

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕХНОГЕОСИСТЕМ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматриваются критерии геоэкологической классификации техногеосистем медноколчеданных месторождений Оренбургской области. Изложены принципы классификации на основе изучения геохимических ореолов, процессов техногеоморфогенеза, техногенной метаморфизации поверхностных и подземных вод, воздействия на прилегающие геосистемы.

Ключевые слова: техногеосистема, техноморфолитогенез, геополя, медноколчеданные месторождения.

Выделяя месторождения медноколчеданных руд в особую группу объектов недропользования, следует отметить, что в их пределах формируются наиболее глубоко преобразованные горно-технические геосистемы. Основанием для такого утверждения является как глубина процессов техноморфолитогенеза, так и формирование разнообразных по форме и концентрации геополей тяжелых металлов. Как показало изучение почв и поверхностных вод на Гайском и Блявинском месторождениях, произошла коренная трансформация природных геосистем с формированием техногенных горизонтов грунтовых вод, новых видов почв – техноземов, а также зон воздействия техногенной среды на окружающие техногеосистемы. Несмотря на то, что размеры этой зоны воздействия в целом не велики (около 1 км), тем не менее следует отметить ее устойчивость, а с учетом значительной площади горнотехнических техногеосистем медноколчеданных месторождений – и внушительную площадь. Таким образом, важнейшими факторами, формирующими техногеосистемы медноколчеданных месторождений, являются: 1) грандиозное по масштабам перемещение геологических пород и формирование самых значительных в Оренбургской области техногенных форм рельефа – карьеров и отвалов вскрышных и околорудных пород, а также продуктов обогащения колчеданных руд; 2) развитие геохимических полей концентрации токсичных тяжелых металлов, образующих ореолы, выходящие за границы горных отводов и активно воздействующие на окружающие природные геосистемы, а также через местную речную сеть; 3) различные сроки начала освоения месторождений, различные

запасы колчеданных и полиметаллических руд определили степень преобразования природной среды и степень завершенности формирования техногеосистем, что повлияло на регенерационные возможности природных техногеосистем и возможность их восстановления.

Кроме того, при классификации техногеосистем медноколчеданных месторождений следует учитывать их структурно-геологическое своеобразие, определяющееся типом оруденения (гетерогенезисом) и физико-химическими условиями рудоотложения. Следствием такого своеобразия отчасти являются различия в сложности и разнообразии элементов морфологической структуры техногеосистем медноколчеданных месторождений.

Следует учесть, что в отличие от техногеосистем нефтегазовых месторождений техногеосистемы медноколчеданных месторождений не оказывают ярко выраженного площадного воздействия, но в то же время трансформация ими межкомпонентных связей гораздо глубже и приводит к коренному преобразованию техногенной среды.

Особенность медноколчеданных месторождений, заключающаяся в извлечении на поверхность вулканогенно-осадочных руд с высоким содержанием сульфидов и различных тяжелых металлов, является одной из причин дисгармоничности их по отношению к вмещающим геосистемам степной зоны.

Оценка состояния техногеосистем медноколчеданных месторождений производилась по анализу 11-ти диагностических показателей техногенной трансформации, выбор каждого показателя обоснован (табл. 1).

Срок эксплуатации месторождения. Длительность эксплуатации месторождения явля-

ется одним из важнейших факторов, влияющих на структуру техногеосистем медноколчеданных месторождений. Длительность формирования техногеосистемы определяет глубину преобразования межкомпонентных и внутрисистемных взаимодействий, приводит к усложнению структуры техногеосистем, появлению на фоне техногенно преобразованных урочищ естественного происхождения урочищ, сформировавшихся под действием только техногенных процессов, – карьерных выемок, крупных отвалов, техногенных родников, карьерных озер, карьерных ручьев. Кроме того, следует отметить, что сроки освоения медноколчеданных месторождений являются одним из условий вообще формирования техногеосистем – степени сформированности их как техногеосистем. Изучение структуры техногеосистем медноколчеданных месторождений показало, что одну из ключевых ролей в их формировании играют процессы водообмена, поэтому в качестве критерия формирования техногеосистем на медноколчеданных месторождениях предлагается наличие техногенных водоемов, что отмечается только при сроках освоения в 30–40 лет.

Степень гипотехноморфогенеза. Техноморфогенез – преобразование рельефа под действием техногенных процессов и формирование новых форм (техногенных) поверхностей. Техногеосистемы медноколчеданных месторождений представляют геосистемы с ярко выраженными процессами перемещения огромных масс грунтов и формирования аномальных как по глубине, так и по высоте техногенных поверхностей. В целом, чем глубже формы техногенного рельефа, тем сильнее преобразование водной компоненты техноландшаф-

Таблица 1. Балльная оценка показателей, определяющих величину техногенной нагрузки на техногеосистемы медноколчеданных месторождений

Показатель	Количественная характеристика показателя и соответствующее ей количество баллов
Срок эксплуатации месторождения	Менее 5 лет – 1б От 5 до 10 лет – 2б От 10 до 20 лет – 3б От 20 до 30 лет – 4б От 30 до 40 лет – 5б От 40 до 50 лет – 6б От 50 до 70 лет – 7б
Степень гипотехноморфогенеза (глубина, м)	До 20 м – 1б От 20 до 50 м – 2б От 50 до 100 м – 3б От 100 до 200 м – 4б От 200 до 300 м – 5б
Степень гипертехноморфогенеза (высота, м)	До 10 м – 1б От 10 до 30 м – 2б Более 30 м – 3б
Размеры запасов медноколчеданных руд	Малые – 1б Средние – 2б Крупные – 3б
Развитие техногенно метаморфизованных грунтовых и поверхностных вод (ПДК по Cu, Zn, S)	До 2 ПДК по 1 элементу – 1б От 2 до 5 ПДК по 1 элементу – 2б До 2 ПДК по 2-3 элементам – 3б От 2 до 5 ПДК по 2-3 элементам – 4б От 5 до 10 ПДК по 1 элементу – 4б От 5 до 10 ПДК по 2-3 элементам – 5б Более 10 ПДК по 1 элементу – 5б Более 10 ПДК по 2-3 элементам – 6б
Развитие техноземов (ПДК по Cu, Zn, S)	До 2 ПДК по 1 элементу – 1б От 2 до 5 ПДК по 1 элементу – 2б До 2 ПДК по 2-3 элементам – 3б От 2 до 5 ПДК по 2-3 элементам – 4б От 5 до 10 ПДК по 1 элементу – 4б От 5 до 10 ПДК по 2-3 элементам – 5б Более 10 ПДК по 1 элементу – 5б Более 10 ПДК по 2-3 элементам – 6б
Воздействие на местную речную сеть в форме образования гидрохимических аномалий (расстояние, км)	До 1 км – 1б От 1 до 5 км – 2б От 5 до 10 км – 3б
Содержание сульфидов в колчеданных рудах (%)	10-20 – 1б 20-30 – 2б более 30 – 3б
Наличие и объемы отвалов с вскрышными и околорудными породами (млн. м ³)	До 10 млн. м ³ – 1б; От 10 до 30 млн. м ³ – 2б; От 30 до 100 млн. м ³ – 3б; Более 100 млн. м ³ – 4б
Размеры растительных сукцессий по отношению к площади техногеосистемы (%)	До 50% – 1б От 30 до 50% – 2б От 30 до 10 % – 3б До 10% - 4б
Формирование техногенных водоемов (родников, карьерных озер)	1-2 – 1б 2-5 – 2б Более 5 – 3б

тогенеза, тем кардинальнее трансформация техногеосистемы.

Степень гипертехноморфогенеза. Положительные формы техногенного рельефа, как и отрицательные, играют важнейшую роль в формировании техногеосистем медноколчеданных месторождений. Наряду с ореолами грунтовых вод отвалы вскрышных и околорудных пород являются одним из факторов воздействия на соседние геосистемы через перенос пылеватых частиц.

Размеры запасов медноколчеданных руд. Размеры месторождения являются одной из причин, обуславливающих как размеры (и размерность) техногеосистем, так и степень сложности ее внутренней структуры. Размерность геосистем определяет уровень межкомпонентных взаимодействий и выраженность процессов техноландшафтогенеза. [1]

Развитие техногенно метаморфизованных грунтовых и поверхностных вод (ПДК по Cu, Zn, S). Формирование супераквальных элементов морфоструктуры техногеосистем является одним из критериев, определяющих степень их сформированности и зрелости. Кроме того, обширный спектр сопряженных геополей разнообразных химических элементов, отличающий техногеосистемы медноколчеданных месторождений от окружающих степных геосистем, определяет сложность парадинамических взаимодействий и является причиной нуклеарности морфоструктуры техногеосистем [2].

Развитие техноземов (ПДК по Cu, Zn, S). Почвы как компонент техногенных геосистем медноколчеданных месторождений представлены различного вида техноземами, морфологические и химические свойства которых отражают динамические процессы техногеосистем. Следует отметить, что почвообразовательные процессы усложняют структуру техноземов в связи с длительными сукцессионными процессами. Так же, как и водная компонента, почвы являются субстратом для развития геофизических и геохимических парадинамических полей техногеосистем.

Воздействие на местную речную сеть в форме образования гидрохимических аномалий (расстояние, км). В зависимости от интенсивности межкомпонентных взаимодействий в техногеосистеме проявляется их давление на окружающие техногеосистемы, которое наиболее отчетливо проявляется в виде гидрохимических ано-

мальной концентрации рудообразующих элементов в местной речной сети. Чем крупнее и сложнее техногеосистема, тем больше радиус образующих ими техногенных ореолов.

Содержание сульфидов в колчеданных рудах. Сульфиды являются наиболее активными геохимическими компонентами в рудных и околорудных породах медноколчеданных месторождений. Им принадлежит ведущая роль в образовании геохимических ореолов, поскольку сульфиды попадают в окислительную среду и быстро растворяются. Наряду с другими факторами, обеспечивающими высокую подвижность вещественно-энергетических процессов в техногеосистемах, окислительные процессы сульфидных руд поддерживают степень агрессивности среды техногеосистем медноколчеданных месторождений и их воздействие на вмещающие техногеосистемы [3].

Наличие и объемы отвалов с вскрышными и околорудными породами. Отвалы вскрышных и околорудных пород, возвышающиеся над остальными элементами техногеосистем, являются основным поставщиком обогащенных сульфидными тяжелыми металлами растворов и флюидов и являются аналогами элювиальных геохимических фаций. Поэтому объемы пород, заключенных в отвалах, определяют степень интенсивности и направленности миграционных потоков внутри техногеосистем, а также вне их.

Размеры растительных сукцессий по отношению к площади техногеосистемы. Соотношение зарастающих участков и участков, лишенных растительного покрова, отражает активность восстановительных сукцессий в техногеосистеме, что зависит от сроков освоения месторождения (а следовательно, длительности образования техногеосистемы) и может относиться к критериям стабилизации техногеосистемы. Растительные сукцессии техногеосистем медноколчеданных месторождений отличаются замедленной динамикой и, как правило, даже по прошествии 1–2 десятилетий находятся на стадии пионерной растительности.

Формирование техногенных водоемов (родников, карьерных озер). Образование техногенных водоемов, очевидно, является определенной стадией в формировании техногеосистем и поэтому является признаком стабилизации техногеосистемы. Будучи аналогом супераквальных элементов геохимических фаций, техноген-

ные водоемы аккумулируют основные компоненты сульфидных руд и поддерживают базис эрозии на постоянном уровне, тем самым сдерживая активность экзогенных процессов.

Анализируя полученную таблицу 2, можно прийти к выводу, что техногеосистемы медноколчеданных месторождений дифференцируются на три класса:

I класс – составляют техногеосистемы со сложными и стабильными межкомпонентными взаимодействиями, значительной амплитудой гипер- и гипотехноморфных процессов, сложно организованными интерполирующими и интерферирующими геопольями разнообразных химических элементов, являющихся компонентами окисляющихся сульфидных руд. Эти техногеосистемы образованы как элювиальными (отвалы околорудных пород), так и супераквальными (карьерные водоемы, техногенные родники и ручьи) геохимическими фациями. Вокруг техногеосистем сложились ореолы техногенно метаморфизованных вод, и воздействие на местную речную сеть прослеживается на несколько километров. Техногеосистемы состоят из различных по времени и типу растительных сукцессий и техноземов. К техногеосистемам I класса относятся техногеосистемы Гайского и Блявинского медноколчеданных месторождений.

II класс – представляет техногеосистемы мелких медноколчеданных месторождений с небольшими по амплитуде техноморфными процессами, но со сложившимися и стабильными межкомпонентными взаимодействиями. Однако воздействие на прилегающие геосистемы невелико (не более 3 км), и типологическое разнообразие растительных сукцессий и техноземов существенно ниже, чем у техногеосистем I класса. Техногенные водоемы представлены только карьерными водоемами, а размеры отвалов небольшие как по объему, так и по амплитуде, что

определяет меньшую интенсивность взаимодействий внутри геосистемы. Примером техногеосистем II класса являются техногеосистемы месторождений Яман-Касы и Барсучий Лог.

III класс – включает техногеосистемы медноколчеданных месторождений, разработка которых началась относительно недавно. В связи с этим межкомпонентные взаимодействия в них нестабильны. Техногенные водоемы отсутствуют. Геохимические и гидрохимические поля еще не сложились, а воздействие на окружающие техногеосистемы крайне слабое и фиксируется фрагментарно. Примерами техногеосистем III класса являются Летнее и Осеннее медноколчеданные месторождения.

Геоэкологические аспекты функционирования техногеосистем медноколчеданных месторождений связаны с:

1. Геохимические ореолы вокруг медноколчеданных месторождений формируются как в результате техногенных процессов, ведущих к формированию техногеохимических аномалий, так и в результате воздействия природных факторов – фильтрации в речные отложения и разбавления грунтовыми водами, снижающими концентрацию технофильных элементов.

2. В условиях сложившихся глубоко трансформированных техногеосистем (как, например, Гайское и Блявинское месторождения) наибольшее значение для обострения геоэкологической ситуации имеют формирование техногенного горизонта высокоминерализованных кислых подземных вод на обширной территории отвалов, сток их в реки и загрязнение почв, грунтов и природных вод. При этом границы ореола техногенных вод расширяются в основном за счет миграции высокоподвижных сульфатов и хлоридов, а депонирование токсикантов и развитие высокоградиентных геохимических аномалий связано с накоплением тяжелых метал-

Таблица 2. Балльная оценка трансформации природной среды в техногеосистемах медноколчеданных месторождений

Наименование месторождения	Итоговые показатели	Показатели										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гайское	45	6	5	2	3	6	6	3	3	4	4	3
Блявинское	42	7	4	3	2	6	6	2	3	3	3	3
Летнее, Осеннее	14	1	3	2	1	1	1	1	2	1	1	
Барсучий Лог	24	3	3	2	1	3	3	3	2	2	2	
Яман-Касы	20	4	3	1	1	2	3	1	2	1	1	1

лов в загрязненных почвах (грунтах), техногенных осадках и илах, а также отвалах вскрышных и некондиционных пород.

3. Особенности эколого-геохимической обстановки зависят от сложившихся эндогенных геохимических ореолов, сформировавшихся техногенных ореолов, количественных объемов и состава технофильных веществ. В связи с этим экологическая ситуация на техногеосистемах медноколчеданных месторождений может варьировать от стабильной до критической и кризисной.

Гидрогеолого-экологическая обстановка, как показали анализ имеющегося материала и полевые обследования на территории Гайского ГОК, является сложной. Контроль за ней осуществляется с помощью сети режимных скважин на промплощадке и в пос. Камейкино (Камейкинский участок), а также на площади расположения подземного (шахты) и поверхностного (карьеры) рудников и прилегающей к ним территории (Калиновский участок). За поверхностными зонами контроль проводится на реках Урал, Колпачка, Елшанка, Сух. Губерля, а также на Ялангасе. Сточные воды контролируются в пруде кислых вод, осветленных вод, хвостохранилище, в прудах-накопителях у отвалов карьеров № 1 и 2. Кроме того, ведется контроль за шахтными и подотвальными водами, оборотной водой.

За последние годы на ГОК выполнен ряд природоохранных мероприятий, в т.ч. сбор в пруды-накопители и перекачка подотвальных вод в пруд кислых вод, что позволило предотвратить их поступление в верховья Колпачки и Елшанки. Увеличен объем использования оборотной воды, что привело к уменьшению сбросов в Ялангас и Сух. Губерлю. Разрабатываются некондиционные руды, которые раньше направлялись в отвал, что уменьшит образование подотвальных вод. Проводятся работы по рекультивации земель в отвалах. Все это создает благоприятные предпосылки для улучшения экологической обстановки на территории ГОК.

Как показали результаты изучения режима на территории предприятий ГОК и прилегающих землях, в глинах коры выветривания и суглинисто-глинистых отложениях сформировался единый техногенно-природный горизонт грунтовых вод, которые постепенно приблизились к дневной поверхности и залегают на глубинах 0,5–8 м. В районе отвалов также образо-

вался техногенный горизонт с участием грунтовых вод, дренируемый карьерами в полосе шириной до 1 км. Режим уровня подчинен климатическим факторам и характеризуется наибольшим положением УГВ в мае и наименьшим в октябре-ноябре. Колебания уровня грунтовых вод составляют от 0,3–0,6 до 1,5–2 м/год, а в ряде случаев – до 3,5 м/год.

Химический состав подземных вод достаточно стабилен за период 2000–2004 гг. и не подвергается большим колебаниям в содержании как макрокомпонентов (сухой остаток, SO_4 , CL), так и металлов-загрязнителей (Cu, Zn). Химический состав, его структура, содержание загрязнителей в грунтовых водах и прудах обогатительной фабрики не корреспондируют и не связаны друг с другом.

Все пруды построены на глинистом основании с глинистым экраном и не связаны с грунтовыми водами на прилегающей к ним территории ни уровнем режимом, ни химическим составом. Отсутствие такой связи подтверждается значительными различиями в содержании отдельных компонентов в прудах и в наблюдательных скважинах, находящихся в непосредственной близости от них. Так и на территории пос. Камейкино и Калиновка, несмотря на большое превышение горизонта воды в отдельных прудах над грунтовыми водами, подъема их уровня не наблюдается, а его колебания на территории ГОК, Камейкино и Калиновки подчинены климатическим факторам.

Наблюдательная сеть в основном решает внутрипроизводственные задачи, имеющихся скважин и постов наблюдения за поверхностными водами, исключая промплощадку, достаточно для ведения ведомственного мониторинга за водной средой. Вместе с тем сеть распределена неравномерно, т.к. скважины разбуривались для составления карты гидроизогипс и других целей (Камейкинский участок) и не могут решать задачи режима. Часть из них может быть законсервирована, в т.ч. на правом берегу Ялангаса в пос. Камейкино, вблизи пруда-накопителя №2 и др.

Методика ведения гидрогеохимического мониторинга в настоящее время не разработана, вследствие чего результаты не дают полной картины режима уровня и химического состава подземных вод. Двухразовые наблюдения в год не позволяют установить природу колебаний уров-

ня, источники питания подземных вод. В проекте ведомственной сети и мониторинга водной среды ГОК этот вопрос должен найти свое решение. Следует также перераспределить сеть таким образом, чтобы скважины были расположены по

потоку грунтовых вод от потенциальных источников загрязнения. Несколько наблюдательных скважин следует разместить на участке обогатительной фабрики, а для определения фоновых показателей – выше пос. Камейкино.

09.09.2010

Список литературы:

1. Зайков В.В., Масленников В.В., Зайкова Е.В., Херрингтон Р. Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. 315 с.
2. Самарина В.С., Гаев А.Я., Нестеренко Ю.М., Захарова В.Я., Мусихин Г.Д., Бутолин А.П. Техногенная метаморфизация химического состава природных вод (на примере эколого-гидрогеохимического картирования бассейна р. Урал, Оренбургская область). – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1999. – 444 с.
3. Белогуб Е.В., Щербаква Е.П., Никандрова Н.К. Сульфаты Урала. Миасс: УрО РАН, 2005. 128 с.

Сведения об авторе:

Артамонова С.В., старший преподаватель кафедры городского кадастра
Оренбургского государственного университета
Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 3432, , тел. (3532)372522, e-mail: g_kadastr@mail.osu.ru

Петрищев В.П., доцент кафедры городского кадастра
Оренбургского государственного университета, кандидат географических наук
Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 3433, , тел. (3532)372522, e-mail: g_kadastr@mail.osu.ru

Калиев А.Ж., заведующий кафедрой городского кадастра Оренбургского государственного
университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 3433, , тел. (3532)372522, e-mail: g_kadastr@mail.osu.ru

Artamonova S.V., Petrishchev V.P., Kaliev A.Zh.

THE GEO-ECOLOGICAL ASPECTS OF CLASSIFICATION OF TECHNOGEOSYSTEMS OF THE CHALCOPYRITE LAYERS OF ORENBURG REGION

The authors examined the criterion of geo-ecological classification of technogeosystems of the chalcopryrite layers of Orenburg region. They presented the principles of classification on the basis of the study of geochemical halos, processes of technogeomorphogenesis, technogenic metamorphization of surface and underground waters, action on the adjacent geo-system.

Key words: technogeosystem, technomorpholitogenesis, geo-field, chalcopryrite layers.

References:

1. Zaikov VV, Maslennikov VV, Zaikov EV, Herrington R. ore-formational and ore-facial analysis sulphide deposits of the Urals paleo. - Miass: Yimin UB RAS, 2001. 315 pp.
2. Samarina VS, GAYEV AY, Nesterenko YM, Zakharov V., Musikhin GD, Butolin AP Technogenic metamorphism of the chemical composition of natural waters (for example, eco-hydrogeochemical mapping of the Ural river basin, Orenburg region). - Ekaterinburg: Izd UB RAS, 1999. - 444s.
3. Belogub EV, Shcherbakova EP, Nikandrova NK Sulfates in the Urals. Miass: UB RAS, 2005. 128 pp.