

Геология

УДК 553. 411.435

Р. Г. ГЕВОРКЯН, Б. С. ЛУНЕВ, В. А. НАУМОВ, О. Б. НАУМОВА, В. В. ГОЛДЫРЕВ

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ ГЕОХИМИИ

Краткий очерк возможностей Армении в дополнительных минерально-сырьевых ресурсах, которые без значительных капитальных затрат могут быть получены за счет освоения промышленных отходов, отвалов и утилизации илов очистки, а также эксплуатации россыпных месторождений золота, титана и др. ценных компонентов, указывает на необходимость акцентирования на них внимания потенциальных инвесторов. В этой связи особую значимость приобретают работы, выполненные в Пермском университете, по методической оценке потенциальных техногенных месторождений песков Прикамья, результаты которых освещаются ниже.

В республике Армения сформировались сложные комплексы экологических проблем, имеющие серьезную остроту на уровне последствий.

Среди наиболее неблагоприятных по состоянию окружающей среды районов можно выделить зону бедствия Спитакского землетрясения (7.12.1988 г.), бассейн оз. Севан и участки расположения предприятий горнодобывающей промышленности и обогатительных фабрик цветной металлургии (Каджаран, Капан, Агарак, Ахтала, Арарат, Сотк – Зод), интенсивной добычи нерудных полезных ископаемых (Артик, Пемзашен).

В республике в течение многих десятилетий месторождения полезных ископаемых использовались некомплексно и малоэффективно. Ряд ценных компонентов перешел в отвалы при добыче и переработке медных, медно-молибденовых и золото-полиметаллических руд. Несмотря на гигантские объемы отходов, использовано лишь 0.014% от общего количества. Общее количество отходов цветной металлургии составляет более 400 млн. м³, под складирование их в хвостохранилища занято более 300 га, а от горных работ пострадало свыше 2,5 тыс. га земель.

Среди отходов погребены значительные содержания ценных компонентов: Mo – 0.007–0.01%, Cu – 0.07–0.1, S_{общ} – до 3%, Al₂O₃ – до 18%, Se, Te, Re, Bi – 0.5–8 г/т. Только отходы Араратской золото-извлекательной фабрики составляют более 12 млн. т при среднем содержании Au – 1.25 г/т, из которых армяно-индийская компания извлекает солидные количества золота и серебра.

На данном этапе при обработке руд республики ни один из металлов (кроме золота и серебра) не извлекается на месте, а вывозятся лишь концентраты, в которые переходят не более 50–55 % от начального содержания ценных металлов, остальное отправляется в отвалы. Более того, из этих руд

добываются лишь 3–4 компонента, в то время как из одних и тех же рудных концентратов за рубежом извлекаются 15–24 компонента (ФРГ, Швеция, США, Канада, Перу, Чили).

Все отмеченные отходы – "хвосты" горнорудного производства должны быть после дополнительной переработки и доизвлечения ценных металлов использованы в качестве строительных песков, заполнителей железобетонных конструкций, кирпичей, асфальтовых покрытий и т.д.

В сотнях, разбросанных по территории республики карьерах природных строительных материалов (базальт, туфы, пемзы, шлаки, гранит, мрамор и др.) в результате бессистемной, варварской эксплуатации и использования около 30% горной массы накопилось более 50 млн.м³ отходов. Особенно важно, что выделенные на территории плодородной Араратской долины песчаные карьеры занимают более 650 га земель, из которых добывается ежегодно более 2.5 млн.м³ песчано-гравийных масс для строительных целей, притом после их промывки более 50% полезных компонентов переходит также в отходы без предварительного извлечения золота, титана, циркония и т. д.

Огромное количество массы составляют также отходы – очистки бытовых, коммунальных и производственных стоков. Например, после биологической очистки на станции аэрации г. Еревана образуется более 15.5 тыс. т илов, в которых накапливаются ежегодно более 1200 т тяжелых осадков, содержащих: цинк – 43.7 т, медь – 52.3 т, никель – 29.07 т, хром – 15.1 т, железо – 40 т и т.д.

Кроме того, в Армении имеется ряд россыпных месторождений и участков, которые могут представлять определенный интерес в деле их освоения. Это исторически известные и изученные россыпи золота (долины рр. Агстев, Аракс, Мармарик, Сотк, Масрик и др.), титана (гг. Апаран, Памбак), циркона (р. Агстев) и др.

Апаранское месторождение рутила (TiO₂) изучено достаточно детально [1]. Месторождение представлено чередующимися слоями пестро-цветных глин песчано-гравийных отложений протяженностью 6–7 км при ширине толщи 3–3.5 км и мощности – 31–90 м. Содержание рутила от 301 до 1539 г/м³, а свыше 3–4 млн. т – по категории С₂. При мировых ценах на рутиловый концентрат (358–715 долл./т) данное месторождение может быть признано достаточно перспективным для организации добычи титановых руд с учетом увеличения в мире потребности в титане на 2% ежегодно.

Потенциальные техногенные месторождения (на примере песков Прикамья). В природных условиях месторождения полезных ископаемых не всегда отвечают требованиям производства. В результате их разработки возникают отвалы продуктов основного процесса обогащения. В строительном производстве, где используют пески, такими лишними продуктами являются, чаще всего, их мелкие фракции. В зависимости от особенностей состава месторождений, назначения песков для промышленных целей можно заранее рассчитать состав отвалов и наметить пути их утилизации (комплексного использования минерального сырья). Таким образом потенциальные техногенные месторождения рассмотрены на примере песков Прикамья, получены данные о полезных компонентах возможных отвалов из мелких фракций. Отвалы могут либо возникать, либо быть сразу утилизированы в зависимости от способа разработки. При простом отсеивании они будут

накапливаться. При более сложной схеме разработки они могут быть утилизированы путем концентрации мелких ценных минералов.

Высококачественные строительные пески – перспективное минеральное сырье, спрос на которое будет возрастать по мере развития строительной индустрии. Таких песков нельзя найти в природе, их можно получить в процессе обогащения. За рубежом в частности, широко применяется как пофракционный рассев, так и составление песков определенного гранулометрического состава.

Уже давно отмечено [2,3], что некачественные строительные пески значительно удорожают строительные работы. Неудовлетворительное качество нерудных строительных материалов и высокая их стоимость приводят к тому, что 30% затрат средств приходится на сборный железобетон (в США – 12%). Некондиционность заполнителей (песка, гравия) для бетона приводит к большому расходу цемента: на стройках 250–300 кг/м³ бетона (за рубежом – 150 кг), а на заводах железобетонных изделий – 400–450 кг/м³ бетона (за рубежом – 300–320 кг/м³). Стоимость нерудных строительных материалов составляет 50,2 % (в США – 24,2 %) себестоимости монолитного бетона, а сборного железобетона – 28,7% (в США – 12,6)%. К настоящему времени эта проблема сохраняет актуальность.

Песчано-гравийные смеси (ПГС) Прикамья состоят из песков (фракция – менее 5 мм) и гравия (фракция – более 5 мм); содержание гравия переменнo – от 40 до 60%. Наибольшие концентрации гравия установлены в границах пересечения локальных положительных тектонических структур.

Качество русловых отложений ПГС р. Камы как строительного сырья в сравнении со многими объектами Русской равнины и Сибири хорошее. Однако в камских песках песчано-глинистые частицы содержатся в относительно большом количестве. Экономия цемента может быть достигнута путем отделения (отсева) мелких фракций песков. Однако в песках имеются ценные минералы, которые желательно утилизировать. В результате их обогащения (рассева) и выделения мелкой фракции получают марочные пески, извлекаются ценные минералы из их мелкой фракции.

Месторождения (россыпи) титана и циркония в России имеются, но они беднее зарубежных, нуждаются в больших затратах для освоения, почти все отличаются наличием значительного объема вскрышных пород (см. табл.). Известны гидротехнологии, в которых вскрыша не производится. Эти месторождения находятся в стадии изучения и широкого практического значения не приобрели.

Мировая потребность в титане планируется с возрастанием на 2% в год. Мировые цены на ильменитовый концентрат (45–70% TiO₂) оцениваются в 40–79 долларов за тонну, рутиловый (94–96% TiO₂) – 358–715 долларов за тонну. Мировой рынок титановой промышленности стабилен и имеет тенденцию к увеличению производства [4].

Мелкие ценные минералы концентрируются неравномерно в ПГС с разным содержанием гравия. Обычно наиболее перспективны ПГС с высоким содержанием гравия (50–60%). Общая доля мелких ценных минералов в ПГС значительно меньше 1%.

Мелкие ценные минералы как продукт попутного их получения при комплексной разработке месторождений с каждым годом становятся более интересным объектом для разных исследователей. Этой проблемой еще в конце 50-х годов занимались московские ученые [5], которым недостаточ-

ный учет геологической информации не позволил решить ее в масштабах СССР. В Пермском университете такие исследования ведутся с начала 60-х годов. Накоплен огромный опыт и собрана необходимая геологическая и технологическая информация. Оценены геологические данные по аллювию многих рек СССР (Амур, Зея, Лена, Енисей, Обь, Кама, Волга, Ока и др.). Наиболее интересные результаты получены по содержанию золота (мг/м^3) в аллювии: рр. Чирчик (Узбекистан) – 35; Печора – 10–15; Вилюй (Якутия) – 10–100; Китат (приток Томи) – 12; Вятка – 6. Высокое содержание цирконий-титановых минералов отмечено на Украине, в Западной Сибири, на р.Зее.

Сравнение перспективных титансодержащих россыпей России с титансодержащими концентратами из ПГС Камы, кг/м^3

Объект (месторождение)	Вскрыша	Ильменит	Циркон	Рутил и лейкоксен	Золото, г/м^3	Условный ильменит*
Тугановское (Томская обл.)	7-100	30	11	4.6	–	72
Центральное (Тамбовская обл.)	13	35	7	8	+	72
Лукояновское (Нижегород. обл.)	25	90**	24	9		180**
Закамское (Пермская обл.), отсев менее 0,17 мм из ПГС с 40 - 50% гравия (фракция >5 мм)	–	34	37	9	2.5	163
Пермь – Но- воильинск, выход концентрата винтового шлюза – 0.06% от ПГС	–	183	69	36	5	462

* Условный ильменит при соотношении ильменит: рутил: циркон = 1:2:3.

** Совместно с хромитом и гематитом; + – ценный минерал встречается.

На Каме в ПГС установлено низкое содержание золота – 3–5 мг/м^3 , мало циркона, ильменита, рутила. Однако практический интерес могут представлять попутные продукты – отсеvy, концентраты обогащения и т.п.

Попутная добыча ценных минералов из ПГС проводилась по ряду объектов. На р. Тагил (Урал) за 10 лет попутно извлечено 40,7 кг золота и 3,5 кг платины. На р. Ингури (Кавказ) при содержании золота в речных отложениях 2 мг/т (4 мг/м^3) попутно получили за 4 года 12 кг золота. Пермская ЛОПИ¹ на одном из очень богатых объектов Урала (отвалы обогатительной фабрики) извлекла более 1 кг золота и платины. Для работы использовалась аппаратура, которая применялась при изучении рассматриваемого камского объекта.

На притоках р. Томи Пермская ЛОПИ изучила ПГС и оценила содержание в них свободного золота (в среднем – 12 мг/м^3). В настоящее время

¹ Лаборатория осадочных полезных ископаемых.

опытные работы по попутному извлечению золота из месторождений ПГС проведены в Подмоскowie (Вяземский ГОК), где в качестве эксперимента на промышленном оборудовании добыто несколько десятков грамм тонкого золота. Богатые объекты по содержанию золота ПГС в долине р.Зей также заинтересовали геологов как попутный продукт разработки строительных песков.

Зарубежный опыт по разработке ПГС и песков заслуживает внимания. Природные ПГС и пески перед использованием в строительстве обогащают. Так, в Нидерландах [6] существуют плавучие заводы по добыче и классификации песка из ПГС производительностью до 1500 *т/ч*. Ценные минералы попутно не извлекаются. Созданная обогатительная установка, как следует считать из описания, отличается высокой энергозатратностью, получение каждой размерной фракции песков потребляет много энергии. Таким образом, подобный плавучий завод решает только одну задачу – классифицирует аллювий по размерным фракциям.

Другой зарубежный пример обогащения относится к получению из песков ценных минералов без использования самих песков. Во Флориде (США) на 222 винтовых аппаратах (сепараторах), аналоги которых применялись ПГУ на Каме, обогащались пески [7]. Общая производительность такой фабрики равна 5000 *т* исходных песков в сутки. На такой фабрике работают три человека. В настоящее время в нашей стране имеются более производительные сепараторы – 18–5 *т/ч* на один аппарат.

Предлагаемая авторами схема обогащения камских песков включает элементы разделения песков на фракции (аналог плавучего завода в Нидерландах) и выделения из песков ценных минералов (аналог обогатительной фабрики во Флориде). Поскольку предусматривается разделение песков с использованием сил гравитации, то энергозатраты должны быть минимальными. Особенно это касается плавучих земснарядов, которые пульпу при складировании песков в баржи поднимают на определенную высоту.

Преимущества комплексного изучения и использования ПГС из русел рек многоплановы.

1. Увеличивается в каждом районе число заказчиков на разработку и перевозку, появляются новые из других районов.

2. Исчезает зависимость потребителей сырья каждого района (области) от централизованных дальнепривозных поставок (в том числе и зарубежных).

3. Сокращается трудоемкость, уменьшается стоимость перевозок сырья для потребителей в результате сокращения расстояний перевозок, что исключительно важно при дороговизне энергоносителей.

4. Расширяется ассортимент перевозок (транспортируются уже, помимо обычного песка и ПГС, и марочные пески разного назначения, концентраты ценных минералов).

5. Появляются новые нетрадиционные виды работ, связанные не только с получением гравия и песка, но и с обогащением песков по сортам, выделением концентратов ценных минералов.

6. Существенно возрастает прибыль от реализации широкого спектра высококачественных, а потому более дорогостоящих продуктов (сортированных песков разнопланового назначения и концентратов железа, титана, циркония, золота и др.).

7. Уменьшается плата за недра, поскольку эксплуатация ведется на одном объекте, а получается серия минеральных продуктов. В перспективе стоимость недр возрастет, потребность в сырье увеличится, запасы последнего сократятся, проблема станет сложнее.

8. Увеличение общего объема работ добывающего предприятия ведет к росту занятости населения. К существующему персоналу работников порта должны прибавиться высококвалифицированные геологи, обогатители, горняки, коммерсанты.

Методика работ ЛОПИ по изученному объекту в значительной мере традиционна. Объект исследования представляет собой карту намыва, содержащую ПГС разных месторождений русла Камы – от г.Перми до Нытвы. С карты намыва экскаватором со стенки забоя высотой 4–5 м взяты три пробы ПГС. Конечный вес проб составил 1000 кг (одна проба) и 500 кг (две пробы). Из ПГС отсеяна фракция менее 2 мм и пропущена через винтовой шлюз с диаметром желоба 250 мм. В полевых условиях получены богатые концентраты по ценным минералам. Концентраты составили 0,06% от веса исходной пробы (1000 кг) и 0,17 и 0,3% – проб по 500 кг. Наибольшее обогащение – более чем 1700 раз. Из пробы в 1000 кг получен концентрат весом в 585 г. В двух других пробах обогащение составило 334 раза (выход – концентрата 0,3%) и 557 раз (выход – 0,17%). В исходных пробах тяжелая фракция составляет значительно меньше 1%.

Результаты полевых работ. Получен коллективный концентрат ценных минералов. Расчеты показывают, что по отработанному режиму с каждого кубометра ПГС можно получать 1 кг концентрата. В 1 м³ такого концентрата содержание условного ильменита составит 462 кг. Концентрат объемом 1 кубометр будет содержать (кг): ильменита – 183, лейкоксена и рутила – 36, циркона – 69. Расчеты показывают, что обогатительный агрегат, перерабатывающий 1 млн.м³ ПГС в год может попутно дать 1000 т коллективного концентрата, при этом суммарное содержание условного ильменита составит 154, ильменита – 61, рутила – 6,3, циркона – 12,3, золота – 3 кг.

Результаты лабораторных работ. В лабораторных условиях с помощью магнитной и электромагнитной сепарации разделением в тяжелых жидкостях, оптическими исследованиями установлены ценные минералы. В концентрате содержание тяжелой фракции изменяется в зависимости от его выхода. В богатом – (выход – 0,06%) тяжелые минералы составили 60,5%, в бедном (выход 0,3%) – 26%, в концентрате со средними показателями (выход 0,17%) – 49,4%.

Основная доля (70–75%) тяжелых минералов приходится на фракцию 0,1–0,2 мм. При этом магнитные минералы среди тяжелых составляют 4–8%, электромагнитные – 13–15% (разделение велось на лабораторных электромагнитных сепараторах).

В практике обогащения используют высокопроизводительные магнитные сепараторы. Они имеют производительность 0,15–7 т/час. Согласно расчетам, полученный коллективный концентрат с 1 млн.м³ ПГС в количестве 1000 т на высокопроизводительном сепараторе может быть преобразован в моноконцентрат за 20 суток.

Гранулометрический состав ценных минералов ПГС р.Камы. Ценные минералы из ПГС отличаются высокой крупностью: 65–70% циркона, рутила и ильменита представлено фракцией 0,1–0,25 мм, в основном

– 0,1–0,17 мм. Это облегчает их обогащение. В ПГС с высоким содержанием гравия (55–80%) они наиболее крупные (0,1–0,25 мм); при низком содержании гравия (менее 25%) преобладают циркон, ильменит и рутил с размером зерен менее 0,1 мм.

На известных промышленных цирконий-титановых россыпях России ценные минералы мельче. Так, на месторождении Центральном 80–90% цирконий-титановых минералов сосредоточены во фракции <0,1 мм, свободное золото в них размером 0,026–0,017 мм содержится 67 мг/м³. В ПГС Камы золото более крупное, в коллективном концентрате оно составляет 5 г/м³. В цирконовом концентрате содержание его еще больше.

Распределение ценных минералов в тяжелой фракции неравномерно. В крупной фракции (более 0,3 мм) их мало – 0–11%, это главным образом лейкоксен. Наиболее богата ценными минералами фракция <0,1 мм. Она содержит (%): циркон – 38–47, рутил – 4,5–8,6, ильменит – 13,5–18,5. Таким образом, в мелкой тяжелой фракции 45–59% ценных минералов представлено в неэлектромагнитной фракции и 13,5–18,5% – в электромагнитной.

Преимущества цирконий-титановых концентратов из ПГС Камы и ей подобных объектов следующие:

1. Повышенная крупность зерен ценных минералов, что облегчает решение технологических вопросов. В ПГС преобладает фракция ценных минералов – >0,1 мм, а в россыпях – <0,1 мм.

2. Не требуются вскрышные работы при разработке.

3. Производство коллективных концентратов осуществляется попутно и потому затраты на их получение сводятся к минимуму.

4. Высокое содержание золота в коллективном концентрате (2–5 г/м³ и более). Минимальное промышленное содержание для этого драгоценного металла принимается 50 мг/м³

5. Высокое содержание циркона в концентратах из ПГС Камы (69 кг) против 7–24 кг на известных российских россыпных месторождениях.

6. Отсутствие глины в концентратах существенно отличает их от состава россыпей России.

Принципиальная технологическая схема попутного извлечения ценных минералов сводится к следующему:

1. Применение дуговых сит и отделение мелких фракций из ПГС (менее 0,17 мм) позволит получить, кроме золота, продукты с содержанием (кг/м³) циркона – 10–40, ильменита – 20–40, рутила – 2–10 [8].

2. Обогащение мелкой фракции осуществляется с использованием винтовых аппаратов с этажным расположением. По одной схеме аппараты монтируются на барже (на воде), по другой – на суше. Опыт работ позволил на суше получить коллективные концентраты с содержанием условного ильменита 462 кг/м³.

3. Коллективные концентраты могут направляться на специализированные обогатительные фабрики с целью извлечения золота и цирконий-титановых минералов. Сортированные пески используются в пределах Пермской области и экспортируются.

Аппаратура для обогатительной фабрики известна. Она применялась на различных объектах для получения сортированных песков (дуговые сита) или концентратов россыпей и дробленых коренных пород (винтовые шлюзы и сепараторы). В комплексе как единое целое эти установки никем не применялись на практике. Предлагаемые обогатительные аппараты имеют

большую производительность: дуговое сито с шириной щели 1 мм – 80 м³/ч., винтовые аппараты – 4–50 т/ч. Для работы на обогатительном агрегате с годовой производительностью 1 млн. кубометров ПГС потребуется 1–2 дуговых сита и не более 10 винтовых аппаратов большой производительности.

На Верхней Каме проведены исследования, аналогичные работам, выполненным в районе г.Перми. Пески и ПГС подвергнуты принудительной дифференциации. Получены новые продукты, отсутствующие в природном аллювии: пески, сортированные (высококачественные) для строительства, формовочные, стекольные, концентраты ценных минералов (золото, циркон, ильменит, рутил). Для повышения качества стекольных песков предложено использовать отходы химического производства предприятий Пермской области.

ЕГУ, Пермский ГУ

Поступила 26.04.2000

ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян Б.Д. и др. Арзакан-Апаранское месторождение титановых руд. – Научно-технич. отчет. Ер., Фонды геол. управления, 1977, 120 с.
2. Дайн А.П. Пути снижения себестоимости нерудных строительных материалов. Совещание по комплексной механизации и автоматизации добычи и переработки нерудных строительных материалов. – Тезисы докладов. М., 1960.
3. Перцовский М.З. Задачи в области развития промышленности нерудных строительных материалов. Совещание по комплексной механизации и автоматизации добычи и переработки нерудных строительных материалов. – Тезисы докладов. М., 1960.
4. Быховский Л.З., Зубков Л.Б. Стратегия развития и освоения минерально-сырьевой базы титана. – Минеральные ресурсы России, 1990, сер. 145, с. 6–12.
5. Горшков В.С. Попутная добыча редкометаллических минералов при разработке песчано-гравийных месторождений способом гидромеханизации. – Вопросы накопления тяжелых минералов. Рига, 1960.
6. Сайкин Е. Плавучий завод. – Речной транспорт, 1990, N7, с.42–43.
7. Соломин К.В. Винтовые сепараторы. Металлургиздат. М., 1956.
8. Лунев Б.С. Дифференциация осадков в современном аллювии. Пермь: Изд-во ПГУ, 1967, 333 с.

Ո. Գ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Բ. Ս. ԼՈՒՆՅՈՎ, Վ. Ա. ՆԱՌԻՄՈՎ, Օ. Բ. ՆԱՌԻՄՈՎԱ, Վ. Վ. ԳՈՒԴԻՐԵՎ

ՏԵԽՆԱԾԻՆ ԵՐԿՐԱԶԻՄԻԱՅԻ ՊՐՈԲԼԵՄՆԵՐԸ

Ամփոփում

Հայաստանի միներալախումբային պաշարները առանց զգալի կապիտալ ներդրումների հնարավոր է բազմապատկել արտադրական քափոնների, հանքային քափոնների, քափոնների մաքրումից առաջացած մնացորդների վերամշակման միջոցով, ինչպես նաև ոսկու, տիտանի և այլ քանկարժեք կոմպոնենտների ցրոմային հանքավայրերի շահագործմամբ:

Դա նշանակում է, որ առկա են բոլոր անհրաժեշտ նախապայմանները այս հանգամանքի վրա հավանական ներդրողների ուշադրությունը հրավիրելու համար:

Այդ առումով առանձնակի նշանակություն են ստանում Պերմի Համալսարանում կատարված Կամա գետի մերձակա ավազների պոտենցիալ տեխնածին հանքավայրերի մեթոդական գնահատման աշխատանքները, որոնց արդյունքները բերվում են աշխատանքում:

PROBLEMS OF TECHNOGENE GEOCHEMISTRY

Summary

Brief overview of Armenia's potential in supplementary ore and mineral resources, which could be extracted without significant capital investments from the industrial waists and mounds processing, sewerage treatment silt utilization as well as gold, titanium and other precious components' gravel deposits exploitation, reveals that prospective investors' attention should be focused on the mentioned above aspects. Thereupon, the works concerned with the Prikama's potential technogene deposits of sand methodological evaluation undertaken at Perm University have exclusive importance and their results are proposed below.