм/с. Результаты эксперимента показывают, что влияние энергии колебаний горных пород на миграцию ценных компонентов проявляется достаточно эффективно, однако необходимо продолжить эти исследова-

Таблица 3. Миграция ценных компонентов в увлажненной аллювиальной горной массе под воздействием колебательных процессов (экспериментальные данные по двум рядам заложения полезных компонентов).

Место заложения полезных компонентов	Слой по глубине	Фракция ценного компонента, мм					
		- 1.6+0.4		- 0.4 + 0.14			
		мг	%	мг	%	мг	%
В начале емкости	1	124	22.6	100	18.2	224	40.8
	2	68	12.4	120	21.8	188	34.2
	3	14	2.5	66	12	80	14.5
	4	5	0.9	12	2.2	17	3.1
	5	7.5	1.3	4	0.7	11.5	2.1
	6	11	2	3.5	0.6	14.5	2.6
	7	8	1.4	3	0.5	11	1.9
	8	1.5	0.3	2	0.4	3.5	0.8
		<b>Итого 549.5 100</b>					
В середине емкости	1	222	34.6	55	8.5	277	43.1
	2	117	18.2	38	5.8	155	24
	3	28	4.4	60	9.3	88	13.7
	4	5	0.8	50	8	55	8.8
	5	10	1.6	6	0.9	16	2.5
	6	10	1.6	5	0.8	15	2.4
	7	7	1.1	3	0.5	10	1.6
		<b>Итого 641 100</b>					

Примечание. Результаты обработки проб, отобранных в конце емкости экспериментальной установки, не показаны.

ния, расширив диапазон частот колебательных процессов в водно-аллювиальной среде и обосновать рациональные технологические решения по созданию искусственных акустических колебаний в техногенных комплексах россыпей.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований обоснованы перспективные направления решения проблемы рационального и комплексного освоения техногенных россыпных месторождений. Обоснование новых физико-технических геотехнологий формирования пластов крупномасштабных техногенных россыпных месторождений является важной фундаментальной задачей горной науки.

Основные научные и практические результаты выполненных исследований заключаются в следующем:

1. На основе результатов анализа деятельности горных предприятий, научно-исследовательских академических и отраслевых институтов показано, что недооценка резерва сырьевой базы россыпной золотодобычи – техногенных отвалных комплексов – создает негативные социально-экономические последствия для регионов традиционной россыпной золотодобычи. Однако эффективное освоение их возможно только при условии применения новых и рациональных технологий подготовки и глубокой переработки горной массы для последующего извлечения комплекса ценных минералов. Создание такой технологии является актуальной научно-технической задачей, отвечающей коренным интересам развития региона.

2. Экспериментальным путем установлены качественно-количественные закономерности миграции ценных компонентов в аллювиальной среде под воздействием циклов “Проморозка–Протаивание” (П–П). Получены данные, позволяющие оценить усредненную скорость миграционных процессов фракций золота в массиве пород, имеющем типичный для многих россыпей региона гранулометрический состав. Скорость миграции фракций золота в результате циклов П–П находится в пределах от 1.6 до 0.3 мм/сут. для частиц золота размером 2.5 мм. Для более мелких фракций скорость миграции увеличивается. Безнапорные потоки воды в массиве пород и циклы П–П являются также “катализатором” дезинтеграционных процессов, что в свою очередь способствуют пространственным перемещениям частиц ценных компонентов. Несомненно, что воздействие на массив пород безнапорных потоков воды способно многократно увеличить этот показатель, что обоснованно позволяет считать данный комплекс технологических операций важной и существенной частью геотехнологии разработки техногенных россыпей на основе формирования продуктивного пласта.

3. Оценка известных фактов влияния микросейсмических процессов на образование природных россыпей позволила определить научное направление исследований воздействия энергии колебаний от источников природного или искусственного характера на формирование обогащенного приплотикового пласта техногенных россыпных образований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов В.А., Абрамова В.А. Современная сейсмоструктурная и тектоно-магматическая активизация зон Земли // Материалы IV симпозиума ИТиГ ДВО РАН “Закономерности эволюции геосфер”. Хабаровск, 1998. С. 64–66.
2. Балакришна С. Упругие свойства некоторых горных пород Индии // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1966. № 5. С. 3–15.
3. Копылов Р.Н. Дифференциация золота в аллювиальных пластовых россыпях / Отв. ред. Э.Д. Избеков. Якутск: НИПК “Сахаполиграфиздат”, 2002. 141 с.
4. Курленя М.В., Сердюков С.В. Определение области вибросейсмического воздействия на месторождение нефти с дневной поверхности // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. № 4. С. 3–12.
5. Лаверов Н.П., Трубецкой К.Н. Горные науки в системе наук о земле // Вестн. РАН. 1996. Т. 66, № 5. С. 411–418.
6. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977. 664 с.
7. Пономарчук Г.П. Совершенствование технологии дражной разработки глубокозалегающих россыпей Приамурья: Дис.... канд. техн. наук. Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2000. 138 с.
8. Проблемы освоения техногенных россыпей Дальнего Востока / Ю.А. Мамаев, В.С. Литвинцев, Е.А. Шевелева, Г.П. Пономарчук, В.С. Шаповалов // Рациональное освоение месторождений полезных ископаемых Дальнего Востока / Сб. научн. тр. ИГД ДВО РАН: Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 28–38.
9. Саваренский Е.Ф., Киринос Д.П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. Изд-е 2-ое, переработанное. М.: Гос. изд-во техн.-теор. лит-ры, 1955. 543 с.
10. Сейсмоструктурная и сейсмическая районировка Приамурья / В.В. Николаев, Р.М. Семенов, Л.С. Оскорбин и др. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1989. 128 с.
11. Сорокин А.П., Готов В.Д. Золотоносные структурно-вещественные ассоциации Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1997. 301 с.
12. Сорокина А.Т., Сорокин А.П., Серов М.А. и др. Разломно-блоковые структуры восточной окраины Амурской литосферной плиты, их сейсмичность и флюидный режим // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 1. С. 16–29.
13. Шумилов Ю.В., Шумовский А.Г. Результаты изучения процессов континентального литогенеза и формирования россыпей // Отчет НИР за 1975-1978 г.г., № гос. рег. 76067242, Магадан: СВКНИИ ДВНЦ РАН, 1978. С. 5–161.
14. Эйби Дж.А. Землетрясения. М.: Недра, 1982. 264 с.

*Рекомендована к печати И.Ю. Рассказовым*

*Yu.A. Mamaev, V.S. Litvintsev, V.S. Alexeev*

### **Processes of a productive layer formation of the noble metals technogene placers**

There were established the regularities of natural processes impact on migration and concentration of noble metals particles in technogene placer formations.

**Key words:** technogene placer deposits, cryogenic processes, blowout piping, filtration flows, gold particles migration, productive layer formation.