

УДК 622.34.012(571.513)

**Усманова Татьяна Вячеславовна**, старший преподаватель кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: [usmanova@tpu.ru](mailto:usmanova@tpu.ru)

Область научных интересов: техногенные месторождения, извлечение ценных компонентов из отходов горного производства, комплексное использование минерального сырья, воздействие горнопромышленного комплекса на окружающую среду.

## ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СФОРМИРОВАВШИЕСЯ НА ОБЪЕКТАХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В ХАКАСИИ

Т.В. Усманова

Томский политехнический университет

E-mail: [usmanova@tpu.ru](mailto:usmanova@tpu.ru)

Охарактеризованы некоторые техногенные объекты горнопромышленных предприятий Хакасии, являющиеся источником воздействия на окружающую среду и перспективные для изучения на предмет получения дополнительной продукции.

### Ключевые слова:

Техногенные месторождения, горнодобывающие предприятия, хвостохранилище, воздействие на окружающую среду.

В настоящее время горнодобывающая промышленность региона представлена значительным минерально-сырьевым потенциалом. На территории республики Хакасия действуют предприятия по добыче железных руд, коренного и россыпного золота, каменных углей, общераспространенных полезных ископаемых, подземных и минеральных (лечебных) вод, молибденовый комбинат и комбинат по добыче мрамора и гранита.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что на территории Хакасии находится огромное количество объектов, являющихся источниками большого количества горнопромышленных отходов, и на действующих предприятиях объем текущих отходов, соответственно, продолжает увеличиваться. Все группы отходов оказывают сильное воздействие на различные компоненты окружающей природной среды [1]. Следовательно, горнопромышленным предприятиям необходимо обеспечивать максимальную утилизацию не только заскладированных, но и текущих отходов, с целью предотвращения их негативного воздействия на окружающую среду окрестных территорий. Так как они созданы в процессе человеческой деятельности, то представляют собой так называемые «техногенные объекты». В таких образованиях накапливаются недоизвлеченные в процессе производства конечной продукции как полезные, так и вредные компоненты. Такие скопления минеральных веществ на поверхности Земли или в горных выработках, образовавшиеся в результате отделения их от природного массива и складирования в виде отходов горного, обогатительного и металлургического производств, стали называть техногенными минеральными объектами [2].

Проведенная для республики Хакасия неполная инвентаризация объектов размещения отвалов и отходов горнодобывающих предприятий показала, что только на ее территории масса вскрышных и отвальных пород, хвостов обогатительных фабрик составляет более 3 млрд т, а площади их размещения – не менее 3 тыс. га [3].

Проводившиеся как ранее, так и в настоящее время исследования показали, что в случае положительной геолого-экономической оценки техногенные минеральные объекты могут быть использованы для получения различной продукции. Такие объекты стали называть техногенными месторождениями [4]. Это положение имеет принципиально важное значение для эффективного решения проблемы комплексного использования минерального сырья. И находящиеся на территории южной Сибири объекты размещения горнопромышленных отходов должны рассматриваться исходя из этой концепции.

Коллективом кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета были опробованы 3 объекта, расположенные в Республике Хакасия: 3 пробы в хвостохра-

нилище на месторождении Юлия, 1 – в хвостохранилище Сорского ГОКа и 1 – в хвостохранилище, сформированном при обогащении руд медно-молибденового месторождения Киялых-Узень.

### Месторождение Юлия

Расположено вблизи пос. Цветногорск, приблизительно в 30 км от полигона ТПУ. Месторождение представляет собой группу скарноворудных тел. Массовая разработка медных руд проводилась в первой половине XX в., а последние эксплуатационные работы завершились в начале 60-х гг. этого столетия в связи с пожаром на обогатительной фабрике. Промышленные руды представляли собой гранатовые и гранат-пироксеновые скарны с вкрапленностью и гнездами сульфидов. Наряду с медью из руд попутно извлекались Mo и Au. Содержание золота не превышало 300 мг/т. Рядом с месторождением Юлия Медная расположено месторождение Юлия Свинцовая.

Ниже пос. Цветногорск расположено хвостохранилище обогатительной фабрики месторождения, которое в настоящее время представляет собой песчаное поле, размером 700×200 м (0,14 км<sup>2</sup>). Материал хвостохранилища сложен тонкой фракцией песка. Несмотря на то, что месторождение не обрабатывается уже более 50 лет, отвалы по-прежнему имеют почти первозданный вид, т. е. в условиях сухого климата Хакасии саморекультивация происходит крайне медленно.

В 1997 г. в хвостохранилище была отобрана проба хвостов [5]. Дополнительное опробование хвостохранилища было проведено в 2006 г. – точки № 1 и № 2 и в 2008 г. – точка № 3.

Точка № 1 находится в восточной части хвостохранилища. Опробовали на глубину 1 м с помощью шурфа. Описание разреза приведено табл. 1.

**Таблица 1.** Описание разреза, точка № 1, месторождение Юлия

№ пробы	Мощность, см	Описание песка
Ю-1-1	2 см	Коричнево-серый
Ю-1-2	9 см	Светло-серый
Ю-1-3	89 см	Светло-коричневый

Точка № 2 находится в западной части хвостохранилища, рядом с остовом обогатительной фабрики, глубина опробованного шурфа 1 м 30 см. Этот разрез более разнообразный и сложный, чем в восточной части. Здесь чередуются серые песчаники, глины и бурые железистые песчаники (табл. 2).

**Таблица 2.** Описание разреза, точка № 2, месторождение Юлия

№ пробы	Мощность, см	Описание
Ю-2-1	40	Песок серого цвета
Ю-2-2	1	Желтоватая глина
Ю-2-3	6	Темно-серая глина
Ю-2-4	8	Белая с желтоватым оттенком глина
Ю-2-5	60	Переслаивание бурых и серых глин
Ю-2-6	15	Голубая глина

Точка № 3 расположена в центральной части хвостохранилища, напротив фабрики. Горизонт сложен сульфидами, карбонатами (табл. 3). Располагается в 200 м от точки № 1 и в 200 м от точки № 2 по азимуту 80° от точки № 1.

Отобранные пробы анализировались методами инструментального нейтронно-активационного и эмиссионного спектрального анализов, результаты которых для элементов, содержания которые превышают кларк в земной коре, представлены в табл. 4 и 5.

**Таблица 3.** Описание разреза, точка № 3, месторождение Юлия

Номер пробы	Мощность, см	Описание
Ю-1-08	11	Сульфиды, карбонатами
Ю-2-08	20	Песок светло-серого цвета
Ю-3-08	35	Серо-зеленые пески с тонким горизонтом бурого
Ю-4-08	6	Бурые песчано-глинистые отложения
Ю-5-08	15	Чередование зеленых, бурых, сизых, темно-серых горизонтов песчано-глинистого состава
Ю-6-08	7	Светло-серые пески
Ю-7-08	7	Зеленые, бурые пески
Ю-8-08	8	Светло-зеленовато-серый песок
Ю-9-08	15	Темно-зеленые с бурыми оттенками пески с тонкими горизонтами железистых отложений

**Таблица 4.** Содержание элементов (мг/кг) в пробах материала хвостохранилища месторождения Юлия (по данным эмиссионного спектрального анализа)

Элементы	Содержание	Кларк по Виноградову А.П. (1962)
Ba	352...406	650
Cu	200...595	47
Pb	20...1063	16
Zn	80...10000	83
Cd	25...45	0,13
Ag	7...20	0,07
Bi	5...15	0,009
Mo	10	1,1

**Таблица 5.** Содержание элементов (мг/кг) в пробах материала хвостохранилища месторождения Юлия (по данным нейтронно-активационного анализа)

Элемент	Содержание	Кларк по Виноградову А.П. (1962)
Au	0,31...0,42	0,04
As	29,55...793	1,7
Cr	15,3...113,4	83
Hf	3,6	1
Sr	590	340
Ag	2,4	0,07
Sb	10	0,5

Таким образом, в хвостах не обрабатываемого в настоящее время месторождения Юлия, по данным опробования 1997, 2006, 2008 гг., были обнаружены повышенные концентрации ряда элементов: Cu – в 2–7 раз выше кларка в земной коре, Pb – в 18–37 раз, Zn – в 60 раз, Cd – в 154–176 раз, Ag – в 71–129 раз, Bi – в 1111–1444 раза, Mo – в 9–30 раз, Au – в 7–10 раз, As – в 17–466 раз, Sb – в 20–33 раза.

#### Сорское медно-молибденовое месторождение

Месторождение открыто в 1937 г., а строительство комбината началось в 1949 г., эксплуатация месторождения – с 1953 г. Сорский горно-обогатительный комбинат включает карьер, обогатительную фабрику, хвостохранилище и многие другие промышленные объекты.

Главные рудные минералы: молибденит, пирит, халькопирит; основной жильный минерал – кварц.

Руда, содержащая более 400 г/т молибдена, поступает на обогатительную фабрику, где производится ее дробление до 200 меш (74 микрона), обогащение производится методом флотации. А руда с содержанием 200...400 г/т вывозится на специализированный отвал и используется для подшихтовки богатых руд. Хвостохранилище на комбинате было создано за счет перекрытия долины р. Сора дамбой высотой 30 м. В составе пульпы устанавливается кварц, полевои шпат, флюорит и сульфиды.

В хвостохранилище было произведено вскрытие слагающего его материала канавой в 1997 г. [5] и в 2008 г. (описание точки отбора приведено в табл. 6).

**Таблица 6.** Описание разреза (2008 г.), Сорское месторождение

№ пробы	Мощность, см	Описание
Сор-1-08	20	Пески
Сор-2-08	20	Глины
Сор-3-08	20	Пески

В табл. 7, 8 представлены содержания элементов, которые, по результатам анализа, превышают кларк в земной коре.

**Таблица 7.** Содержание элементов (мг/кг) в пробах материала хвостохранилища Сорского месторождения (по данным эмиссионного спектрального анализа)

Элементы	Содержание	Кларк по Виноградову А.П. (1962)
Ba	1000...2000	650
Cu	150...266,7	47
Pb	15...31,7	16
Zn	100...143	83
Ag	0,27...0,3	0,07
Mo	46,7...200	1,1

**Таблица 8.** Содержание элементов (мг/кг) в пробах материала хвостохранилища Сорского месторождения (по данным нейтронно-активационного анализа)

Элемент	Содержание	Кларк по Виноградову А.П. (1962)
U	3,2	2,5
La	39	29
Ce	79	70
Hf	4,3	1
Sr	479	340
Ba	910	650

Из табл. 8 видно, что по результатам анализа, в пробе хвостов Сорского ГОКа обнаружены высокие концентрации Mo (42,5 кларка), а также Cu (5,6 кларка), Pb (2 кларка), Ag (3,8 кларка), Hf (4,3 кларка) и других элементов.

### Медно-молибденовое месторождение Киялых-Узень

Месторождение находится в левом борту долины р. Туим в одноименном поселке. В 1933–1934 гг. под руководством Л.Д. Староверова проведена разведка месторождения разбуриванием, была определена его промышленная ценность. В 50-х, 60-х, начале 70-х гг. месторождение разрабатывалось подземным способом с извлечением из руд молибдена и меди.

Руды на месторождении комплексные молибдено-медно-железные и молибдено-медные. Первые представляют собой магнетитовые скарны с вкрапленностью и прожилками халькопирита и молибденита; вторые – метасоматические кварциты с сыпью молибденита и с вкраплениями сульфидов меди. В настоящее время месторождение не отрабатывается.

Руда поступала на обогатительную фабрику, где производилось ее дробление до песчаной фракции и, в дальнейшем, флотационное обогащение. В результате складирования отходов обогащения образовалось крупное хвостохранилище, в настоящее время происходит его естественная саморекультивация, которая выражается в зарастании поверхности травянистой и древесной растительностью (лиственница, береза, облепиха).

На хвостохранилище в 2008 г. был произведено вскрытие накопившихся хвостов канавой (табл. 9).

**Таблица 9.** Описание разреза, месторождение Киялых-Узень

№ пробы	Мощность, см	Описание
T-08-1	15	Песчаный горизонт серого цвета
T-08-2	10	Горизонт темно-бурого цвета, более грубозернистый (песчано-гравийная фракция)
T-08-3	25	Переслаивание песков и алевролитов зеленовато-серого цвета
T-08-4	40	Глинистая составляющая серовато-зеленого цвета, алевролитовая размерность
T-08-5	30	Преимущественно песчаная фракция зеленовато-серого цвета, более грубозернистая
T-08-6	10...15	Песчаная фракция зеленовато-серого цвета, грубозернистая

В табл. 10 представлены содержания элементов, которые, по результатам анализа, превышают кларк в земной коре.

**Таблица 10.** Содержание элементов (мг/кг) в пробах материала хвостохранилища месторождения Киялых-Узень (по данным эмиссионного спектрального и нейтронно-активационного анализа)

Элементы	Содержание по данным эмиссионно-спектрального анализа	Содержание по данным ИНАА	Кларк по Виноградову А.П. (1962)
Ba	800	834	650
Cu	328	–	47
Pb	26	–	16
Zn	111	823	83
Ag	0,34	0,8	0,07
Mo	35	–	1,1
Sb	<30	0,6	0,5
As	40	182	1,7
Sr	474	664	340
Y	30	–	20
Sn	41	–	2,5
La	55	33	29
Cr	–	205,2	83

Рассматривая полученные результаты, можно сделать вывод, что в хвостах медно-молибденового месторождения Киялых-Узень обнаружены повышенные концентрации Mo (31,8 кларка), Cu (7 кларков), Ag (4,8 кларка), Zn (10 кларков), As (107 кларков), Sn (16 клар-

ков), Sr (2,5 кларка), Hf (4,3 кларка), что говорит о недостатках технологии извлечения основных компонентов из руд месторождения, следовательно, необходимо рассматривать вопрос о возможности получения сырья для Туимского завода по обработке цветных металлов на базе старого хвостохранилища месторождения Киялых-Узень.

Анализ элементного состава хвостов показал, что на всех изучаемых объектах имеют место потери полезных компонентов с отходами переработки. Соответственно необходимо дальнейшее изучение материала характеризуемых объектов для установления технологической возможности и экономической эффективности их разработки. Положительным моментом здесь будет являться то, что изучаемый материал не нужно добывать, перевозить и измельчать, следовательно, разработка хвостохранилищ может позволить получить дополнительный экономический эффект.

Вследствие того, что хвостохранилища месторождений Юлия и Киялых-Узень после окончания переработки руд не рекультивированы, земли, занятые под ними, изъяты из полезного использования и безвозвратно потеряны. Кроме того, их поверхность не закреплена, это приводит к появлению «пыльных бурь» во время сильного ветра (рисунок), что способствует разному материалу хвостохранилища на большие расстояния.



**Рисунок.** Формирование облака пыли над хвостохранилищем месторождения Юлия

Кроме того, известен случай прорыва дамбы на хвостохранилище Сорского ГОКа, имевший место в 1972 г., следовательно, нельзя исключать и перенос токсичных элементов водными потоками.

Таким образом, рассматриваемые хвостохранилища являются источниками комплексного воздействия на окружающую природную среду района – запыления и загрязнения атмосферного воздуха, почвенного и растительного покрова. Кроме того, вынос атмосферными осадками вещества из хвостохранилищ может способствовать изменению состава подземных и поверхностных вод. На заброшенных объектах имеет место выпас скота, что чревато попаданием элементов 1-го (As, Cd, Pb, Zn), 2-го (Cu, Mo, Sb) и 3-го (Ba, Sr) классов опасности в пищевую цепь человека и может приводить к изменению показателей здоровья населения, проживающего в данной местности.

Таким образом, переработка отходов с извлечением токсичных элементов позволит улучшить экологическую ситуацию в районе размещения старых хвостохранилищ месторождений Юлия и Киялых-Узень. Что касается Сорского месторождения, то, в качестве рекомендации, следовало бы предусмотреть в технологической схеме обогащения руд на фабрике удаление токсичных элементов из руд, чтобы предотвратить их поступление в объекты окружающей среды.

Положение о том, что значительная часть техногенных минеральных объектов может быть отнесена к категории своеобразных месторождений, имеет принципиально важное значение для эффективного решения проблемы комплексного использования минерального сырья. То, что до настоящего времени решение этой проблемы сталкивается с большими трудностями, во многом объясняется отсутствием у исследователей системного подхода к данной проблеме. Было создано множество классификаций техногенных месторождений, включающих их основные отличительные признаки, но, как правило, это классификации, создаваемые для учета и анализа потерь полезных компонентов в отходах в различных производственных отраслях, либо в отдельных регионах. А систематизация знаний о техногенном минеральном сырье (техногенных месторождениях) важна с позиций его оценки и вторичного использования; при выборе способа переработки техногенного сырья следует учитывать, что его состав в большинстве случаев отличается от первичного сырья. В связи с этим возникает необходимость провести анализ источников образования вторичного сырья. Нами были выделены возможные причины возникновения (генезис) техногенных месторождений и на их основе составлена классификация техногенных месторождений [6], которая позволит систематизировать техногенные объекты горнорудного производства для выбора наиболее перспективных для отработки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усманова Т.В. Техногенные минеральные образования – как геоэкологическая проблема // Горногеологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства: Материалы Междунар. научно-техн. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – С. 196–197.
2. Секисов Г.В., Таскаев А.А., Воробьев А.Е. Техногенные минеральные объекты // Изв. АН Кирг. ССР. Физ.-тех. и матем. науки. – 1988. – № 2. – С. 72–75.
3. Худяков В.М., Языков Е.Г., Усманова Т.В. Геоэкологические проблемы горнодобычных предприятий республики Хакасия // Горногеологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства: Материалы Междунар. научно-техн. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – С. 197–200.
4. Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал. – 1989. – № 12. – С. 6–9.
5. Усманова Т.В., Рихванов Л.П. Техногенные месторождения отходов горнорудных производств Южной Сибири // Горный журнал. Специальный выпуск. Цветные металлы. – 2006. – № 4. – С. 29–31.
6. Усманова Т.В. К вопросу о генезисе техногенных месторождений // Проблемы разведки, добычи и обогащения руд благородных металлов и техногенного сырья: Труды Междунар. научно-техн. конф. – Екатеринбург, 2000. – С. 44–46.

Поступила 19.04.2012 г.