

Гуман О.М.<sup>1</sup>, Колосницына О.А.<sup>2</sup>, Макаров А.Б.<sup>1</sup>, Антонова И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский государственный горный университет

<sup>2</sup>Медногорский медно-серный комбинат

E-mail: ugp2003@mail.ru

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА РЕГРЕССИВНОЙ СТАДИИ ТЕХНОГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯМАН-КАСЫ)

Рассмотрены основные особенности миграции тяжелых металлов в природно-техногенных системах на регрессивной стадии техногенеза на примере месторождения Яман-Касы. Установлено затухание геодинамических процессов в системе карьер-отвал на данной стадии. По результатам изучения тяжелых металлов в природных средах дана геоэкологическая оценка состояния месторождения.

**Ключевые слова:** Техногенез, геоэкологическая оценка, регрессивная стадия, колчеданные руды, тяжелые металлы.

Основным источником сырья медеплавильных заводов Урала являются медноколчеданные месторождения, сосредоточенные преимущественно в пределах Тагило-Магнитогорской зоны вдоль восточного склона Урала и располагающиеся в пределах отдельных рудных районов Северного, Среднего и Южного Урала. Процессы техногенеза, протекающие при разработке этих месторождений преимущественно открытым способом, и их последствия на активной степени техногенеза недостаточно детально изучались рядом исследователей и изложены в [1, 2, 3]. В настоящее время многие медноколчеданные месторождения Урала отработаны и геотехнические системы карьер-отвал находятся на регрессивной стадии техногенеза. В пределах этих систем выполняются или уже выполнены рекультивационные работы (этапы технической и биологической рекультивации, завершающие разработку месторождения). В то же время отсутствие в пределах этих месторождений систем экологического мониторинга не позволяет дать объективную оценку существующей миграции тяжелых металлов в геотехнической системе, а так же оценку масштаба и характера проявления современных геодинамических процессов.

Исследования по геоэкологической оценке состояния природной среды выполнялись авторами на одном из таких объектов – медно-цинковом колчеданном месторождении Яман-Касы, расположенном в Кувандыкском районе Оренбургской области в 12 км к востоку от г. Медногорска. Месторождение отработывалось с 1992 по 2003 г. Гайским ГОКом, оно не велико

по сравнению с другими месторождениями уральского типа, запасы составляли 2300 тыс. т. медно-цинково-колчеданной руды. В результате его разработки во внешний отвал вывезено около 6,5 млн. м<sup>3</sup> вскрышных пород, площадь, занятая под отвалом, составляет 39,7 га при высоте отвалов до 40 – 45 м [6].

Согласно данным В.В. Зайкова [4] месторождение приурочено к периферии риодацитового купола, превращённого в результате окорудного метасоматоза в серицит-кварцевые метасоматиты. В карьере месторождения вскрыты вулканогенные породы нижней и средней толщи блявинской свиты (S?): андезито-базальты и базальты, лавы, лавокластиты, гиадокластиты риолитового и дацитового состава, лавы и вулканомиктовые отложения базальтового состава с прослоями тёмно-серых и лиловых алевролитов. Рудная залежь имеет линзовидную форму и наклонена на запад под углами 30-60° согласно напластованию пород, главными минералами руд являются пирит, сфалерит и халькопирит, средние содержания в рудах (%): Cu 2,56; Zn 5,56; S 42,27.

В процессе отработки месторождения Яман-Касы была сформирована типичная для подобных объектов геотехническая система, которая определяет природно-техногенный рельеф территории: в природный рельеф, определяющийся системой возвышенностей и балок привнесены, технические элементы системы карьер-отвал, которые включают: отвал вскрышных пород, спецотвал, затопленный карьер, пруд-испаритель и территории технологических объектов (подстанция, автодороги) в

пределах горного отвала. В процессе последующей после отработки месторождения рекультивации были ликвидированы отрицательные формы рельефа в пределах территории, проведена её планировка и уборка негабаритов, выположены склоны отвалов, произошло самозатопление карьерной выемки. После завершения на месторождении рекультивационных работ, оценка современного экологического состояния существующей природно-технической системы выполнена путем маршрутного обследования техногенных объектов и природной окружающей среды, сопровождающегося комплексом опробования почв, грунтов и донных отложений.

Для рекультивированного отвала установлено, что после выравнивания его откосов и поверхности (технический этап) и последующего нанесения почвенного слоя и посева трав (этап биологической рекультивации) произошла остановка развития эрозионных процессов и дефляции. Спланированная поверхность отвала покрыта плодородным грунтом, в составе растительности преобладают синантропные растения – полын, лебеда, ромашка, в нижней части отвалы зарастают молодым березняком (рис. 1). Анализ проб рекультивационного почвенного слоя показал отсутствие в нем повышенных концентраций тяжёлых металлов, лишь для его северной части содержания меди и цинка составили соответственно 150 мг/кг (1,5 ПДК) и 400 мг/кг (1,3 ПДК), что свидетельствует о прекращении здесь миграции химических элементов из материалов отвала вследствие затухания геодинамических процессов.

Откосы отвала в ходе рекультивации выположены и покрыты почвенным слоем, однако геодинамические процессы в виде обвалов, осыпей на отдельных участках ещё продолжаются. В какой-то мере это может быть связано с деятельностью просачивающихся через материал отвала атмосферных осадков, для сбора и сброса которых в карьерную выемку в южной части у подножья отвала пройдена нагорная канава. В бортах отвала фиксируются осыпи крупных глыб и небольшие конусы выноса мелкозёма. Наличие здесь глыб определяется, вероятно, поступлением их в зону зимнего промерзания отвалов при планировке, выходе на поверхность и перемещением к подножью отвала под действием силы тяжести. Глыбы, содержащие суль-

фидную минерализацию, подвергаются окислению с образованием на испарительном барьере белесых налетов сульфатов. Тяжёлые металлы проявляют тенденцию миграции из материала отвала и накоплению в его нижней части. Изучение распределения тяжёлых металлов из слабо проявленных конусов выноса мелкозёма (табл. 1) показывает наличие содержащихся в породах отвала тяжёлых металлов, характерных для медноцинкового оруденения: меди, цинка, свинца, мышьяка и серебра. В мелкозёме особенно высоко содержание серебра, составляющее 17,5 мг/кг.

В нагорной канаве вскрыт слой погребённого под отвалом почвенного покрова. Согласно результатам анализа (табл. 1) в почвах за период существования отвала произошло некоторое накопление главных рудных металлов – меди (900 мг/кг – 9,0 ПДК) и цинка (1500 мг/кг – 5,0 ПДК), содержания остальных химических элементов не превышают предельно-допустимых концентраций.

Наиболее активно современные процессы протекают в пределах специального отвала, в котором размещались бедные сульфидные, преимущественно пиритные, руды. Разрушение глыб сульфидных руд на начальной стадии – механическое: вследствие перепада температур они распадаются на более мелкие обломки, вплоть до мелкозёма, по которым на испарительном барьере формируются корочки и налёты сульфатной минерализации. Аналогичные процессы приводят к формированию в летнее время сульфатной минерализации в краевых частях прудов-испарителей, а также при испарении отдельных крупных луж вблизи отвала. Сульфатные минералы, связанные с окислением сульфидных руд, образуют мелкозернистые корочки, в которых фиксируется ассоциация галотрихит + копианит + мелантерит [5]. Копианит ( $\text{Fe}^{+2}\text{Fe}^{+3}(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_4 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ ) образуется здесь, видимо, по мелантериту в условиях частичного окисления двухвалентного железа. Основными минералами сульфатов в краевых частях луж являются мелантерит и галотрихит.

Разрушающиеся до мелкозёма сульфидные руды специального отвала поверхностными водами перемещаются по рельефу в пруд-испаритель, образуя часть донных отложений, при испарении воды здесь также формируются белёсые корки и налёты сульфатов. Как в мелко-

Таблица 1 – Средние содержания химических элементов в почвах и грунтах отвала месторождения Яман-Касы

Материал	Кол-во проб	Средние содержания тяжелых металлов, мг/кг								Значение Zc*
		Cu	Zn	Pb	As	Ag	Co	Cr	Ni	
Погребенный почвенный слой	1	900	1500	20	0	0,04	20	180	60	16,63
Мелкозем подножья отвала	2	450	1500	535	150	17,5	10	3,5	7,5	769,7
Почвы рекультивационного слоя (поверхность отвала)	3	113,3	283,3	26,6	0	0,1	10,6	150	53,3	4,8
Почвы рекультивационного слоя (откосы отвала)	2	5300	1200	30	25	0,5	17,5	15	17,5	96,05
Мелкозем сульфидных руд из отвала бедных руд	1	1000	2000	70	90	3,0	7	15	5	204,8
Донные отложения (пруд-испаритель)	1	3000	5000	40	100	1,5	10	70	15	205,6
Сульфатная минерализация	3	7000	10000	206,6	60	12	83,3	3	15	594,3
Почвы вне зоны техногенного воздействия	3	106,6	170	19,3	0	0,03	26	167	67	

зёме спецотвала, так и в донных отложениях выявлены высокие содержания тяжёлых металлов (табл. 1), составляющие соответственно по меди 10 и 30 ПДК, по цинку 6,7 и 16,7 ПДК, свинцу – 2,2 и 1,3 ПДК, мышьяку – 45 и 50 ПДК, серебру – 6 и 3 ПДК.

Расчёт коэффициента суммарного химического загрязнения (Zc) выполнен относительно среднего значения содержания тяжёлых металлов в пробах почв не охваченной техногенезом территории к северу от месторождения Яман-Касы (табл. 1). В целом к фоновым значениям в какой-то мере близки погребённые под отвалом почвы и почвы рекультивационного слоя отвала. Высокие значения Zc характерны для мелкозёма, донных отложений пруда испарителя и сульфатной минерализации (табл. 1).

Полученные данные свидетельствуют о частичном выносе тяжёлых металлов и их локальном перераспределении на регрессивной стадии техногенеза в условиях уже рекультивированной территории.

В пределах карьерной выемки в настоящее время сформировано карьерное озеро. Согласно

исследованиям В.Н. Удачина и др. [7] для него отмечаются следующие общие особенности, свойственные аквальному системам техногенного происхождения: кислая реакция (рН от 2,8 до 3,5) среды, хорошо выраженная стратифицированность по основным показателям, сезонность в распределении некоторых параметров.

Оценка состояния бортов карьера, особенно в участках поверхностей ослабления (трещин, зон нарушений) показала, что устойчивость бортов карьера в целом высокая, новых деформаций не наблюдается.

Таким образом, на регрессивной стадии техногенеза происходит затухание геодинамических процессов, что определяет на этом этапе слабое воздействие объектов геотехнической системы на компоненты природной окружающей среды. Максимальные выявленные локальные концентрации тяжёлых металлов на этой стадии связаны с разрушением и последующим окислением бедных сульфидных руд, в том числе рассеянной сульфидной минерализации, преимущественно в бортах карьера.

16.04.2013

#### Список литературы:

1. Гуман О.М., Антонова И.А., Захаров А.В., Макаров А.Б. Оценка экологического состояния и направления рекультивации отвалов Бурибаевского ГОКа // Известия вузов. Горный журнал. – 2011, № 8. С. 58-61
2. Емлин Э.Ф. Активно разрабатываемое колчеданное месторождение как геотехническая система // Известия вузов. Горный журнал. – 1984, № 9. С. 1-7
3. Емлин Э.Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Издательство Уральского университета, 1991. 256 с.
4. Зайков В.В. Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин на примере колчеданосных зон Урала и Сибири: 2-е изд. Ин-т минералогии Уро РАН. – М.: Наука, 2006. 429с.
5. Макаров А.Б., Антонова И.А., Гуман О.М. Сульфатная минерализация в горнотехнических системах Урала // Вестник Уральского отделения Российского минералогического общества, № 9. Екатеринбург: ИГГ Уро РАН, 2012. С. 88-92.
6. Рухлов Е.С., Гатицкий В.Н. Основные задачи и цели инженерных мероприятий в процессе проектирования карьеров // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. Спец. вып. Екатеринбург. – 2003. С. 224-227

7. Удачин В.Н., Аминов П.Г., Лонцакова Г.Ф., Дерягин В.В. Распределение физико-химических параметров в карьерных озерах Блявинского и Яман-Касинского колчеданных месторождений (Южный Урал)// Вестник Оренбургского университета. – 2009. – №5. – С. 65–71.

**Сведения об авторах:**

**Гуман Ольга Михайловна**, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета, доктор геолого-минералогических наук, профессор, e-mail:guman2007@mail.ru

**Колосницына Ольга Александровна**, заместитель директора по экологии Медногорского медносерного комбината, г. Медногорск Оренбургской области, соискатель кафедры кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета, e-mail: o.kolosnicina@mail.ru

**Макаров Анатолий Борисович**, профессор кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Уральского государственного горного университета, доктор геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: ugp2003@mail.ru

**Антонова Ирина Александровна**, докторант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета, кандидат геолого-минералогических наук, e-mail:dolinina\_ira@mail.ru

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, тел. (343) 2693113

**UDC 55:504**

**Guman O.M.\*, Kolosnitsyna O.A.\*\*, Makarov A.B.\*, Antonova I.A.\***

**\*Ural state mining university**

**\*\*Mednogorsk Copper-Sulphur Plant**

**E-mail: ugp2003@mail.ru**

**GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS AT A REGRESSIVE STAGE TECHNOGENESIS (ON THE EXAMPLE OF YAMAN-KASA'S FIELD)**

The main features of migration of heavy metals in natural and technical systems at a regressive stage technogenesis were considered on the example of Yaman-Kasa's field. Attenuation of geodynamic processes in system a pit and a dump was established at this stage. In natural environments the geoecological assessment of a condition of a field was given by results of studying of heavy metals.

Key words: technogenesis, geoecological assessment, regressive stage, kolchedanny ores, heavy metals.

**Bibliography:**

1. Guman O.M., Antonova I.A., Zakharov A.V., Makarov A.B. Assessing the environmental status and direction reclamation dumps Buribaevskogo Mining Buribaevskogo Mining // Trans. Mining Journal. – 2011, № 8. S. 58-61
2. Emlyn E.F. Actively developed by asulphide field as geotechnical system// Trans. Mining Journal. – 1984, № 9. S. 1-7
3. Emlyn E.F. Technogenesis sulphide fields of the Urals. Sverdlovsk: Ural University Publishing House, 1991. 256.
4. Zaykov V.V. Volcanism and sulphide mounds of the paleoceanic structures: by the example of the Urals and Siberia massive sulphide bearing zones/ V.V. Zaykov; [Ed. By V.A. Koroteev]; Institute of Mineralogy of Ural Division of RAS. – Moscow: Nauka, 2006. – 429 p.
5. Makarov A.B., Antonova I.A., Guman O.M. Sulphate mineralization in the Urals mining systems// Bulletin of the Ural Branch of the Russian Mineralogical Society, № 9. Yekaterinburg: IGG UB RAS, 2012. S. 88-92.
6. Rukhlov E.S., Gatitsky V.N. The primary goals and objectives of engineering measures in the design careers // Proceedings of the Ural State Mining and Geological Academy. Spec. MY. Yekaterinburg. – 2003. S. 224-227
7. Udachin V.N., Amin P.G., Lonschakova G.F., Deriagin V.V. The distribution of physico-chemical parameters in the career lakes Blyavinskogo and Yaman Kasinskogo sulphide field (South Urals) // Bulletin of the Orenburg University. – 2009. – № 5. – P. 65-71.