

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

ЛАНДШАФТНО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ТЕХНОГЕОСИСТЕМ
МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Монография

Рекомендовано к изданию ученым советом федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург
2019

УДК 502.17+553.3
ББК 28.080+26.34
Г36

Рецензент - доктор геолого-минералогических наук, профессор
П.В. Панкратьев

Авторы: В.П. Петрищев, С.В. Артамонова, С.А. Дубровская, Р.В. Ряхов,
С.Ю. Нореика

Г36 Ландшафтно-геоэкологические основы формирования техногеосистем
медноколчеданных месторождений [Электронный ресурс]: монография /
В.П. Петрищев, С.В. Артамонова, С.А. Дубровская, Р.В. Ряхов,
С.Ю. Нореика. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2019. – 156 с.
ISBN 978-5-7410-2349-5

Настоящая работа подготовлена в рамках научно–технической программы «Оздоровление экологической обстановки Оренбургской области в 2010–2015 гг.» и научно–технической программы «Оценка земель, подверженных техногенному воздействию» (№ во ВНИИЦ 01200902651). Актуальность постановки проблемы обусловлена слабой изученностью техногеосистем медноколчеданных месторождений. Техногеосистемы медноколчеданных месторождений являются одними из наиболее крупных источников геохимической и геоэкологической опасности. Выделяя по степени геоэкологической опасности месторождения медноколчеданных руд в особую группу объектов недропользования, следует отметить, что в их пределах формируются наиболее глубоко преобразованные горнотехнические геосистемы. Основанием для такого утверждения является как глубина процессов техноморфогенеза, так и формирование разнообразных по форме и концентрации геополей тяжелых металлов.

В качестве ключевого объекта для проведения исследований выбран Гайский промышленный узел, характеризующийся широким спектром техногенных загрязнителей. Горнодобывающее предприятие – Гайский горно–обогатительный комбинат – это крупное предприятие, которое работает уже более 50 лет. Все это время окружающая среда в районе ГОК подвергается массивному техногенному воздействию.

Книга может вызвать интерес у специалистов различных отраслей науки (почвоведов, географов, экологов и др.), осуществляющих мониторинг природной среды, а также у деятелей практики, чьи интересы тесно связаны с охраной природных объектов и их рациональным использованием.

Она будет полезной также работникам рудодобывающих предприятий и сотрудникам правительственных и частных экологических организаций. Может быть востребована преподавателями и студентами университетов, техникумов и колледжей, изучающих или участвующих в проведении исследований по указанным проблемам, в качестве учебного пособия по различным курсам (например, по почвоведению, гидрогеологии, экологии и др.), изучающим и охраняющим природную среду.

УДК 502.17+553.3
ББК 28.080+26.34

ISBN 978-5-7410-2349-5

© Петрищев В.П. и др., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение.....	5
1 Методические основы геоэкологической оценки компонентов окружающей среды	8
1.1 Полевые и лабораторные работы.....	8
1.2 Методика обработки информации.....	18
2 Факторы техногенного преобразования природных компонентов на Гайском месторождении.....	23
2.1 Техногенез как фактор преобразования природной среды на Гайском месторождении.....	23
2.2 Географическое положение и климат.....	27
2.3 Геотектоническое строение.....	28
2.4 Эндеогенные и экзогенные геохимические ореолы пород вулканического массива и коры выветривания	31
2.5 Геохимические аномалии почвенного покрова	38
2.6 Формирование гидрогеохимических ореолов.....	44
2.6.1 Гидрогеологическое строение и естественный гидрогеохимический фон	44
2.6.2 Система гидрогеохимического мониторинга на Гайском ГОК.....	48
2.6.3 Техногенные факторы метаморфизации поверхностных вод.....	55
3 Геоэкологическое обоснование формирования техногеосистем Оренбургской области	73
3.1 Сравнительный анализ формирования техногеосистем Гайского, Блявинского и Летнего медноколчеданных месторождений.....	73
3.2 Оценка динамики восстановительных процессов и эффективности рекультивации техногеосистем медно–колчеданных месторождений Южного Урала.....	98
3.3 Оценка потенциального воздействия горно–добывающего производства на городской ландшафт на примере Гайского месторождения.....	104
3.4 Классификация техногеосистем медноколчеданных месторождений.....	111
4 Проблемы экологической оптимизации техногеосистем медноколчеданных месторождений	120
4.1 Анализ процессов эколого–геохимической трансформации техногеосистем медноколчеданных месторождений	120
4.2 Предложения и рекомендации по снижению неблагоприятных воздействий на компоненты ландшафтов месторождений.....	134
4.2.1 Предложения и рекомендации по охране атмосферного воздуха.....	134
4.2.2 Предложения и рекомендации по предотвращению и снижению загрязнения поверхностных и подземных вод.	135
4.2.3 Предложения по охране почвенного покрова	137
4.2.4 Предложения по охране растительности	138
4.2.5 Предложения по снижению воздействия на животный мир.....	139

4.2.6 Предложения и рекомендации по предотвращению и снижению неблагоприятных воздействий на ландшафты	140
Список использованных источников	149

Введение

Осуществление любой хозяйственной деятельности всегда приводит к экологическим и связанными с ними социальными и экономическими последствиями для общества. Интенсивное развитие меднорудной промышленности в России за последние 100 лет, при существующем на сегодняшний день уровне технологий, привело к запредельному накоплению загрязняющих веществ в окружающей среде. Особенно это актуально для Южного Урала, где сосредоточена добыча медноколчеданных руд. Как известно, медноколчеданные руды представляют собой природный концентрат токсических элементов. При добыче руды, особенно открытым способом, происходит рассеяние токсичных элементов в масштабах сравнимых с их промышленным извлечением. В связи с этим возникает необходимость изучения воздействия антропогенных загрязнителей на почву, воду, растения.

Естественно, что, добывая, обрабатывая и очищая металлы от примесей, человек не только дает им новую жизнь, но и способствует их интенсивному рассеиванию в среде обитания. Металлы поступают в атмосферу в составе газообразных выделений и дымов, а также в виде техногенной пыли, они попадают со сточными водами в водоемы, а из воды и атмосферы переходят в почву, где миграционные процессы их существенно замедляются. Почва, обладает ярко выраженной катионной погложительной способностью, очень хорошо удерживает положительно заряженные ионы металлов. Поэтому постоянное поступление их даже в малых количествах в течение продолжительного времени, способно привести к существенному накоплению металлов в почве.

Месторождения медноколчеданных руд формируют особый геоэкологический и геохимический режимы функционирования ландшафтного комплекса, специфические морфодинамические особенности которого позволяют отнести его к так называемым нуклеарным (к глубоко преобразованным) техногеосистемам. Им свойственны в наибольшей степени выраженное негативное антропо-

погенное воздействие на компоненты ландшафта. Образование, связанных с разработкой месторождений, карьерно–отвального типа местности оказывает не только локальное влияние на вмещающие ландшафты, по средствам разрушения естественных биогеоценозов и создания новых форм рельефа, но и на достаточно обширные территории, вследствие переноса во взвешенном состоянии тонкодисперсных частиц, и нарушения геохимической обстановки [1]. За счет техногенной миграции веществ в речную сеть и фильтрации в грунтовые воды зона распространения концентрации, превышающих фоновое содержание, существенно превышает размеры собственно техногеосистемы и может достигать нескольких десятков квадратных километров. Для оценки динамики постепенного зарастания (регенерации) отвалов медноколчеданных месторождений растительными сообществами необходимо учитывать временной отрезок (срок эксплуатации), степень преобразования природной среды (формирование новых техногенных форм рельефа) и проведения рекультивационных мероприятий на территории техногеосистемы, для предотвращения процессов эрозии, дефляции, оползнеобразования, оврагообразования, деградации и загрязнения ландшафтов. Длительность эксплуатации рудных месторождений определяет уровень трансформации ландшафта и образование новых специфических техногенно–преобразованных техногеосистем (карьерные выемки, отвалы, техногенные родники, озера, ручьи) [3, 5]. В качестве объектов исследования выбраны техногеосистемы медноколчеданных месторождений восточной части Оренбургской области, отличающиеся как вертикальными и горизонтальными масштабами разработок, так и временными рамками ведения горнодобывающих работ. Блявинское месторождение расположено в 6 км от г. Медногорска, разработка началась в 1934 г. Месторождение Барсучий Лог, расположено в надпойменной террасе р. Большой Кумак. Гайское месторождение расположено на водоразделе рек Елшанки и Колпачки в черте г. Гай. Разработка ведется с 1959 г. Рудник «Джусинский» расположен в Адамовском районе вблизи станции Теренсай и разрабатывается с 2004 г. Месторождения Блявинское и Барсучий Лог в связи с прекращением добычи руды не испытывает техногенной

нагрузки и наблюдаются естественные процессы восстановления ландшафта. На территории Гайского месторождения в 2006 г. проведена многоэтапная рекультивация отвалов карьера № 2. Джусинское относится к новоразрабатываемым месторождением, и подвержено активным процессам отвалообразования с увеличением занимаемой площади.

Освоение медноколчеданных месторождений будет развиваться и в будущем, особенно теперь, когда основным производимым продуктом в России является сырье, металлы и сплавы. Это определяет необходимость геоэкологической оценки состояния компонентов окружающей среды в районах развития медноколчеданного оруденения с интенсивной отработкой месторождений и переработкой минерального сырья с целью дальнейшего внедрения эффективных природоохранных мероприятий.

1 Методические основы геоэкологической оценки компонентов окружающей среды

Методика проведения работ по геоэкологической оценке состояния различных компонентов среды предполагает ряд последовательных операций [2, 10, 74, 15, 19, 38, 40, 41, 69]. Первый этап исследования (получение априорной информации) преследует цель создания ландшафтно–геохимической основы, на которой должна быть помещена информация о типовых элементарных ландшафтах, отражающих строение района. Для характеристики ландшафтной ситуации необходимо иметь сведения в картографическом исполнении о геологии и геохимических аномалиях, рельефе, почвах, растительности и других параметрах. В этот период определяются основные изучаемые компоненты окружающей среды (например, подпочвенный слой, почвы, растительность, водные источники), а также список основных загрязняющих элементов [63]. Второй этап включает в себя получение оперативной информации полевыми и лабораторными методами. На третьем этапе производится камеральная обработка информации.

1.1 Полевые и лабораторные работы

Исследования территории Гайского промузла проводились с помощью экспедиционных маршрутных исследований. Маршруты включали систему точек наблюдений и закладывались с учетом господствующего простирания геологических комплексов, основных элементов рельефа и розы ветров. Так как геологические комплексы имеют субмеридиональную направленность, то проведение маршрутов производилось в субширотном направлении. Из числа природных элементарных ландшафтов выделялись: элювиальный, трансэлювиальный, трансэлювиально–аккумулятивный, аккумулятивный, аккумулятивно–

элювиальный, транссупераквальный, субаквальный [48]. Учёт розы ветров осуществлялся проведением маршрутов по основным румбам.

При проведении работ исследовались четыре природных компонента, наиболее информативных для решения поставленных задач: почвообразующие породы, в т.ч. техногенные грунты, почвы (в т.ч. техноземы), растительность, снежный покров, поверхностные и грунтовые воды [70].

Пункты опробования представлены на рисунке 1 (снимок спутн.). Методика проведенного исследования этих сред, включает полевые и лабораторные работы.



Рисунок 1 - Пункты опробования

Почвы и грунты

Полевое исследование. Проводилось корректировочное полевое почвенное исследование всей территории экорайона. Основой являлся весь архивный материал предыдущих почвенных работ, проведенных НПО «Гипрозем», агрохимического центра.

При корректировке закладывались почвенные разрезы с описанием их профиля, отбором образцов по всему профилю. Топографической основой картирования принят план территории в масштабе 1:25000, а также ортофотопланы. Отбор проб почв производился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01–83 «Общие требования к отбору проб» [50, 42].

Аналитические исследования. Образцы почв проанализированы в производственных лабораториях проектно–изыскательских предприятиях по землеустройству и агрохимическому обслуживанию, в ФГУ «Оренбургский территориальный фонд геологической информации». Методы определения основных агроэкологических параметров общепринятые: гранулометрический состав и плотность почв по Н.А. Качинскому. Показатели химии почв – методом водной вытяжки по Е.В. Аринушкиной, pH – водный, поглощенные основания – по К.К. Гедройцу валовое содержание элементов – спектрографическим методом. Подвижные (ТМ) формы элементов в солянокислой, азотнокислой вытяжках (0,1), частично в ацетат–аммонийном (pH 4) буфере [39].

Материалы по бонитировке почв приводятся по шкалам 1986 и 1989 годов, экологическая оценка проведена по методике почвенного института им. В.В. Докучаева.

Аналитические показатели обрабатывались статистически. Систематизация и обобщение морфологических, аналитических результатов исследований проводилось по общепринятым методикам.

При интерпретации полученных результатов нами использовались некоторые показатели экологического состояния почв и почвенного покрова: кларк и региональный фон [34].

Кларк – это среднее содержание элемента в земной коре для определенной территории (таблица 1).

Таблица 1 - Валовое содержание элементов и ПДК в почвах, мг/кг

Элемент	Кларк	По Алексееву		ПДК	
		Среднее содержание	Диапазон колебаний концентраций	По Большакову	Инструкции
Кадмий	0.06	0,08	0–0,7		
Кобальт	8	8	1–40		
Хром	100	100	5–3000		
Медь	20	20	2–100	55	Фон+35
Марганец	850	850	100–4000	1500	1500
Никель	40	40	10–1000	85	Фон+45
Свинец	10	10	2–200	30	Фон+20
Цинк	50	50	10–300	100	Фон+50

Величина кларка нами принята в качестве условной точки отсчета о складывающейся геоэкологической ситуации при загрязнении почв валовыми формами ТМ.

Степень загрязнения определялась кратностью превышения концентрации элемента в почве по отношению к кларку (таблица 2).

Содержание подвижных форм тяжелых металлов контролировалось показателем ПДК (если он установлен) и по кратности превышения фактической концентрации над региональным фоном.

В качестве фонового принимается фактическое содержание ТМ в пашнях Гайского района. При этом кроме собственных данных, использовались результаты массовых анализов областной агрохимслужбы. Так как коэффициент варьирования величин концентрации довольно значителен, то нами установлен региональный (порайонный) фон, который численно равен средневзвешенному арифметическому значению, при условии достоверности ошибки выборки.

Таблица 2 - Шкала уровней загрязнения почв подвижными формами тяжелых металлов

Показатели	Степень деградации почв по загрязнению				
	Уровни				
	нулевой	первый	второй	третий	четвертый
Кратность превышения над фоном					
Элементы 1 группы	1	1,0–2,0	2,1–3,0	3,1–5,0	5
2	1	1,0–3,0	3,1–5,0	5,1–20,0	20
3	1	1,0–5,0	5,1–20,0	21,0–100	100
Качество уровня	низкий	низкий	допуст.	средний	высокий

Для уяснения характера и степени загрязнения почв отдельными элементами нами использовались следующие показатели:

1) Элювиально–аккумулятивный коэффициент (ЭАК). Это отношение среднеколичественного содержания элемента в породе к этой же величине в поверхностном горизонте (A_0A или $A_{\text{пах}}$). В нативных (неизменных в смысле загрязнения почвах) величина ЭАК обычно не превышает 0,8–1,2 единиц.

2) Коэффициент концентраций (КК) характеризует и выявляет локальное загрязнение почв элементом, он равен частному от деления концентрации химического элемента в почве на концентрацию его в почвах фона.

$$KK = \frac{C_{\text{ип}}}{C_{\text{ф}}},$$

где КК – коэффициент концентрации;

$C_{\text{ип}}$ и $C_{\text{ф}}$ – концентрации элемента соответственно в исследуемой почве и почве фона.

3) В связи с тем, что загрязнение почв вызывается группой химических элементов, возникает необходимость определить интегральный показатель суммарного загрязнения (ПСЗ),

$$ПСЗ = \sum KK - (n-1),$$

где ПСЗ – показатель суммарного загрязнения

КК – сумма коэфф. концентрации элементов

n – число элементов.

Предложены шкалы суммарного загрязнения по величине ПСЗ (таблица 3).

Таблица 3 - Оценочные шкалы опасности суммарного загрязнения почв ТМ

Значения ПСЗ	Степень загрязне- ния элементами	Значения ПСЗ	Степень загрязнения хим. элементами	Балл
2	Допустимая	16	Допустимая	1
2–8	Слабая	16–32	Умеренно–опасная	2
8–32	Средняя	32–128	Опасная	3
32–64	Сильная	128	Чрезвычайно–опасная	4
64	Очень сильная			

4) Для сравнения способности почв сохранять поступающие элементы – загрязнители в малоподвижной форме или переводить их в другую форму, предлагаем расчет–показатель защитных возможностей почв (их буферность).

$$Б = \frac{ККп}{ККмп},$$

где Б – буферность почв;

ККп– коэффициент концентрации подвижных форм элемента в почве;

ККмп,– коэффициент концентрации валовых форм элемента в породе.

Растительность

Важнейшими особенностями территории садового массива ГОК являются: во–первых, его расположение в узкой долине р. Елшанка на слабовыщелоченных (засоленных) отложениях третичных кор выветривания. Это вызвало использование для ведения садоводства насыпных грунтов, пестрых по составу и свойствам, но в целом, менее тяжелых по механическому составу и гораздо менее засоленных легкорастворимыми солями, чем коренные породы. Второй, на этот раз ландшафтной особенностью массива является то, что он по природе трансэлювиальный, находится под прямым влиянием техногенного потока активных биогенных металлов из прилегающей промышленной зоны. Это, вместе с дополнительной аккумуляцией элементов вследствие орошения водами, также находящимися под техногенным влиянием, вызывает дополнительное усложнение геохимической обстановки и определяет необходимость санитарного мониторинга и перспективного геохимического прогноза на территории не только садового массива, но и ландшафта в целом [10].

Для оценки загрязнения тяжелыми металлами нами изучалось состояние системы почва – поливная вода – растение. С этой целью в дачном массиве в

бассейне р. Елшанки и в садово–дачном обществе «Родничок» было выбрано несколько ключевых участков, на которых возделывались типичные для нашей зоны овощные культуры и плодовые деревья. При подборе участков учитывали источник поливных вод. Описание участков приведено в таблице 4. Исследования проводились методом полевого обследования почв, растительного покрова и лабораторных анализов почвенных и растительных образцов, а также проб воды.

Таблица 4 - Описание участков

№ участка	Название садоводческого общества	Фамилия владельца земельного участка	Источник полевых вод
1	Трестовский	Ребров	промводовод
2	4–А	Молотков	Смешанная из Елшанки и промводовода
3	Фабричный	Игнатов	Р.Елшанка (пруд 2 и 3)
4	Юбилейный	Малявин	Р.Елшанка (пруд 2)
5	Геолог	Семенов	Р.Елшанка (пруд 2)
6	Родничок	Дмитриев	Привозная из промводовода
7	Металлург–2	Чернов	Р.Елшанка (Культурный пруд)
8	6–А	Седов	Р.Елшанка
9	Обогатитель–2	Сулейманов	Р.Елшанка
10	Рассвет	Колос	Р.Елшанка
11	п. Новоорск	Сечин	Р.Елшанка

В полевой период исследование особенностей почв и грунтов садоводческого массива в бассейне р. Елшанки проводилось путем отбора образцов почвенных горизонтов А и В на глубину 0–50 см. В камеральный период выполнен спектральный и химический анализы. Химический анализ почв и грунтов выполнен по общепринятым методикам. Спектральный анализ выполнен полуколичественным методом на 31 элемент.

С каждого из 11 участков отбирались образцы культурных растений. Отбор видов определялся наличием их на участке, а так же желанием посадить один и тот же вид на разных участках. Сбор растений проводился в фазе вегетации и созревания. Собиралась только товарная часть растений: у петрушки,

укропа, щавеля – листья, стебли; томатов, огурцов, яблок – плоды; у картофеля – клубень; у свеклы, редиса, моркови – корнеплод.

Определение химического состава растений проводилось из средней пробы, которая составлялась из 6–10 индивидуальных растений. После сбора, растения промывали водой от поверхностного загрязнения, затем высушивали до воздушно-сухого состояния и определяли первоначальную влагу. После высушивания при температуре 105 °С определяли гигроскопическую влагу. Эти показатели необходимы для расчета содержания металлов в натуральном продукте. Высушенная растительная масса измельчается до размера 1–2 мм, затем от всей пробы методом квартования берется часть сухой массы примерно 20–30 г. Эта часть растительной пробы озольялась методом старого озольения, и подвергалась спектральному полуколичественному анализу на 24 элемента.

Отбор образцов поливных вод проведен из всех водных источников, указанных в таблице 4, используемых для орошения, в том числе открытого типа.

Объем каждой пробы составлял 1,5 л. Пробы транспортировались в полиэтиленовых емкостях. В воде определялось содержание натрия, калия, иона аммония, кальция, магния, содержание хлоридов, сульфатов, нитратов, нитритов, гидрокарбонатов, а также величина сухого остатка и общая минерализация. Часть каждой пробы (0,5 л), подкисленная серной кислотой выпаривалась, сухой остаток подвергался спектральному анализу.

Из поверхностных водотоков (р. Урал, руч. Колпачка, Елшанка), пробы по графику должны отбираться раз в месяц, а в период паводка 2 раза в неделю, отбор воды в руч. Ташкут и Ялангас графиком не предусмотрен. С 2000 г. на р. Урал, в паводковый период пробы отбирались по 2–5 раз в месяц. Отбор проб подземной воды на химанализ согласно графику должен выполняться раз в полугодие, что и выполняется одновременно с замерами уровня грунтовых вод. В поверхностных и подземных водах определяют те же компоненты, что и в сточных.

Снежный покров

Для определения влияния промышленных предприятий на содержание тяжелых металлов в почве и растениях в садовом массиве проводился отбор проб снега [11]. Отбор образцов снега проводился на всю мощность снегового покрова, за исключением нижнего слоя (примерно 5 см). Это для того, чтобы избежать загрязнения почвенными частицами. Пробы весом 1,5–2 кг транспортировались и хранились в полиэтиленовых пакетах.

Пробы оттаивали при комнатной температуре, измеряли pH. Далее проводилась фильтрация воды, остаток на фильтре высушивался, озолялся и далее подвергался спектральному анализу на 31 элемент. В фильтре талой воды определяли содержание анионов: сульфата–иона, карбоната–иона, нитрата–иона, магния, а также общую жесткость и сухой остаток. Часть отфильтрованной талой воды выпаривалась, и сухой остаток подвергался спектральному полуквантовому анализу на 31 элемент.

Для определения металлов использовались количественные атомно–эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой и атомно–абсорбционный метод (таблица 5). При малых количествах микрокомпонентов применялось концентрирование.

Таблица 5 - Характеристика методик определения металлов в химической лаборатории

№	Эл.	Назначение и область применения методики	Метод измерения	Диапазон содержаний мг/дм ³	Характеристика
1	Cu	Методика выполнения измерений распространяется на питьевые, природные, сточные воды и атмосферные осадки и предназначена для определения массовой концентрации металлов методом атомно–эмиссионной спектрометрии с индуктивно–связанной плазмой. Атомно–эмиссионный спектрометр «Spektroflme» ПНДФ 14.1:2:4.135–98	Метод ИСП–АЭ основан на зависимости интенсивности атомной эмиссии определяемого элемента, переведённого в возбуждённое состояние, от его концентрации в растворе анализируемой пробы	5,0 – 2000	20%

Продолжение таблицы 5

№	Элемент	Назначение и область применения методики	Метод измерения	Диапазон содержаний мг/дм ³	Характеристика погрешности
2	Zn	—//—	—//—	—//—	—//—
3	Pb	—//—	—//—	—//—	—//—
4	Cd	—//—	—//—	2,0–2000	—//—
5	Az	—//—	—//—	2,0–40000	—//—

1.2 Методика обработки информации

Информационно–картографические методы

В процессе исследований сложилась методика обработки полученной информации, основанная на графических, вероятностно–статистических и других методах.

Графические методы обработки информации заключались в построении карт, диаграмм [62, 45]. При этом широко использовались компьютерные программы Surfer, Exsel и другие. Наибольшее применение в работе нашло построение поэлементных карт почв, грунтов, поверхностных вод, растительности с помощью программы Surfer «крайгинг–методом». Под термином «крайгинг» подразумевается метод нахождения лучшего взвешенного скользящего среднего. При крайгинге используются концентрации химических элементов во всех пробах как внутри, так и вне оцениваемого блока. Смысл крайгинга состоит в том, что содержанию элементов каждой пробы приписывается такой вес, при котором оценка среднего содержания обладает минимальной дисперсией.

Результаты наблюдений и экспериментальных исследований, отраженные в количественных показателях, подвергались статистической обработке [22], начальным этапом которой является построение гистограмм (рисунок 2). После построения гистограмм производится их визуальный анализ. В практике проведенных исследований исходные данные распределены обычно по нормальному и логнормальному законам (таблица 6).

Далее производилось вычисление обобщенных статистических характеристик: центральных значений; показателей рассеяния; показателей формы кривых распределений (таблица 6) в зависимости от закона распределения.

Таблица 6 - Статистические параметры содержания элементов в почвах в валовой форме, мг/кг

Элемент	Медиана	Среднее	Вариация, %	Ассиметрия	Эксцесс	Распределение	Гипотеза об однородности выборки
Cu	24,58	21,53	523,52	7,63	58,48	лог-нормальное	однородна
Zn	555	707,8	94,13	1,31	2,00	нормальное	не однородна
Pb	180,5	266,6	127,32	2,01	4,15	лог-нормальное	не однородна
Cd	3,5	9,77	152,67	2,93	9,34	лог-нормальное	не однородна

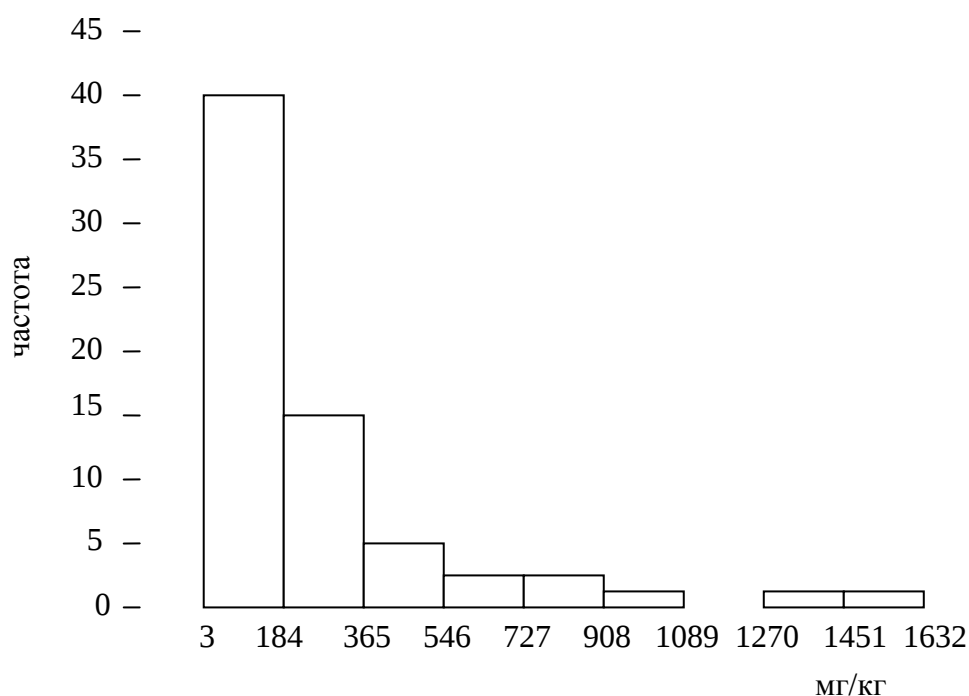


Рисунок 2 - Гистограмма частного распределения содержания свинца в гумусовом горизонте почв

К кругу задач, решаемых методом проверки статистических гипотез, относились такие, как проверка вида статистического распределения и оценка одно-

родности статистических совокупностей. Проверка гипотезы о законе распределения производилась с помощью коэффициентов асимметрии и эксцесса. Нормальное распределение симметрично и характеризуется определенной степенью сжатости. Принято считать, что если выборочные значения коэффициента асимметрии и эксцесса удовлетворяют неравенствам $|A| < 1.5 S_A$ и $|E| < 1.5 S_E$, где S_A и S_E соответственно ошибки коэффициентов асимметрии и эксцесса, то гипотеза о нормальном распределении может быть принята. Если же не выполняется хотя бы одно из приведенных неравенств, то гипотеза о нормальном законе распределения должна быть отвергнута.

Проверка принадлежности вариант к статистической, совокупности производилась по «правилу трех сигм». Статистическая совокупность должна быть однородна, то есть каждое значение в ней не должны сильно отклоняться. Если такие отклонения в выборке существуют, выборку нужно проверить на однородность. Критические точки при применении «правила трех сигм» вычисляются по формуле $\bar{X} \pm 3S$. Далее все варианты проверяются исходя из следующего неравенства: $\bar{X} - 3S < X < \bar{X} + 3S$. Если все значения в выборке входят в этот интервал, то выборка считается однородной. Те варианты, которые не попадают в установленный интервал выборки, удаляются.

Большое значение имело решение вопроса об установлении минимально необходимого объема наблюдений, т.е. такого объема, который необходим для вычисления показателей с желаемой точностью и надежностью. Одним из методов установления числа определений для вычисления этих показателей является метод, основанный на стабилизации выборочной дисперсии или коэффициента при увеличении объема выборки. Для удобства строят графики в координатах S^2 от n или V от n . Число определений, можно считать достаточным, когда изменения характеристик рассеяния становятся менее 5–10% от их значения.

При исследованиях значительно чаще имели место зависимости, когда фиксированному значению X соответствует не одно, а ряд значений Y , каждое из которых появляется с определенной вероятностью. Такие зависимости называются корреляционными.

ми. Корреляционный анализ начинался с построения точечной корреляционной диаграммы, на которую наносились результаты парных измерений величин X и Y . Если точки, располагающиеся на диаграмме, образуют эллипс, оси которого не параллельны осям координат, то это говорит о наличии корреляционной связи между показателями. Во всех остальных случаях корреляционная связь отсутствует. Далее вычисляются коэффициенты корреляции и коэффициенты уравнения регрессии. Для этого используется метод наименьших квадратов.

Методы дистанционного зондирования

Цель исследования – определение динамики зарастания карьерно–отвалных ландшафтов, в пределах техногеосистем медноколчеданных месторождений Оренбургской области по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Для обследования выбраны разновременные снимки (июнь 2008, 2010 гг.) спутника Landsat 5 и Landsat 8 (июнь 2015 г.) с разрешением 30 м. Мультиспектральные изображения Landsat на террито-

ию медно–колчеданных месторождений представлены Геологической службой США (USGS) и находятся в открытом доступе на электронном ресурсе – www.glovis.usgs.gov. Даты выбирались из расчета совпадения сезонов и полного отсутствия облачности в пределах месторождений. Основным методом стал расчет показателей нормализованного вегетационного индекса растительности NDVI, а также расчет трендов его изменения в промежутке с 2008 по 2015 г. Выбор объектов исследования обусловлен, во–первых территориальной близостью техногеосистем, что обеспечивает примерно равную степень влияния климатические условий на растительный покров, во–вторых они находятся на разных этапах техногеоморфогенеза. Проведено сопоставление всех классов и определены тенденции изменения значений индекса NDVI. Ранжирование полученных трендов осуществлялось, согласно методике ученых географического факультета МГУ, на 5 ступеней: а) устойчивый негативный тренд; б) значимый негативный тренд; в) тренд отсутствует; г) значимый позитивный тренд; д) устойчивый позитивный тренд [33].

Отображение объемной визуализации рельефа поверхности территорий медноколчеданных месторождений необходимо для анализа ландшафтной структуры, особенностей изменения форм рельефа, расположения и соотношении между минимальной и максимальной отметками высот. Для работы по ландшафтному профилированию рудников использовались данные полученные с помощью радарной съемки ASTER GDEM (версия 2, Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model). Пространственное разрешение полученных снимков – 30 метров.

Выводы

1. Методика геоэкологической оценки компонентов окружающей среды включает в себя комплексное исследование компонентов ландшафта – снежного покрова, почв, почвообразующих пород, растений и природных вод.
2. Для реализации методики необходимо применение полевых, лабораторных, камеральных работ с использованием картографических и вероятно–статистических методов.
3. Анализ объективности полученных данных показал однородность полученных статистических совокупностей, нормальное и логнормальное распределение исходных данных.

2 Факторы техногенного преобразования природных компонентов на Гайском месторождении

Факторы формирования экологического состояния компонентов окружающей среды, в меднорудных районах, можно подразделить на природные и техногенные. Первые привнесли сульфидную минерализацию в окружающую среду в результате тектоно–магматических процессов, которые затем изменялись под воздействием метаморфизма и других факторов, формируя специфическую природную геоэкологическую обстановку. В результате воздействия вторых факторов происходит загрязнение веществами при техногенных процессах [3].

Природные факторы формирования геоэкологического состояния компонентов окружающей среды включают в себя структурно–геологические условия формирования пород и руд, проявившееся на различных стадиях геологического развития, осложнённые метаморфизмом, магматизмом и другими процессами. В результате этих процессов сформировалась определённая геохимическая спецификация пород и руд, определяющая распределение токсичных элементов в почвообразующем горизонте – грунтах. Другая группа факторов определяет интенсивность миграции загрязняющих веществ в атмосфере. Наиболее существенные из них климат, рельеф и гидрография. Количественным выражением миграции могут являться среднесуточные или среднегодовые выпадения загрязняющих веществ, на дневную поверхность в кг/км^2 , которые многократно усиливаются под воздействием техногенеза.

2.1 Техногенез как фактор преобразования природной среды на Гайском месторождении

Техногенез как основной фактор преобразования природных компонентов на Гайском месторождении складывается из воздействия открытой добычи колчеданных руд, шахтной добычи, переработки и обогащения руды на Гайском ГОК, а также воздействия различных прочих предприятий в городе Гай.

Таким образом, техногенный фактор, формирующий геоэкологическую обстановку полностью зависит от направленности производства, степени и длительности освоения территории и применяемых технологий [13, 24, 46, 57].

Добыча полезных ископаемых на Гайском ГОК носит комплексный характер [16]. Здесь получают не только медный, цинковый и пиритный концентраты, но и попутно извлекают благородные металлы из образований «железной шапки», перерабатывают рудовмещающие диабазовые порфириды (вскрышные породы) на строительный щебень, используют шахтные воды в бальнеологических целях в местном профилактории.

Карьеры № 1 и 2 находятся на водоразделе рек Губерли и Урала с плоской пологонаклонной поверхностью, имеющей отметки от 383–388 до 370 м и уклоны 0,1–0,02.

Отвалы пустых пород расположен к северо–востоку и востоку от карьера №1, имеет протяженность с севера на юг около 3 км, ширину 1,0–1,5 м и высоту до 45–65 м, площадь его около 3 км².

Восточнее отвалов размещаются пруды–накопители кислых вод, которые по мере накопления перекачиваются в пруд кислых вод (рисунок 3).

Верхняя часть месторождения отрабатывается открытым способом, для разработки более глубоких горизонтов построен подземный рудник. Первоначально глубокие горизонты были вскрыты спаренными стволами – скиповым и клетевым, на флангах расположены вентиляционные стволы [26]. Первая ступень вскрытия (при высоте этажа 60 м) включала горизонты 440–170 м. Вторая ступень вскрытия включала горизонты 685–440 м., стволами шахт «Эксплуатационная», «Клетевая», «Закладочная», наклонным штреком, пройденным под углом 10° из карьера, и вентиляционными стволами. Разработка на подземном руднике ведется с заполнением отработанного пространства твердеющей закладкой (рисунок 4).



Рисунок 3 - Схема Гайской техногеосистемы с нанесенными скважинами режимного наблюдения

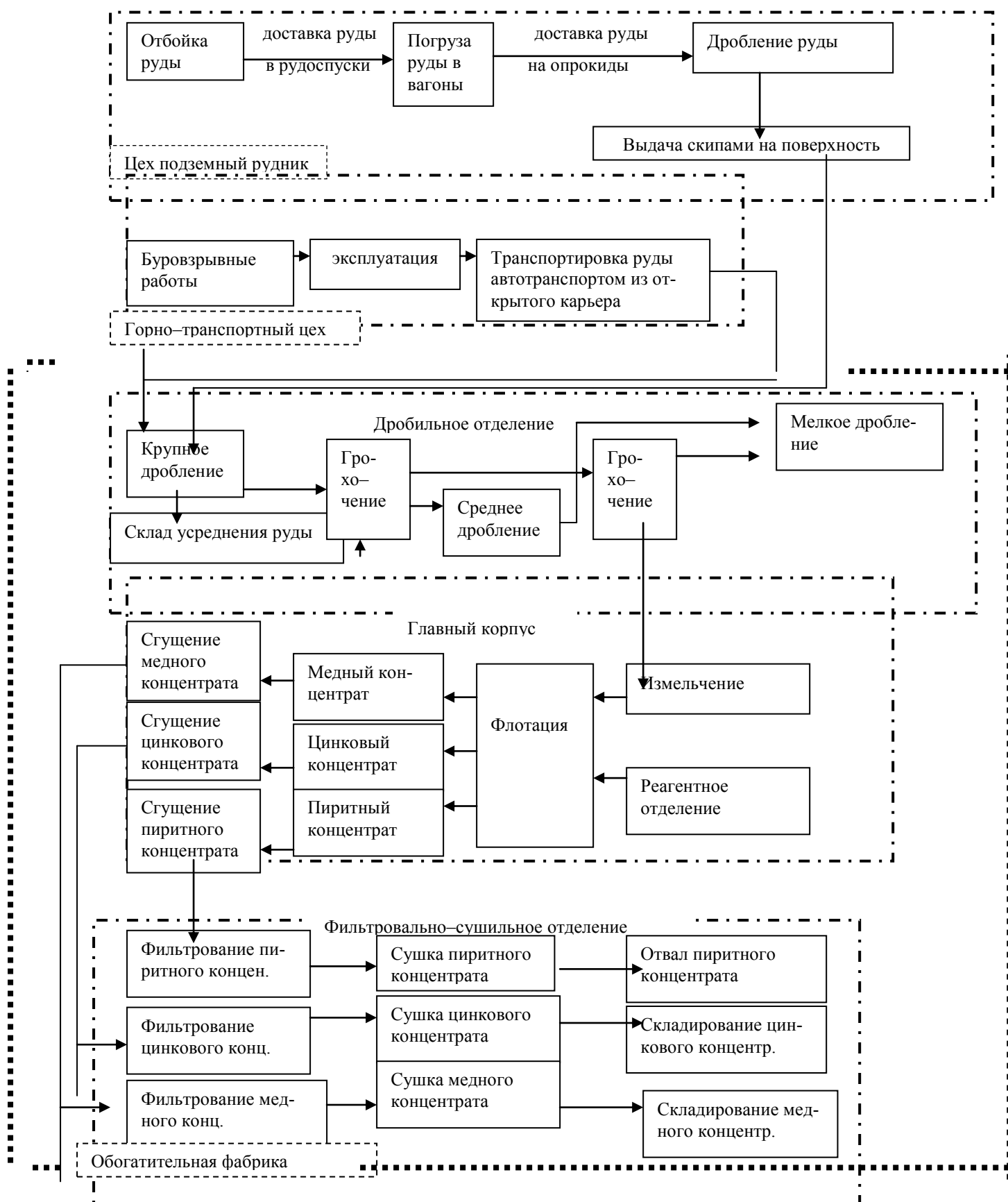


Рисунок 4 - Принципиальная технологическая схема производства медного, цинкового и пиритного концентратов на Гайском ГОК

2.2 Географическое положение и климат

Рассматриваемая территория Гайского ГОК охватывает долины р. Урал его правого притока р. Губерли и Уральско–Губерлинское междуречье. Междуречье представляет собой слегка всхолмленную и полого наклоненную с востока на запад платообразную равнину. По ее восточной окраине, у с. Калиновка вытянута холмистая гряда, занимающая господствующее положение в районе. На юге цепочка холмов заканчивается в районе Орска, а на север она с перерывами продолжается на территорию Башкирии. Водораздел на Уральско–Губерлинском междуречье проходит по северо–западной окраине г. Гая вдоль линии железной дороги [28].

В рельефе южной части Урала широко развиты древние поверхности выравнивания. Уральско–Губерлинское междуречье, судя по сохранившимся мезозойским отложениям и корам выветривания, является древней поверхностью выветривания – пенепленом, а холмы Калиновской гряды – денудационными останцами. Более молодые формы рельефа наложены на древний рельеф; самые масштабные химические процессы в зоне гипергенеза протекали во время мезозойской пенепленизации территории.

На равнине в мезозое и кайнозое участки медленных устойчивых опусканий чередовались с участками таких же медленных поднятий. Опускания при депрессиях полностью не компенсировались осадконакоплением. Поэтому реликтовая эпигерцинская равнина имеет абсолютные отметки от 310 до 46 м на приподнятых участках–блоках и более низкие (от 180 до 300 м) в депрессиях.

Приподнятым блоком является упомянутое междуречье, проходящее от г. Орска к северу через г. Гай. Оно охватывает южные отроги Ирендыкского хребта (Гайская возвышенность), абсолютные отметки ее в 5 км северо–восточнее г. Гая достигают 465 м (г. Шультау) у г. Гая 368–390 м. склоны пологие, большей частью задернованы. К востоку от Гайской возвышенности на 2–

2,5 км простирается широкая депрессия с абс. отм. 370–380 м, заполненная осадками юры и плиоцена.

Природные участки ограничивают Приирендыкскую, Аккермановскую и Юрскую депрессии. Расчлененность рельефа в депрессиях гораздо ниже, чем на поднятиях. Речные долины при входе в депрессии резко расширяются.

В депрессиях выделяется пять террас, включая пойменную. Пойма, I и II террасы представляют собой низкий террасовый комплекс, подошва отложений и их террас на 10–27 м ниже уровня воды в р. Урал и в других реках, III и IV террасы цокольные. В западной части района выделяется Ишкиновская гряда, представляющая холмогорья и невысокие горы с порезанным мягкосклоновым рельефом и общим уклоном на запад к р. Губерля.

2.3 Геотектоническое строение

Изучаемый район охватывает западное крыло Магнитогорского прогиба в его южной части. Его западная граница проходит по главному Уральскому глубинному разлому в 5 км западнее г. Новотроицка и в 27 км западнее г. Гая. Магнитогорский прогиб состоит из меридионально вытянутых ступенчато погружающихся и поднимающихся блоков структурно – формационных зон. Центральное место занимает Тубинско–Гайская структурно–формационная зона, совпадающая с выделяемым в прошлом Ирендыкским антиклинорием [60]. В рельефе она выражена как хребет Ирендык и его южное выположенное продолжение. С запада Тубинско–Гайская зона граничит с Вознесенско–Прикармальской зоной (синклинорием), с востока и юга – с Орской структурно–формационной зоной (Кизило–Уртазымским синклинорием). Тубинско–Гайская зона делится на две меридиально вытянутых подзоны, с востока – Гайская подзона, с запада – Губерлинско–Таналыкская. Она состоит из цепочки локальных вулканокупольных структур. Большинство из них изначально имеют вулканогенно–седиментационное происхождение, т.е. являются вулканически-

ми конусами, а вся Гайская структурно–формационная подзона является вулканической островной палеодугой эйфельского века. Все вулканические конусы Гайской подзоны и вся подзона испытали карстовые поднятия. Гайскую вулкано–купольную структуру с запада ограничивает Гайский разлом, с востока – Калиновский, с юга – Колпакский, с севера – Кувацкий.

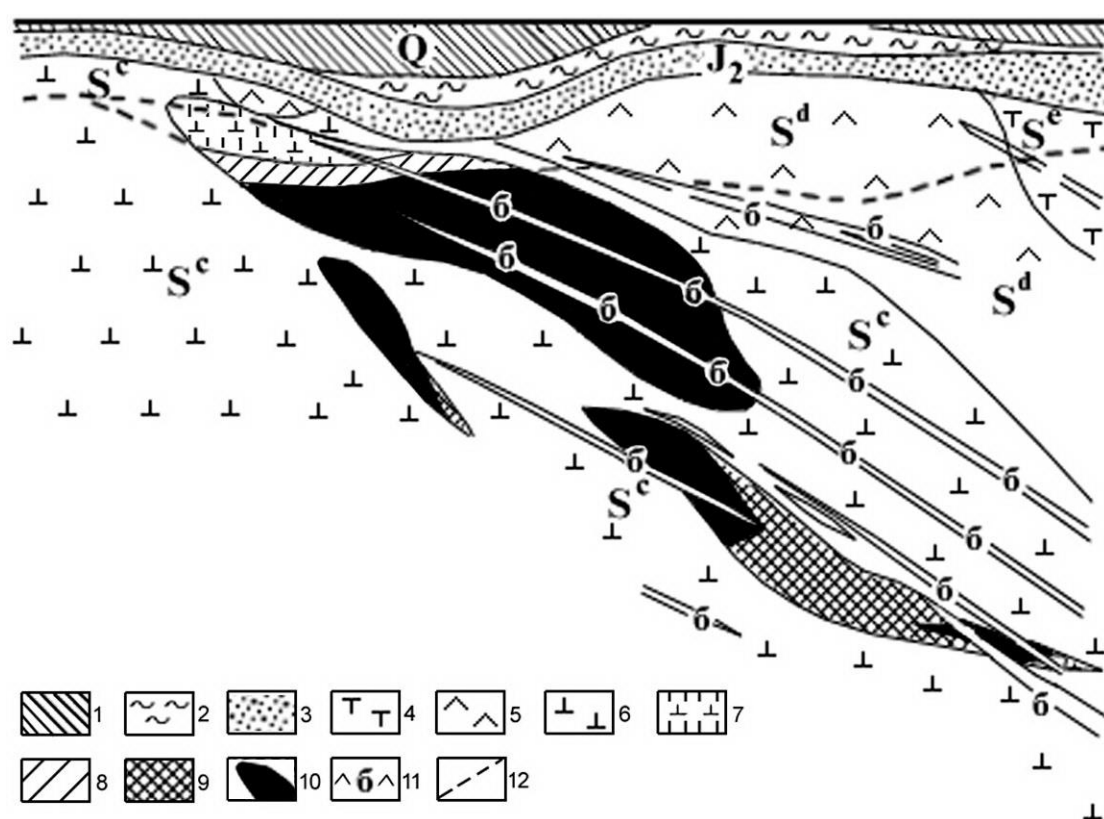
Гайское месторождение является самым южным из всех известных медно–колчеданных месторождений в силуро–девонских зеленокаменных породах восточного склона Южного Урала [45].

Район Гайского месторождения охватывает часть территории междуречья Урал – Сухая Губерля. В тектоническом плане он принадлежит к западному крылу Магнитогорского прогиба, состоящего из меридионально вытянутых, ступенчато погружающихся и поднимающихся блоков (структурно–формационных зон). Центральное место в районе занимает Тубинско–Гайская структурно–формационная зона, в рельефе выраженная хребтом Ирендык и его южным выположенным продолжением. Зона делится на две подзоны – Гайскую, имеющую горст–антиклинальное строение, и Губерлинско–Таналыкскую, представленную грабен–синклиналью.

Гайская брахиантиклинальная структура сложена палеозойскими породами баймак–бурибаевской и улутаусской свит, обнажающимися или подходящими близко к древней поверхности только в центральной части рудного поля. На остальной площади палеозойские отложения перекрыты мезо–кайнозойским чехлом мощностью до 50–80 м.

В геологическом отношении район Гайского месторождения относится к молодой эпигерцинской платформе и имеет двухэтажное строение – складчатое основание и осадочный чехол (рисунок 5). Складчатое основание платформы представлено отложениями – от рифейских до нижнедевонских в различной степени метаморфизованных, часто прорываемых телами превращенных в серпентиниты гипербазитов; выше идут слоистые вулканические накопления среднего девона, с которыми связаны месторождения сульфидных руд (в частности, Гайское медноколчеданное месторождение); еще выше – разнообразные

преимущественно терригенные отложения верхнего девона и в основном карбонатные породы нижнего карбона. Породы платформенного этапа развития представлены корами выветривания, континентальными и морскими толщами юры, нижнего мела, палеогена, неогена и четвертичными отложениями, местами загипсованными и засоленными. Район пережил длительный этап континентального развития – от конца палеозоя до юрского времени, когда происходило интенсивное физико–химическое выветривание и промывались породы, участвующие в строении складчатого фундамента.



1 – суглинки (Q); 2 – глины пестроцветные (N₂); 3 – пески, песчаники (J₂); 4 – туфы диабазов, прорфиритов и диабазы (S^e); 5 – диабазы, порфириты и их туфы (S^d); 6 – туфы и туфобрекчии альбитофиров (S^c); 7 – прожилково–вкрапленный колчедан выщелоченный; 8 – сероколчеданная сыпучка; 9 – серый колчедан с сплошной; 10 – медистый и медно–цинковый колчедан сплошной; 11 – диабазы жильные; 12 – нижняя граница подзоны выщелачивания.

Рисунок 5 - Геологический разрез по линии АВ

Рудовмещающая толща сложена кислыми эффузивами – альбитофирами, кварцевыми альбитофирами, их туфами и туфобрекчиями с маломощными про-

слоями диабазовых порфиритов, туфами и туфобрекчиями диабаз–альбитофирового состава. Все горные породы рудовмещающей толщи подверглись региональному и околорудному метаморфизму, главным образом, в виде серицитизации и окварцевания. Породы и руды прорваны многочисленными дайками диабазов и диабазовых порфиритов [43].

Кора выветривания имеет мощность до 60 м. и представлена структурными глинами бурых тонов, в верхних горизонтах часто встречаются плотные бурые железняки инфильтрационного типа.

Руда охватывает почти всю рудовмещающую толщу – порядка 800–900 м. по вертикали. Всего на месторождении известно пять рудных залежей, которые представляют из себя линзы и пластообразные тела, сплюсненные и прожилково–вкрапленные, вытянутой формы, многоярусного залегания. По составу руды пиритовые, халькопирит–пиритовые, медно–цинковые полиметаллические. Максимальное содержание меди в богатых рудах 30%.

2.4 Эндогенные и экзогенные геохимические ореолы пород вулканического массива и коры выветривания

Геохимия пород и руд является одним из определяющих факторов формирования геоэкологической ситуации Гайского промузла. Подробно распределение меди и других компонентов в базальтоидных формациях показано на примере Уральской геосинклинали (таблица 7) [27].

Таблица 7 - Содержание металлов в ранне– и позднегеосинклинальных базальтах Урала в г/т (по данным [36; 67]).

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
медь	120	120	–	–	100	109	100	24	11
цинк	100	180	–	128	130	101	105	103	82
свинец	7	–	–	–	4	–	6	9	5
число анализов	17	64	7	91	40	53	40	91	85

Примечание - Базальты синклинория: 1 – однородной (недифференцированной) формации (поляковской свиты); 2, 3 – контрастной ассоциации (карамалыташской свиты); 4, 5 – ран-

ней базальт–андезитовой формации (ирендыкской свиты); 6, 7 – поздней базальт– андезитовой формации (колтубанской свиты); 8 –контрастной базальт–риолитовой ассоциации (березовской свиты); 9 — непрерывной (последовательно дифференцированной) субщелочной ассоциации (кизильской свиты).

Из таблицы 7 видно, сходство показателей содержания меди в базальтах недифференцированной серии и дифференцированных серий разных типов, что, вероятно, свидетельствует о едином источнике и близком изначальном содержании ее в исходном магматическом расплаве. Отсюда, возможно, что экстракция меди, то есть подготовка к рудообразованию, начинается в более поздние периоды эволюции расплавов. И хотя процесс колчеданного рудообразования определяется несколькими факторами, полнота экстракции меди из расплавов и пород связана с интенсивностью их дифференциации. Это подтверждается повышенным ее содержанием в андезито–базальтах, андезитах и более кислых породах слабодифференцированных серий (ириндыкская и колтубанская) [37, 65]. Ареалы точек анализов базальтов, андезито–базальтов и андезитов, дацитов и липаритов в различных типах и дифференциатах базальтоидов мегасинклиория Урала, хотя и перекрываются, но расположены по тренду снижения содержания меди и цинка с увеличением кремнекислотности пород, в этом же направлении в целом снижается отношение Cu/Zn . Отмечаются противоположные тенденции поведения меди в возрастной последовательности дифференциатов различных серий – от древних к молодым: уменьшение содержания меди для слабодифференцированной и последовательной серий и увеличение для контрастной серии, что может оказать влияние на степень их рудоносности. При изучении распределения меди и цинка в пироксенах было оценено их содержание – соответственно 30–110 и 50–270 г/т. Для слабо и последовательно дифференцированных серий контрастной карамалыташской серии они в среднем 43 и 84 г/т, а для контрастной Березовской 100 и 215 г/т.

Оценки кларков свинца в главных типах пород составляют (г/т): улырабазиты 1, базиты 6, средние породы 12, гранодиориты 15, граниты 19, щелочные породы 12, сланцы 20, песчаники 7, карбонатные породы 9, глубоководные гли-

ны 80, карбонаты 9. Последнее обобщение К. Ведеполя [29, 30, 31, 32] дало следующие оценки средних содержаний свинца в породах (г/т): базальты 3,7, андезиты 5,8, гранитоиды 23, глинистые сланцы 22,8, песчаники 13,7, карбонатные породы 5,6. Среди изверженных пород распределение свинца для ультрабазитов, которые охарактеризованы единичными анализами, однако дающими в целом более высокие оценки среднего, составило ~5 г/т. В основных породах содержание свинца близко к ультраосновным. В толеитовых базальтах оно составило 2 г/т. [37]. Базиты областей сжатия и растяжения, по данным различных исследователей, содержат близкие количества свинца (г/т): толеитовые (Т) 5,2; К–Na субщелочные 5 и 3,6; для областей сжатия: известково–щелочные (И) 5, шошанитовые 8 [20]. Для обстановки деструктивных плит средние содержания свинца (г/т) в указанных породах разной кремнекислотности отличаются: 48% Si – Т 1,4, И 8; 56% Si – Т 2,5, И 4; 64% Si – Т 2,7, И 2,5, то есть при возрастании SiO₂ содержания Pb в толеитовых и известково–щелочных разностях пород сближаются. Для базальтов Урала содержания свинца составляют (г/т): ранняя базальт–андезитовая формация 4, последовательно–дифференцированная 5, контрастная 8, поздняя базальт–андезитовая 6. В габброидных породах его содержания близки. Щелочные породы нередко содержат повышенные содержания свинца. Генеральное среднее для щелочных пород мира по В.Г.Лазаренко, 40 г/т, для агпаитовых нефелиновых сиенитов 93 г/т, миаскитовых 35 г/т. Осадочные породы слабо охарактеризованы аналитически в отношении свинца [14]. Нет четких зависимостей в содержании свинца в данном типе пород, за исключением самых низких концентраций свинца в силицитах. В метаморфических процессах свинец ведет себя неоднозначно. Для Ковалеровского района Л.А. Буцик установил вначале увеличение содержания свинца при ороговиковании, а затем снижение (г/т): алевролиты и песчаники исходные 39, ороговикованные 48, роговики 21 [29, 30, 31, 32].

Цинк довольно широко распространен в породах, наиболее часто он встречается в основных, щелочных и в средне магматических. В ультраосновных породах цинка мало (генеральное значение 50 г/т). Основные породы в общем не-

сколько богаче цинком – генеральное среднее содержание, по С.Тейлор и др. [65] – 100 г/т с учетом более поздних данных этой работы 84 г/т [31]. Имеющиеся оценки среднего содержания цинка в различных сериях и типах базальтов, приведены в таблице 8 [20].

Таблица 8 - Среднее содержание цинка в базальтах различных серий и типов, (г/т)

Элемент	Океаническое дно	Океанические острова	Океаническое плато	Среднеокеанические хребты	Область сжатия	Островные дуги	Платформы
Толейты	85	105	–	75	80	80	93
Известково-щелочные					53	–	–
К–Na–щелочные		150			52		83

Анализ таблицы 8, свидетельствует о довольно равномерном его распределении. Несколько повышено количество в толейтах. Более низкое его содержание типично для обстановок сжатия, известково–щелочных (К–Na–щелочных) и особенно для К–базальтов щелочной серии. Большой интерес представляет поведение цинка в базальтоидных породах складчатых зон, сопровождаемых Cu–Zn колчеданным оруднением. Фоновое содержание цинка и других халькофильных элементов в различных типах базальтов Бурибайского, Маканского и Баймакского рудных районов Урала следующие ($10^{-3}\%$): недифференцированные базальты (Zn 2; Cu 5;), контрастная формация: базальты (Zn 2,9; Cu 5,3; РЬ 0,04), липарито–дациты (Zn 1,7; Cu 3,9; РЬ 0,15); непрерывная формация: андезитобазальты (Zn 2,5; Cu 6,7; РЬ 0,07), андезитобазальты (Zn 1,9; Cu 3,6; РЬ 0,18), дациты (Zn 1,9; Cu 2,4; РЬ 0,19), субвулканические тела липаритов (Zn 1,8; Cu 5,4; РЬ 0,3), кварц–пироксеновые порфиты (Zn 1,7; Cu 3,2; РЬ 0,15), базальт–андезитобазальтовая формация (Zn 2,6; Cu 7,8; РЬ 0,2) [31]. В общем же показатели цинка меняются не значительно. Только в базальтах контрастной и базальт–андезитобазальтовой формаций его количество несколько повышается.

Сделан вывод, что в общем цинк и медь не накапливаются в более поздних кислых породах, накопление идет в остаточных расплавах, и в верхнюю часть земной коры они поступают в период внедрения интрузий кислого состава. М.Б. Бородаевская, А.И. Кривцов и др. [44] показали, что для Среднего и Южного Урала в связи с двумя главными формациями дифференцированных базальтоидных пород выделяются две группы колчеданных месторождений. Первая, связанная с последовательно дифференцированной серией, имеет более высокое содержание Cu, Zn, Au, Ag преобладание Cu над Zn ($Cu/Zn = 2$, среднее), наличие РЬ и отношение $Se/Te < 1$; вторая содержит больше Zn, чем Cu ($Cu/Zn \sim 0,7$), $Se/Te = 3-4$ (более высокое), отсутствует РЬ. Границей между месторождениями I и II групп предлагается принять $Cu/(Cu + Zn) = 0,5$ [28]. Корреляций между распределением цинка в породах и рудах не отмечалось. Можно обратить внимание лишь на то, что «безцинковистые» ($Zn < 0,7\%$) серноколчеданные и небольшие медноколчеданные месторождения расположены в районах недифференцированной базальтовой формации. Все остальные типы колчеданных месторождений, обогащенные цинком, связаны с дифференцированными формациями. Изучение корреляции между рассеянной (в породах) и концентрированной (в рудах) формами нахождения цинка, меди и других элементов в зависимости от сродства атомов к электрону показало, что в рудных регионах оптимальное значение для меди $4,3 \cdot 10^{-6}$, для цинка $0,2 \cdot 10^{-6}$, для свинца $3 \cdot 10^{-6}$. На большом статистическом материале установлено, что каждая колчеданная провинция имеет свое определенное соотношение Cu:Zn:РЬ, отвечающее соответствующему соотношению в изверженных породах. Для Урала оно соответствует соотношению этих элементов в породах основного состава [30, 31]. Выявлена региональная зональность, охватывающая рудный интервал (2–3 км). Зависимость соотношения этих металлов от степени удаления от поверхности Копрада дали основания утверждать, что рудные компоненты имеют глубинный источник, а не мобилизовались из горных пород, расположенных в зоне непосредственного рудообразования. Обобщение данных по распределению цинка в гранитоидах по геохимическим группам выполненное Л.В. Таусоном [64], пока-

зало, что кларк цинка в граните 70 г/т. В щелочных породах среднее содержание цинка – 126 г/т. Осадочные породы значительно различаются по содержанию цинка. По наиболее полным данным, кларковые показатели содержания (г/т): песчаники 16, известняки 20, сланцы 95 [30].

Оценки кларков мышьяка составляют (г/т): ультрабазиты 1, базиты 2, мезиты 2, гранодиориты 1,9 граниты 1,5, сиениты 1,4, сланцы 13 песчанники 1, карбонатные породы 1. В изверженных породах распределение мышьяка весьма неравномерное в пределах одного типа и, наоборот, довольно однообразное для разных типов [30].

В отношении кадмия породы слабо изучены, имеется всего немногим более 500 анализов [32]. Ультраосновные породы содержат низкие количества кадмия – для Урала от 0,06 до 0,16 г/т. Средние породы содержат от 0,012 до 0,28 г/т кадмия. Для гранитов имеется примерно 100 анализов, показавших содержание кадмия от 0,001 до 1,6 г/т. Щелочные породы почти не изучены, за исключением оценки среднего 0,13 г/т в сиенитах. Распределение кадмия в осадочных породах охарактеризовано не достаточно, при большом разбросе крайних значений – от 0,01 до 11 г/т. В таблице кларков по А.А. Беусу и др. [8, 9] сланцы 0,5 г/т, карбонатные породы 0,1 г/т; среднее генеральное значение кадмия для глинистых сланцев 0,3 г/т; для глубоководных глинистых океанических осадков 0,42 г/т, для карбонатов 0,03 г/т. Для Южного Урала определено 0,2–0,25 г/т кадмия в глинистых сланцах и 0,13–0,14 г/т в песчаниках.

В липарит–базальтовой и липарит–андезит–базальтовой формации, на участках, лишенных колчеданного оруденения, содержания изучаемых 5 элементов, близки к их кларкам в соответствующих породах. Сохраняется общая геохимическая закономерность. Самыми богатыми медью, цинком, мышьяком являются базальты, а самыми бедными липариты. Андезиты занимают промежуточное положение, но стоят ближе к базальтам. В распределении свинца наблюдается обратная последовательность. Базальты обеспечивают повышенный фон меди, цинка и мышьяка, а липариты – свинца.

В рудах и зонах прожилково–вкрапленной минерализации Гайского месторождения установлено более 40 химических элементов [59]. Основные полезные компоненты: Cu, Zn, S. Второстепенные и редкие: наиболее характерные – Pb, Ba, Au, Ag, Se, Te, Ga, Ge, Tl, Cd, In, иногда Bi, Co; прочие – Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Zr – в горных породах, B, C, F, Cl, P – элементы магматических эманации, Fe, Ti, V, Cr, Mn, Ni – элементы группы железа, As, Sm – металлогенные элементы, Mo, Sn, Hg.

Сера содержится в серноколчеданных рудах в количестве от 41 до 49,7%.

Свинец – наиболее распространенный сопутствующий рудный элемент. Встречается во всех промышленных сортах руд от сотых долей до целых процентов. Основной минерал – галенит.

Селен и теллур – содержания 0,0009–0,013 % Se, и 0,0014–0,0049% Te.

Кадмий – от следов до 0,3 2 %, связан в основном со сфалеритом.

Таллий – от 0,0001 до 0,0029 %, в основном в пирите и сфалерите.

Мышьяк – широко распространен, от сотых до десятых долей процента. В отдельных сортах руд содержание колеблется от 0,2–0,3 до 0,5–0,6 %.

Фтор – следы в горных породах и присутствует в рудах в пределах сотых, редко – десятых долей процента.

Ртуть – присутствует в рудах и вскрышных породах в количестве до 0,002%.

Фазовый состав руд – динамичная, изменяющаяся со временем освоения руд, характеристика. Оценка этой динамики необходима, однако она возможна лишь при надежности и достаточности такой исходной информации:

1. Минерало–геохимический баланс основных, второстепенных и редких компонентов (прежде всего дефицит данных по таллию, ртути, селену и кадмию ограничивает возможности прогноза состояния и развития геотехнической системы) [52, 53, 54];

2. Соотношение главных составляющих минеральных форм миграции и депонирования на актуальной стадии техногенеза (сульфиды, силикаты, протосульфаты, неопелиты, неосульфаты, рассолы, водные и воздушные суспензии,

сорбированные пары и газы – ртуть и кадмий – в техногенном мелкозем, рассылы и прочее);

3. Соотношение (также изменяющееся) структуры освоенного геологического пространства с развивающейся зоной техногенеза, представленное в виде динамической модели или в статике (соотношение геохимических полей, природных и техногенных).

2.5 Геохимические аномалии почвенного покрова

Особенность Гайского экорайона вызвана расположением в его пределах медноколчеданного месторождения, т.е. природной геохимической аномалией. Коренные породы экорайона характеризуются повышенным содержанием цинка и кобальта в продуктах выветривания диабазов, свинца – в продуктах выветривания гранитов, молибдена – в кварцевых порфиритах. В целом почвообразующие породы характеризуются повышенным содержанием валовых форм меди, цинка, свинца, кобальта относительно кларка.

Для определения степени концентрации элементов в «почвообразующем» горизонте по пробам, отобранным в пределах Гайского района концентрации Zn, Cu, Pb, Ni, Cr сравнивались с их Кларками в осадочных горных породах по А.П. Виноградову [14]. Результаты сравнения приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Содержание тяжелых металлов в почвообразующих породах

	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr
Валовое содержание: в почвообразующих породах Гайского экорайона	80	50	46	81	137
Кларк (по Виноградову)	50	20	10	40	200
Содержание подвижных форм: в породах Гайского экорайона	1,4	1,4	5,0	2,4	3,5
Фон, Зауралье	1,34	1,76	3,82	2,3	3,2

Среднее содержание ТМ в почвообразующих породах Гайского экорайона превышает общепринятый кларк по цинку в 1,6 раз, по свинцу в 4,6 раз, по меди в 2,5 раз, по никелю в 2 раза и по кобальту в 2,5 раза. Полученные нами показатели концентраций отличаются значительным варьированием. С учётом коэффициента варьирования превышение концентрации элементов над кларком возрастает в 2–3 раза. Это дало нам основание выделить Гайский массив в особый экорайон с повышенным содержанием валовых форм элементов. Содержание подвижных форм металлов в среднем не превышает средних показателей по Оренбургскому Зауралью. Геохимические особенности почвообразующих пород «наследуются» почвами экорайона. Содержание элементов в почвообразующем горизонте определяется в основном геохимией подстилающих материнских пород.

Промышленное производство г. Гая, в первую очередь Горно-обогатительный комбинат (ГОК), является источником загрязнения биосферы цинком, медью, кобальтом, хромом, никелем, свинцом. В связи с этим возникает необходимость изучения взаимодействия природных антропогенных загрязнителей (на наземные и водные экосистемы) и техногенных систем в данном регионе.

С этой целью на территории Гайского экорайона заложена сеть почвенных разрезов с описанием профиля, отбором образцов по всему профилю и определением концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов. Принцип расположения разрезов – элементарно-геохимический ландшафтный с учётом ветрового режима.

Для определения степени загрязнения почв ТМ были использованы следующие показатели:

1. Элювиально-аккумулятивный коэффициент (ЭАК) – отношение среднего количественного содержания элементов в породе к этой же величине в поверхностном горизонте. ЭАК в нативных почвах не превышает 0,8–1,2 ед.

2. КК – коэффициент концентрации. Он равен частному от деления концентрации химического элемента в почве на концентрацию его в почвах фона, ко-

торый характеризует и выявляет локальное загрязнение почв ТМ.

3. Показатель суммарного загрязнения (ПСЗ) (Геохимия окружающей среды, 1990):

$$ПСЗ = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n-1},$$

где $\sum K_i$ – сумма коэффициента концентрации, n – число элементов

Значение ПСЗ до 16 принято как допустимая степень загрязнения, от 16 до 32 – умеренно опасная или средняя степень загрязнения, свыше 32 сильная и опасная степень загрязнения.

Изучено геоэкологическое состояние сельскохозяйственных угодий, расположенных в зоне воздействия выбросов ГОК (в радиусе 5 км от промышленной площадки ГОК в направлении преобладающих ветров). Исследование проводилось в системе атмосферные выбросы – почва – поливная вода – растение.

В результате исследований получены данные о содержании ТМ в почвах пашни и естественных кормовых угодий. Рассчитаны степени загрязнения почв валовыми и подвижными формами металлов, разработаны величины местного фона ТМ в почвах. Применение параметра суммарного загрязнения почв ТМ позволило разработать шкалу оценки степени загрязнений.

Выявлены закономерности в распределении валовых форм ТМ по почвенному профилю. В целинных почвах элементы аккумулируются в верхнем тонком (0–5 см) слое. В слое 20–30 см запас ТМ снижается. ЭАК в этих почвах варьируется в пределах 1,5–2,7, что свидетельствует об аэрогенном загрязнении. Для меди этот коэффициент составляет 1,5–2,5, цинка 1,3–1,9, свинца 1–3, никеля 1,6–2, кобальта 1–1,5, хрома 1–1,7, молибдена 1–2. Для почв пашни величина ЭАК всегда ниже, что вызвано гомогенизацией почвы при вспашке. В депрессиях водотока валовые формы по профилю распределяются равномерно.

В пахотных угодьях подвижные формы ТМ аккумулируются в слое 0–26 см и колеблется от 5–8 мг/кг. Процентное соотношение ТМ в почвах всех разрезов постоянно и составляет нисходящий ряд $Cr > Pb > Zn > Ni$. Отмеченная

выше тенденция аккумуляции валовых форм в дернине целинных почв сохраняется и для подвижных форм. В слое 0–5см целинных почв ЭАК варьирует в пределах 1–6. В пахотных же угодьях в слое 0–5см значение ЭАК не превышает единицы. Аккумулируется в основном медь, цинк, реже свинец, хром, никель. Нами рассчитана величина регионального (районного) фона, за которую принята средняя концентрация металлов в пахотных почвах Гайского административного района.

В сравнении с фоном в целинных почвах в слое до 40 см концентрация свинца выше в 1,4–1,7 раза. В пахотных почвах фон превышают концентрации меди, свинца, хрома в 1,2–2,8 раза – все же величина показателя суммарного загрязнения не высока.

В северной части экорайона он не превышает 7, а в южной части не превышает 16, т.е. степень загрязнения оценивается как «допустимая». Это вызвало необходимость дифференцировать уровень суммарного загрязнения до 16 на интервалы: 0, 1–2, 2–4, 4–6, 6–8, 8–16 (таблица 10).

Таблица 10 - Шкала уровней загрязнения почв

Наименование сельхозпредприятия	Уровни загрязнения почв					
	0	1–2	2–4	4–6	6–8	16
АО «Новокиевское»	90	9	нет	1	нет	нет
АО «Воронежское»	86	8	3	3	нет	нет
АО «Украина»	68	15	12	5	нет	нет
АО «Гай»	61	12	13	11	нет	3
АО «Первомайское »	нет	48	38	13	нет	нет

Исследованиями в долине реки Елшанки установлено, что в радиусе 5 км от Гайского промузла в направлении преобладающих ветров процессы загрязнения протекают наиболее активно. Это обусловлено рядом причин:

1. Расположением в зоне влияния газопылевых выбросов из прилегающей промышленной зоны. Источники выбросов: открытые горные разработки, отва-

лы пустых пород, обогатительная фабрика, др. предприятия города.

2. Наличие садово–дачных участков. Они орошаются водами, находящимися под техногенным воздействием. Это вызывает усложнение геохимической обстановки и определяет необходимость санитарного мониторинга в системе почва – поливная вода – растение.

Факторы, определяющие накопление ТМ в почвах:

а) поступление с пылью, атмосферными осадками

С целью изучения влияния предприятий на окружающую среду посредством атмосферы изучался снежный покров. Данные о составе, снежного покрова на дачных массивах подразделяются на 3 группы:

- 1) состав и количество минеральной пыли, накопленной в снежном покрове;
- 2) состав и содержание водорастворимых солей металлов;
- 3) физико–химические параметры талых вод (рН).

Спектральным анализом в минеральной пыли снега определено 24 элемента, многие из которых имеют техногенную природу, в частности, медь, цинк, никель, хром, свинец и кобальт. Встречаемость этих металлов в снеговой воде 100%.

Снеговая вода при рН 6,0–6,7 и минерализации 0,03–0,05 г/л относится к сульфатному типу, сульфатно–натриевому подтипу. Можно полагать, что под воздействием антропогенной деятельности произошла метаморфизация осадков по сульфатному типу (окисление SO_2 , H_2S пром. выбросов). Имеющиеся данные позволяют сделать вывод о том, что большая часть металлов содержится в снеге в нерастворимом состоянии: меди до 97%, цинка до 96%, свинца и никеля до 87%, кобальта до 82% от общего содержания [56].

По показателям элювиально–аллювиального коэффициента можно заключить, что основной приход ТМ на поверхность почв изучаемой территории определен пылью, приносимой ветрами и атмосферными осадками. Так, в поверхностных слоях почвы содержание ТМ в 1,7 раз больше, чем в нижележа-

щих. Особенно интенсивно накапливаются на поверхности почв медь, кобальт, менее – хром, никель.

Исследованиями установлено, что в снежном покрове содержится от 40 до 66 мг твердых частиц (пыли) на 1 л. В зависимости от удаленности от источника загрязнения и «розы ветров» объем пыли изменяется. Учитывая, что зимние осадки составляют 27% от годовых, рассчитана масса пыли, выпадающая на поверхность 1 га. Она составила величину от 600 до 800 кг/га в год.

б) Поступление с поливными водами.

Полив осуществляется водами р. Елшанки. Её водный баланс складывается: из естественного стока, воды из Уральского водозабора, а также из талых ливневых вод территории города и промплощадки ГОК. Последние существенно осложняют макро– и микроэлементный состав вод.

Минерализация воды изменялась от 420 до 1714 мг/л в зависимости от пункта отбора. Несмотря на значительные изменения в общей минерализации вод (в 1,5–1,7 раза) соотношение ионов остается неизменным. Концентрация ионов варьирует в пределах одного порядка.

Отмечается тенденция снижения минерализации в осенний и весенний период за счет разбавления атмосферными осадками, и повышение в летнее время в результате снижения атмосферного питания и выпадения малорастворимых солей. Техногенная трансформация химического состава вод вызывается сбросом технологических сточных вод.

Влияние качества вод на содержание металлов в почве удобно проследить на почвенном покрове поймы р. Елшанки. Наиболее высокая концентрация тяжелых металлов наблюдается в лугово–болотных и лугово–черноземных почвах, примыкающих к урезу воды речки Елшанки. Так, в лугово–болотных почвах, ежегодно затопляемых паводковыми водами и покрываемых наносами мелкозема, смытого с участков промышленной зоны, содержание меди в 80 раз выше фонового, цинка в 20 раз, ПСЗ равен 77. Меньшая концентрация металлов наблюдается в лугово–черноземных, периодически затопляемых почвах, пониженных форм рельефа. В лугово–черноземных почвах повышенных элементов

рельефа, не испытывающих поверхностного затопления паводковыми водами, содержание ТМ в целом, приближается к фоновому, ПСЗ здесь равен 12, т.е. по содержанию ТМ почвы образуют нисходящий ряд: лугово–болотные (очень высокое содержание) – лугово–черноземные (высокое содержание) пониженных форм рельефа – лугово–черноземные (фоновое) почвы повышенных форм рельефа. Выявленная закономерность справедлива и для насыпных «антропогенных почв» садовых и огородных участков. Хотя содержание меди и цинка здесь на порядок ниже, чем в неокультуренных почвах.

На основе полевых обследований и имеющегося материала был выполнен анализ геоэкологической обстановки на территории Гайского ГОК.

2.6 Формирование гидрогеохимических ореолов

2.6.1 Гидрогеологическое строение и естественный гидрогеохимический фон

На изучаемой территории распространены главным образом подземные воды, приуроченные к зоне трещиноватости эффузивных и вулканогенно–осадочных пород [71, 23].

Воды трещинного типа. По стратиграфическим и литологическим признакам водовмещающих пород выделено несколько водоносных горизонтов и комплексов:

- водоносный горизонт техногенных отложений (Qtn);
- четвертичный аллювиальный водоносный горизонт (aQ);
- плиоцен – четвертичный локально–терригенный слабоводоносный горизонт (N2O);
- мезозойский локально слабоводоносный терригенный комплекс коры выветривания (Mz);
- нижне–среднеюрский терригенный водоносный комплекс (J1–2); – среднедевонский эффузивно–вулканогенный и вулканогенно–терригенный водоносный комплекс (D2).

Данный водный комплекс является практически одним из основных, который находит широкое применение для водоснабжения отдельных небольших населенных пунктов.

На территории района исследований, кроме основной водной артерии – р. Урал, имеются реки, в т.ч. Сухая Губерля которая течет в меридиональном направлении впадает в р. Губерля и с севера на юг принимает руч. Ташкут с притоком Ялонгас, Дунайку и еще ряд более мелких практически сухих оврагов без названия. Р. Елшанка начинается на южной окраине Гайского месторождения, имеет также меридиональное направление и впадает в р. Урал в г.Орск. К востоку от Гайского месторождения долины рек имеют широкое направление, они впадают в р. Урал справа и, как правило, летом пересыхают. Наиболее крупной из них является р. Колпачка, в верхней своей части разветвляющаяся, на три пересыхающих летом истока. В сухом русле центрального истока расположено Гайское Купоросное озеро. В прошлом оно имело размеры 60×20 м, а ныне практически исчезло. Вода озера сернокислая, концентрация меди в ней достигала 0,466 г/л, SO_4 (связ.) – 3,76 г/л, SO_4 (свободн.) – 0,62 г/л, CL – 0,2471 г/л., Ca – 0,1226 г/л, Mg – 0,847 г/л, K – 0,1914 г/л.

Химический состав воды в поверхностных водотоках, как и в других горнодобывающих и перерабатывающих районах [137], характеризуется повышенным содержанием широко распространенных и извлекаемых из руд компонентов – меди, цинка, железа и др., особенно там, где рудничные воды сбрасывались в русла гидрографической сети. Примером может служить р. Колпачка, в которую поступали подотвальные воды близ пос. Калиновка (таблица 11). Общая минерализация воды в ней повышена, вода приобретает кислый характер. При грунтовой питании рек минерализация воды в них несколько повышена (в основном до 1,1–1,5 г/л), тип воды сульфатно–хлоридный или хлоридно–сульфатный при преобладании из катионов натрия или кальция. В р. Урал, менее загрязненной стоками, вода отличается более высоким качеством (таблица 11).

Анализ химического состава сточных и природных вод прилегающих к ГГОК (таблица 11) показал, что концентрация определяемых ингредиентов ниже предельно–допустимых величин для вод, используемых для хозяйственных целей и орошения. Содержание элементов в открытых водоисточниках, расположенных ниже источника загрязнения значительно выше, чем в пунктах, находящихся сверху по течению реки. Особо следует отметить увеличение концентрации меди, цинка, железа, кальция, магния, сульфатов. В конечном счете минерализация в р. Ялангас и Сухая Губерля поднялась почти в 2 раза.

Восточнее г. Гая расположены карьер № 1 глубиной до 380 м. с прилегающими к нему с востока и северо–востока отвалом пустых пород высотой 50–65 м. и прудком–накопителем кислых вод, (в 1 км к северу от пос. Калиновка), а также карьер № 2 с глубиной 300 м с прилегающим к нему с юга отвалом пустых пород и прудком–накопителем кислых вод. Между карьерами – находится подземный рудник шахты Южная I, а близ карьера № 1 – шахты Клетевая, Эксплуатационная, несколько вентиляционных шахт, обеспечивающие подземную добычу руды. Значительную площадь занимают искусственные водоемы. В основном это пруды–накопители и пруды – отстойники для очистки сточных вод предприятий Гайского ГОК (пруд кислых вод НПГ 370 м, пруд осветленных вод с НПГ 326,9 м в 1,2–1,5 км севернее города хвостохранилище Обоганительной фабрики с НПГ 368,6 м). Выше с. Камейкино расположен пруд на р. Ялангас для хозяйственных нужд подобные пруды имеются и в других хозяйствах, в т. ч. для полива садов – огородов г. Гая (так называемый «Культурный пруд»).

Таблица 11 - Химический состав сточных и природных вод прилегающих к ОАО «Гайский ГОК» (мг/л)

Место отбора проб	рН	Медь	Цинк	Железо	Кальций	Магний	Жесткость	Кобальт	Хлориды	Сульфаты	Сухой остаток	Нефтепродукты	Взвеш. вещества
р. Сухая Губерля выше впадения р. Ташкут	6,9	0,0093	0,06	0,37	166	55,2	12,9	0	402,71	167,89	1474	0	31
Ручей Ялангас выше сброса	7,75	0	0,01	0,063	352	112,8	27	0	100,68	1096,2	2544	0,25	24
Среднее за месяц: сброс с осветленного пруда обогатительной фабрики	7,76	0,044	0,054	0,7	607	25,8	32,5	0,00042	220,233	2100,03	4350,5	0,188	31,95
Ручей Ялангас ниже сброса	7,4	0,0046	0,06	0,16	520	110,4	35,2	0	218,90	1911,0	3678	0,25	32,5
Р. Ташкут	7,45	0	0,03	0,37	514	49,2	29,8	0	674,54	1608,14	4104	0	55,5
Р. Сухая Губерля ниже впадения р. Ташкут	7,75	0,023	0,043	0,63	332	72	22,6	0	251,70	1022,17	2264	0	67
ПДК*	5,5–7,5	2	20	20	500	300	21,3	4	350	400	2500	100	3000

* – СанПиН 2.1.4.544–96. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Сан.охрана источников;
 СанПиН 2.1.4.559–96. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

На реках Елшанка и Колпачка в процессе разработки месторождения образованы искусственные пруды. В русле среднего истока р. Колпачки за счет выходящих источников и самоизлива минерализованных вод из скважины курорта Гай образовалось упомянутое Купоросное озеро. Курорт Гай расположен в 2,5 км к северо-востоку от месторождения; горные работы и длительная эксплуатация минеральных вод привели к снижению напоров на 12 м, в связи с чем прекратился самоизлив скважины, наполняющей озеро.

Изучение поверхностного стока и проведение снегомерной съемки позволили Устиновой З.Г. [77] рассчитать составляющие баланса: инфильтрационное питание 20 % от общей суммы годовых осадков (70 мм), испарение 50 % до (170 мм), поверхностный сток 30 % (100 мм). Гавриш В. И. [75] приводит иные составляющие баланса, в т. ч. приходные элементы – осадки 20 мм, утечки воды из коммуникаций – 100 мм (всего 420 мм/год), и расходные: испарение – 250 мм, сток поверхностный – 80 мм, сток подземный – 35 мм (всего 365 мм/год), с превышением приходных элементов над расходными 55 мм/год, идущими на подъем и питание подземных вод.

Водоснабжение города и ГОК осуществляется за счет подрусовых вод Урала. Вода от водозаборных скважин подается к г. Гаю по водоводу. Здесь расположен технический водозабор.

2.6.2 Система гидрогеохимического мониторинга на Гайском ГОК

В процессе проведения изысканий Орским отделением института Фундаментпроект в 1995–96 гг. [75] в районе с. Камейкино было пробурено 17 наблюдательных скважин (№ 1–17), на которых три раза в месяц с мая по октябрь проводились наблюдения за уровнем грунтовых вод и дважды отбирались пробы воды (таблица 12). Конструкция скважин была однотипной, бурение велось станком УРБ–2А–2 диаметром 190 мм, обсадка произведена трубами внутренним диаметром 108 мм. Запрудное пространство засыпано гравием, сверху до 2 м устроен глиняный замок. Отстойник во всех скважинах имел длину 1,0 м,

снизу дно скважины заварено. Фильтр щелевой длиной 2 м, щели шириной 10 мм со скважностью 20–23 %, обмотан фильтровой тканью, закрепленной алюминиевой проволокой. Трубы и фильтры соединены сваркой. Длина оголовка и глухой части различны. Сверху оголовков закрывается крышкой из труб $d = 168$ мм с двумя болтами. Все эти скважины были переданы геологической службе ГОК, которая начиная с 1997 по 2012 гг. проводит наблюдения за УГВ и химизмом подземных вод (2 раза в год). В 1997 году ГОК дополнительно были пробурены скважины № 27, 28, 29, глубиной 5–7 м аналогичной конструкции, из которых № 28 в 1998 г. была законсервирована, а на скважинах № 27, 29 проводились режимные наблюдения 2 раза в год.

В скважине № 1 наблюдения проводились до середины 1998 года, после чего вместо нее использовали скважину № 5 расположенную в 120 м к западу.

Помимо наблюдательных скважин на Камейкинском участке для режимных наблюдений используют бытовые колодцы № 1, 2, расположенные в селе на подтопленном участке близ усадьбы Мазуренко. Колодцы изредка используются населением для хозяйственных нужд.

На Калиновском участке 1995 г. пробурено 10 скважин глубиной по 10,0 м (таблица 12).

Конструкция скважин аналогична Камейкинским, глухая часть до глубины 7 м, фильтр в интервале 7–9 м, отстойник на глубине от 9–10 м. Наблюдения начались в 1997 г. и проводились по 2 раза в год за УГВ и химическим составом. В 1996 г. Орским отделением Фундаментпроект наблюдения за УГВ в процессе изыскания не проводились.

Сеть из 10 наблюдательных скважин на Калиновском участке и пунктов контроля на реках Колпачке, Елшанке, прудах–накопителях предназначена для изучения уровня и химизма подземных вод в условиях их загрязнения подотвальными водами, динамики химического состава и их влияния на формирование поверхностного стока. По данным наблюдений наиболее близкое залегание уровня (0,1–1,0 м) наблюдается в восточной части пос. Калиновка при годовой амплитуде колебаний до 0,6–0,7 м; здесь отмечается более низкая минерализа-

ция воды (0,3–0,8 г/л), невысокое содержание сульфатов (1,3–6,9 мг–экв). Основное влияние на формирование и режим подземных вод здесь оказывают осадки. В западной части Калиновки отмечается наиболее глубокое положение уровня (глубже 7,2–10 м) из-за дренирующего влияния карьера; здесь грунтовые воды загрязнены подотвальными стоками, минерализация их достигает 17,6–21,7 г/л, в основном за счет хлоридов и сульфатов; воды слабокислые с $pH = 6,4–5,0$. на основной территории грунтовые воды залегают на глубине 1,8–6,2 м, наиболее высокое положение уровня отмечалось весной, низкое – осенью, годовая амплитуда колебаний уровня, как правило, 1,0–1,4 м. минерализация вод пестрая, они в разной степени загрязнены сульфатами, тяжелыми металлами (Cu, Zn). Содержание железа повсеместно высокое (до 180–880 мг/л), водородный показатель $pH=6,0–8,2$, что характерно для нейтральных вод.

Каждая из наблюдательных скважин на Камейкинском участке имеет свое назначение:

- скважины № 17, 4 – влияние пруда кислых вод на подземные воды;
- скважины № 1 (5), 3 – влияние хвостохранилища на подземные воды;
- скважины № 27, 29 частично 2 – влияние пруда осветленных вод на прилегающие земли;
- скважины № 6, 7, 8, 13, колодцы № 1, 2 должны характеризовать гидрогеологическую обстановку в пос. Камейкино на левом берегу р. Ялангас, а скважины № 9, 10, 12, 14, 15 – на правом берегу;
- скважина № 11 – влияние хозяйственного пруда на с. Камейкино.

Фактически после 1996 г. наблюдения за уровнем и химическим составом 2 раза в год проводились лишь в скважинах № 1(5), 2, 15 (с 2000 г.), 27, 29, а также в колодце № 2; с июня 2000 г. начаты наблюдения в скважинах № 10 и 15.

За время наблюдений была ликвидирована скважина № 9, а вместо скважины №1 наблюдения продолжались в скважине № 5.

На Калиновском участке целевое назначение функционирования наблюдательных скважин следующее:

–скважины № 1н и частично № 2 изучить влияние пруда–накопителя № 1 на прилегающие земли;

– скважины № 2н и 3н – влияние подотвальных вод отвала карьера № ;

– скважины № 4н, 5н– оценить гидрогеологическую обстановку в с. Калиновке и влияние на нее подотвальных вод (скважина № 3н);

–скважины № 7н, 8н и 9н – изучить влияние пруда–накопителя № 2 на прилегающие земли;

–скважины № 6н и 10н – оценить гидрогеологические условия в верховьях реки Колпачки

На Калиновском участке наблюдения проводились в 2000–2004 году на всех точках за уровнем и химизмом грунтовых вод 2 раза в год.

Контрольные замеры в июле 2000 г показали, что на обоих участках скважины заилены на 0,1–1,5 м, т.е. на длину отстойника и частично – фильтра и нуждаются в промывке, желонировании или прокачке. Оголовки на всех скважинах закрыты крышками.

Пункты наблюдений за поверхностными и сточными водами:

№ 1– пруд кислых вод;

№ 2 – хвостохранилище;

№ 3 – пруд осветленных вод;

№ 4 – сброс из пруда осветленных вод в р. Ялангас;

№ 5 – руч. Ялангас в с. Камейкино; (пробы отбираются у моста);

№ 6 – Ялангас; ниже с. Камейкино, после сброса оборотной воды;

№ 7 – руч. Ташкут, выше устья Ялангаса (пробы не отбираются);

№ 8 – руч. Ташкут в устье Ялангас;

№ 9 – р. Сух. Губерля, выше и ниже устья руч. Ташкута;

№ 10 – то же, ниже Ташкута;

№ 11 – пруд–накопитель у карьера № 1;

№ 12 – пруд–накопитель у карьера № 2;

№ 13 – верховья р. Колпачки;

№ 14 – устье р. Колпачки;

№ 15 – р. Урал, выше устья руч. Колпачки;

№ 16 – р. Урал у с. Колпакское;

№ 17 – р. Елшанка у моста.

Наблюдения за химсоставом сточных вод (в прудах–накопителях отвалов карьеров № 1 и 2, хвостохранилище, в прудах кислых и осветленных вод) проводятся ежемесячно, за сбросом из осветленного пруда – 1 раз в неделю. Определяемые компоненты: рН, медь, цинк, железо, кальций, магний, хлориды, сульфаты, сух. остаток, нефтепродукты, взвешенные вещества и общая жесткость. Графики отбора пробы производства анализов, согласованные с Гайским районным комитетом по охране окружающей среды и Орской специализированной инспекцией экологического контроля и анализа, утверждаются на каждый год главным инженером Гайского ГОК. Состав стоков ТЭЦ контролируют путем отбора проб воды раз в месяц.

Таблица 12 - Сведения о пробуренных наблюдательных скважинах

п/п	№ скв.	Дата бурения	А ва отм. м	Гл. скв, м	Уровень грунтовых вод, м	Диаметр, мм		Длина глухой части, м	Глубина установки фильтра, м		Длина, м		Примечание
						бурение	обсадка		от	до	отстойника	оголовка	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Калиновский участок													
1	1н	14.09.97	378,0	10,0	4,7	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	1,0	
2	2н	23.07.97	377,2	10,0	5,2	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	1,0	
3	3н	19.07.97	377,0	10,0	б/в	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	1,1	
4	4н	17.09.97	378,5	10,0	3,2	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	0,9	
5	5н	21.09.97	350,0	10,0	3,7	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	1,05	
6	6н	27.09.97	330,2	10,0	5,7	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	1,05	
7	7н	9.09.97	352,5	10,0	5,0	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	0,48	
8	8н	9.09.97	345,0	10,0	6,7	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	1,0	
9	9н	5.09.97	348,7	10,0	4,3	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	0,8	
10	10н	30.09.97	332,2	10,0	4,1	190	108	7,0	7,0	9,0	1,0	0,7	
11	1	27.12.97	353,96	6,8	0,6	190	108	3,8	3,8	5,8	1,0		
12	2	27.12.97	337,8	6,8	1,3	190	108	2,8	2,8	4,8	1,0	0,8	
13	3	27.12.97	344,79	8,0	2,22	190	108	5,0	5,0	7,0	1,0		
14	4	28.12.97	365,66	9,0	7,3	190	108	6,0	6,0	8,0	1,0		
15	5	19.10.97	369,0	9,0	3,5	190	108	6,0	6,0	8,0	1,0	0,9	
16	6	28.12.97	340,3	9,0	4,55	190	108	6,0	6,0	8,0	1,0		
17	7	21.05.98	339,9	8,2	1,97	190	108	5,2	5,2	7,2	1,0		
18	8	21.05.98	330,8	4,0	1,35	190	108	1,0	1,0	3,0	1,0		
19	9	22.05.98	336,2	5,6	2,0	190	108	2,6	2,6	4,6	1,0		
20	10	22.05.98	344,1	7,2	2,72	190	108	4,2	4,2	6,2	1,0	0,8	
21	11	22.05.98	352,2	5,0	2,6	190	108	2,0	2,0	4,0	1,0		
22	12	17.05.98	328,8	11,1	2,05	190	108	8,1	8,1	10,1	1,0		
23	13	16.05.98	324,9	7,4	0,82	190	108	4,4	4,4	6,4	1,0		
24	14	20.05.98	325,4	11,1	+0,37	190	108	8,1	8,1	10,1	1,0		
25	15	17.05.98	331,2	11,2	4,85	190	108	8,2	8,2	10,2	1,0	0,35	

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
26	16	20.05.98	338,4	8,0	5,77	190	108	5,0	5,0	7,0	1,0		
27	17	22.05.98	369,0	8,2	5,1	190	108	5,2	5,2	7,2	1,0	1,05	
28	28	26.09.99	320	7,0	1,13	190	108	4,0	4,0	6,0	1,0	0,95	
29	29	26.09.99	317,0	5,0	1,35	190	108	2,0	2,0	4,0	1,0	0,4	
30	К-1					190	108				1,0	0,5	
31	К-2					190	108				1,0	0,5	

2.6.3 Техногенные факторы метаморфизации поверхностных вод *Калиновский участок*

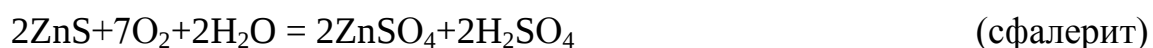
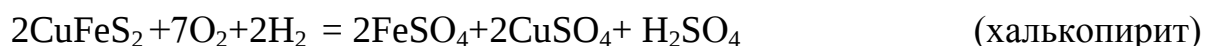
Карьеры № 1 и 2 находятся на водоразделе рек Губерли и Урала с плоской пологонаклонной поверхностью, имеющей отметки от 383–388 до 370 м и уклоны 0,1–0,02.

Отвалы пустых пород расположены к северо–востоку и востоку от карьера №1, имеет протяженность с севера на юг около 3 км, ширину 1,0–1,5 м и высоту до 45–65 м, площадь его около 3 км².

Восточнее отвалов размещаются пруды–накопители кислых вод, которые по мере накопления перекачиваются в пруд кислых вод.

Основным источником загрязнения окружающей среды являются отвалы пустых пород (рисунок 3). При фильтрации атмосферных осадков в кислородной среде пириты и другие сульфиды окисляются с обогащением подземных вод техногенного горизонта сульфатами, серной кислотой, железом, медью, цинком.

Процессы окисления пирита, халькопирита, сфалерита происходят по следующим схемам [88]:



Свободная серная кислота растворяет и разрушает алюмосиликаты в рудо-содержащих и пустых породах, насыщая подземные воды алюминием, железом, кальцием, магнием, тяжелыми металлами. За счет этого минерализация подземных вод возрастает до 25–41 г/л, они становятся сильнокислыми (pH 2,5–3,5), железистыми (Fe > 100 мг/л) ультракрепко–сульфатными. По химическому составу подотвальные воды относятся к сульфатно–железисто–алюминиевым.

Изучая экологические проблемы Гайского промузла, А.Я. Гаев и В.Я. Захарова [76] отмечали, что несмотря на принятые меры реки Колпачка и Елшанка и др. превратились в сточные канавы, угрожающие всему бассейну

Урала. По их мнению, в районе карьеров № 1 и 2 источниками загрязнения являлись отвалы карьеров и высокоагрессивные подотвальные воды, пруды-отстойники и накопители, куда сточные воды попадали после известкования или без него, а также твердые отходы (осадки), образующиеся при нейтрализации подотвальных вод, где происходит сорбция ряда компонентов илами, выпадение в осадок.

После строительства прудов – накопителей и перекачки их в пруд кислых вод их негативное воздействие снизилось, хотя общая минерализация подземных вод, по данным режимных наблюдений в скважинах № 6н и 10н (рисунок 3) в верховьях р. Колпачки осталась повышенной. Из загрязняющих компонентов в 1,5–2 раза уменьшилось содержание железа в скв. 10н, за последние три года существенных изменений в химическом составе поверхностных вод Колпачки и Елшанки не произошло.

Анализ концентрации меди в период 05.2005 г. – 06.2008 г показывает (рисунок 6–19), что геоэкологическая ситуация на Камейкинском и Калиновском участках существенно отличается. На Калиновском участке зафиксировано существование устойчивых по времени техногенных геохимических аномалий, размеры которых варьируют. В отдельные периоды (10.2005 г., 06.2006 г., 05.2007 г.) отмечалась повышенная концентрация меди в грунтовых водах в наблюдательных скважинах около отвала пустых пород карьера № 1. В другое время (10.2006 г., 10.2007 г.), аномальные значения концентрации меди смещались в сторону пруда у юго-восточной окраины карьера № 2. Лишь в течение двух периодов отбора проб из наблюдательных скважин аномальное содержание меди отмечалось на некотором удалении от отвалов – 05.2005 г. на скважине 10н у курорта Гай, и 06.2008 г. на скважине 5н у села Калиновка. Следует отметить, что геохимические аномалии повышенной концентрации меди фиксировались постоянно в течение срока наблюдения, но каждый раз происходила смена ее расположения. Несколько иная ситуация сложилась на наблюдательных скважинах Камейкинского участка. Здесь аномальная концентрация меди отмечалась на скважинах около пруда осветленных вод (10.2005 г., 10.2006 г.),

в долине руч. Ялангас (06.2006 г.), у хвостохранилища (10.2007 г.), т.е. преимущественно в осенний период как результат повышения концентрации тяжелых металлов при снижении уровня воды в прудах–накопителях. Не менее значимым по сравнению с тяжелыми металлами Гайской техногеосистемы являются сульфаты. Аномальные концентрации сульфатов в пробах из наблюдательных скважин также существенно отличаются на Камейкинском и Калиновском участках. Аномальные концентрации на Калиновском участке характерны для пруда–отстойника у отвала пустых пород карьера № 2, отмеченные 05.2005 г., 10.2005 г., 06.2006 г., 05.2007 г., 10.2007 г., 06.2008 г. При этом повышенная концентрация сульфатов отмечается как в грунтовых водах близ пруда, так и ниже по течению у водостока пруда в речку Колпачку. Лишь 10.2006 г. максимальное значение концентрации сульфатов в грунтовых водах отмечалось как в водостоках пруда–отстойника карьера № 2, так и № 1, что вызвало суммирование загрязнения в долине Колпачки. Следует отметить, что в отличие от аномалий содержания меди, геохимические аномалии сульфатов более устойчивы во времени и по пространственному охвату, практически не меняя конфигурации. Другая особенность заключается в том, что аномальное содержание сульфатов отмечается как вблизи источника загрязнения, так и на протяжении дренирующего его русла реки, что определяется высокой миграционной подвижностью сульфатных соединений. Анализ концентрации сульфатов на Камейкинском участке показывает также устойчивость их аномалий. В основном максимальное содержание зафиксировано у пруда осветленных вод – 05.2005 г., 10.2005 г., 06.2006 г., 10.2006 г., 05.2007 г., 10.2007 г., 06.2008 г.

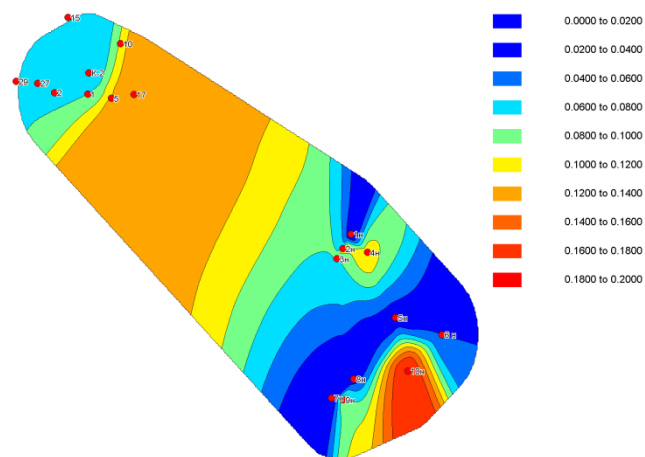


Рисунок 6 - Содержание меди в подземных водах техногеосистемы Гайского месторождения в мае 2005 г.

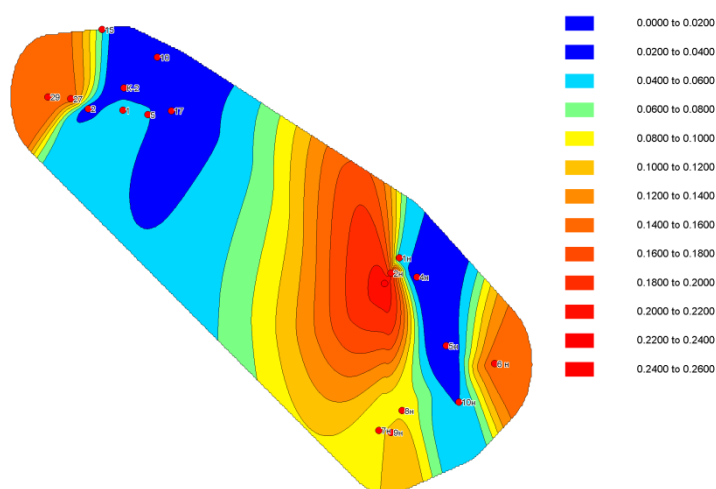


Рисунок 7 - Содержание меди в подземных водах в октябре 2005 г.

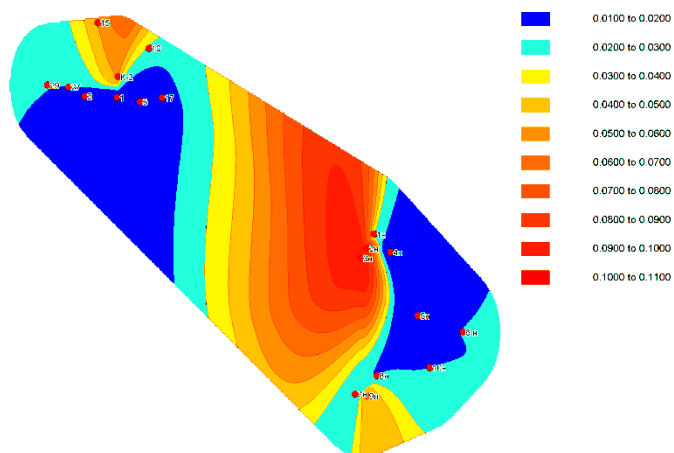


Рисунок 8 - Содержание меди в подземных водах в июне 2006 г.

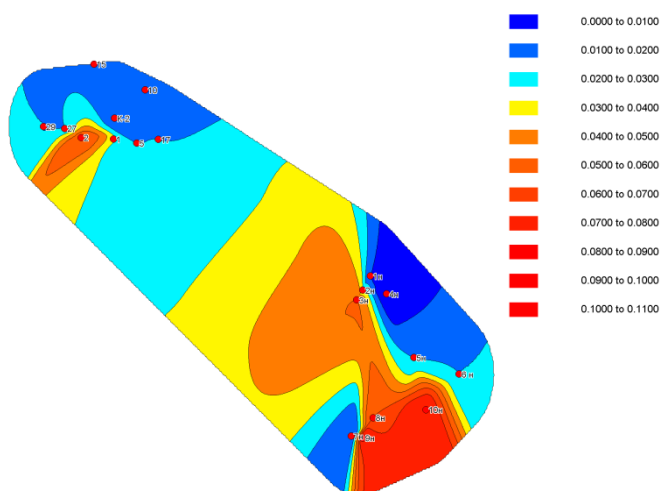


Рисунок 9 - Содержание меди в подземных водах в октябре 2006 г.

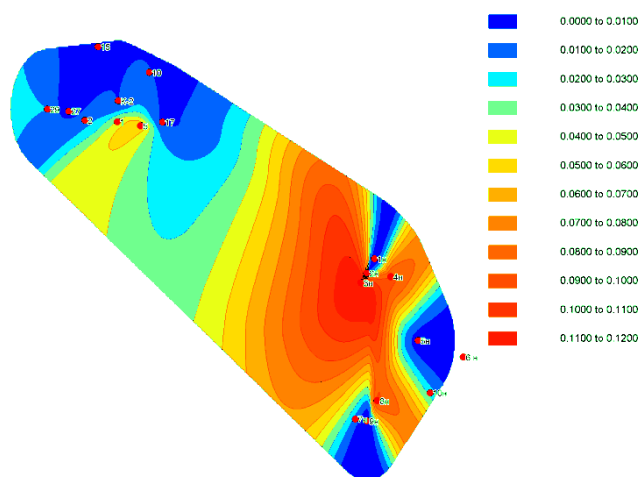


Рисунок 10 - Содержание меди в подземных водах в мае 2007 г.

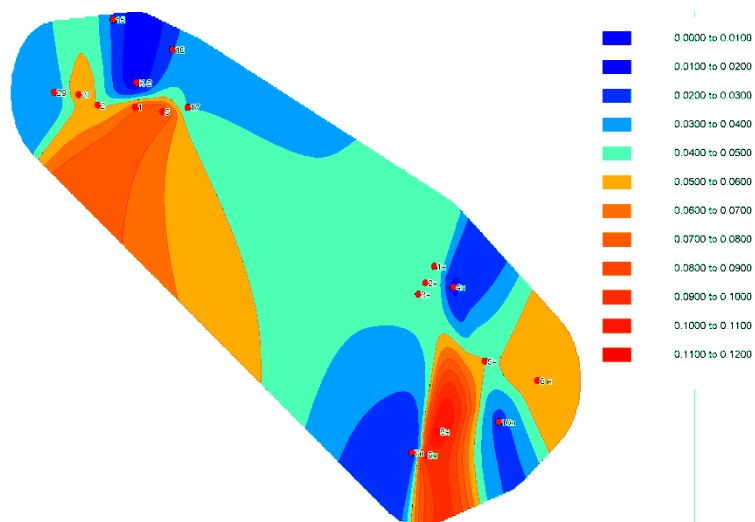


Рисунок 11 - Содержание меди в подземных водах в октябре 2007 г.

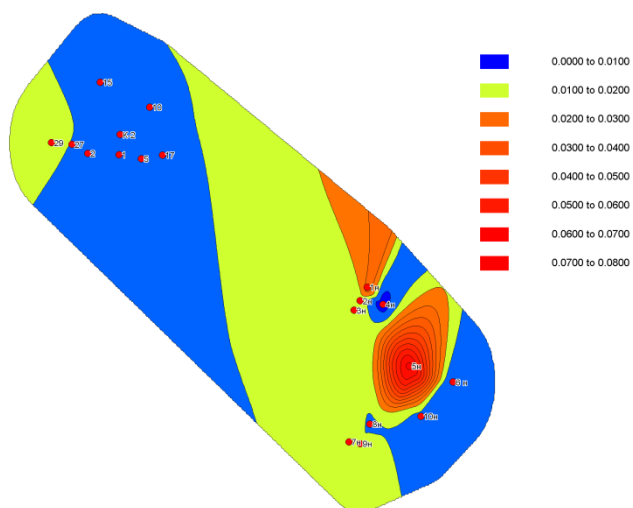


Рисунок 12 - Содержание меди в подземных водах в июне 2008 г.

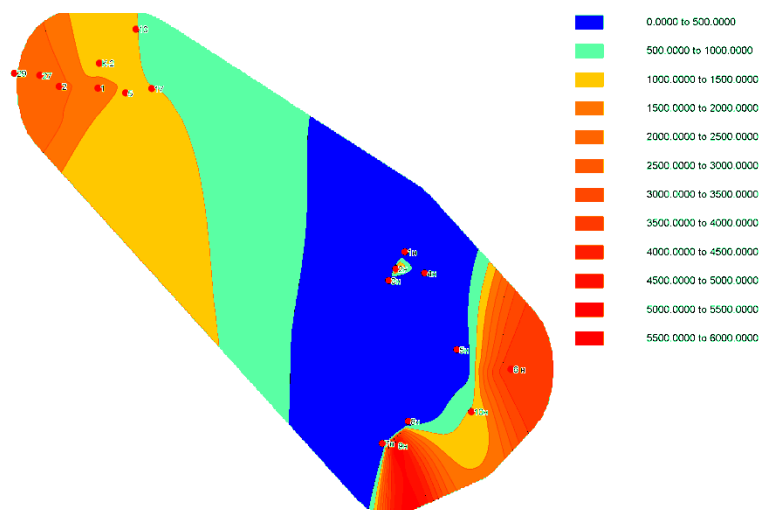


Рисунок 13 - Содержание сульфат-иона в подземных водах в мае 2005 г.

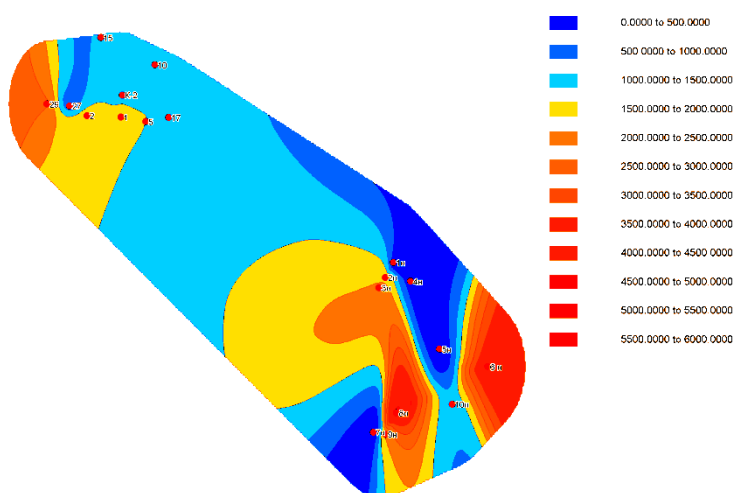


Рисунок 14 - Содержание сульфат-иона в подземных водах в октябре 2005 г.

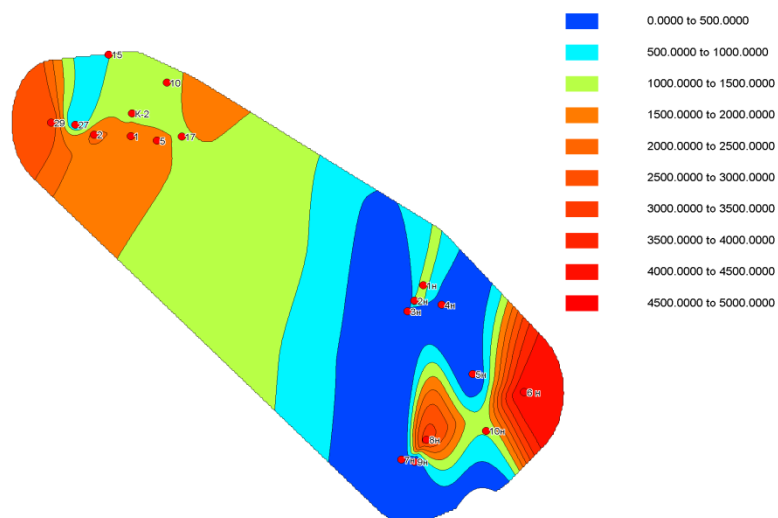


Рисунок 15 - Содержание сульфат-иона в подземных водах в июне 2006 г.

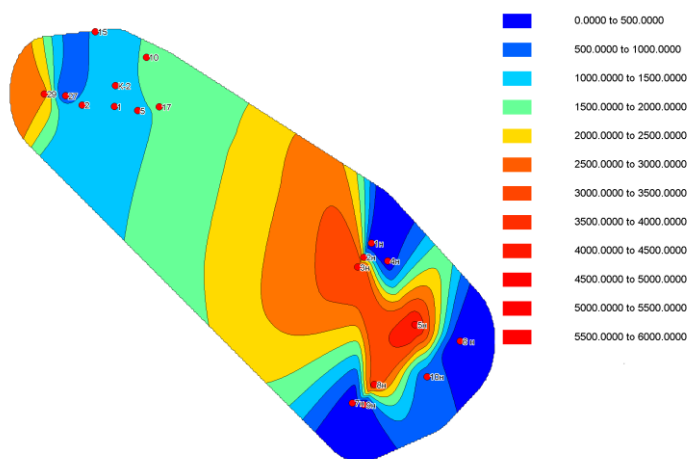


Рисунок 16 - Содержание сульфат-иона в подземных водах в октябре 2006 г.

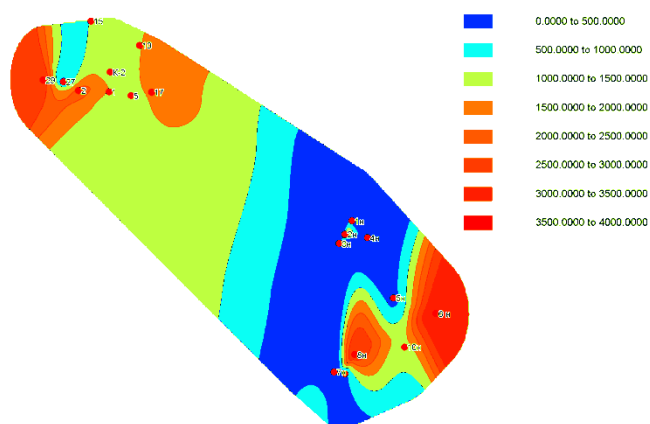


Рисунок 17 - Содержание сульфат-иона в подземных водах в мае 2007 г.

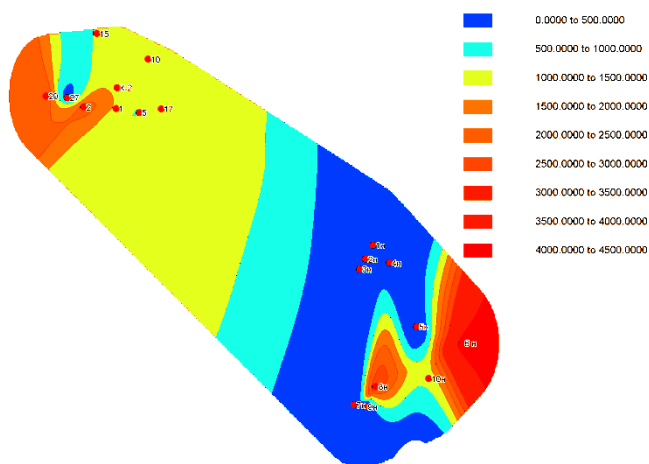


Рисунок 18 - Содержание сульфат–иона в подземных водах в октябре 2007 г.

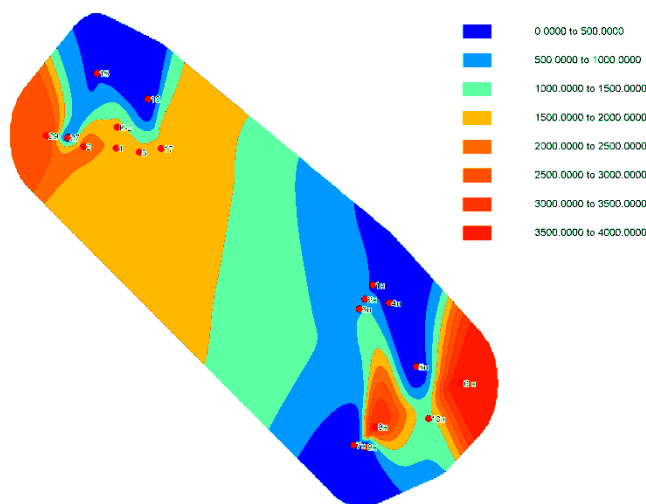


Рисунок 19 - Содержание сульфат–иона в подземных водах в июне 2008 г.

Анализ концентрации катионов и анионов в речных водах руч. Ялангаса (рисунок 20, 21) отражает стандартный гидрологический режим малых рек и ручьев с минимумом концентрации в весенний период (март–апрель) и менее выраженным минимумом в осенний период (сентябрь – октябрь). В наибольшей степени вариации концентраций выражены у сульфат–иона, доминирующего в солевом составе воды, а также по общему показателю сухого остатка. Менее значимы сезонные различия по хлорид–иону и иону кальция. В изменении концентрации тяжелых металлов также прослеживаются весенние и осенние максимумы. Однако, на общую динамику накладываются пиковые значе-

ния содержания отдельных загрязняющих веществ. Например, содержание меди в июле и декабре 2001 г., мае 2002 г. в водах руч. Ялангас. Очень сходна динамика как катионов и анионов, так и тяжелых металлов и у других малых водотоков, дренирующих Гайскую техногеосистему – р. Колпачка и р. Елшанка (рисунок 24–27). Динамика химических веществ в р. Сухая Губерля (рисунок 22–23) в целом мало отличается от изменения их концентрации в малых реках, но все же имеет более сглаженный график.

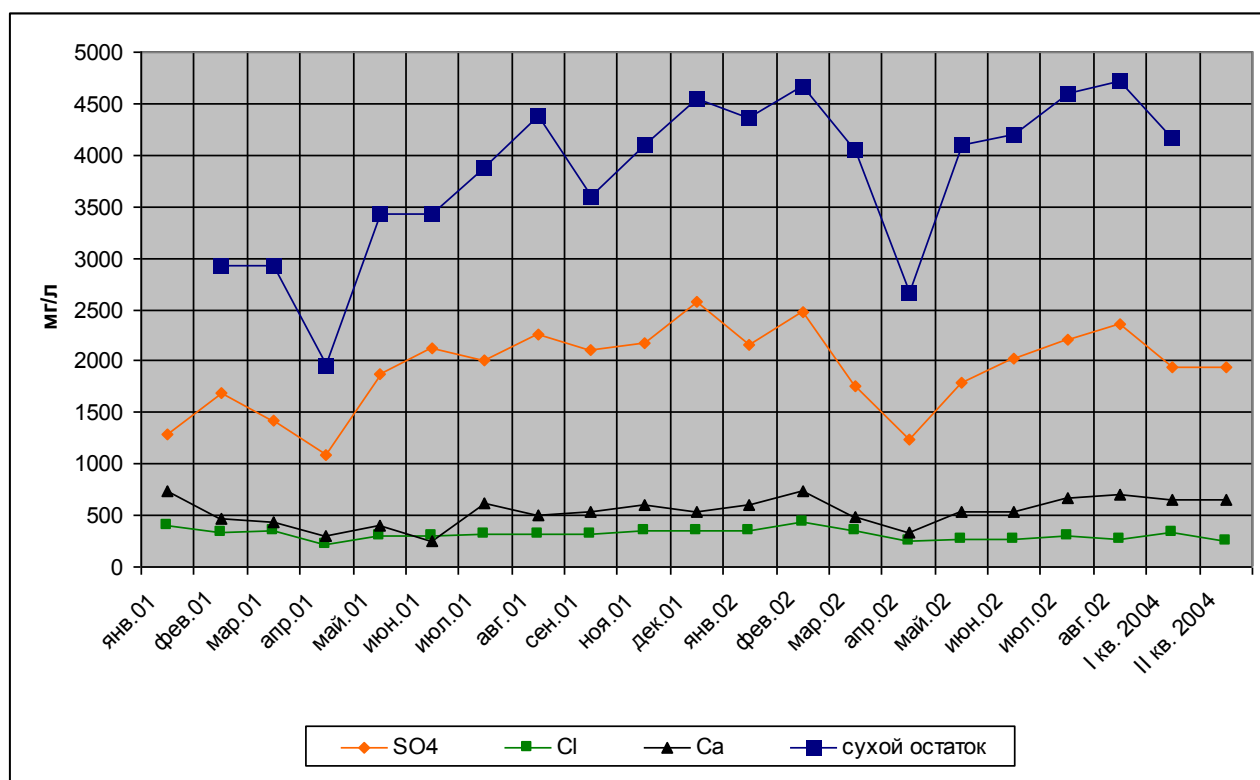


Рисунок 20 - Динамика концентрации катионов, анионов и сухого остатка в воде руч. Ялангас

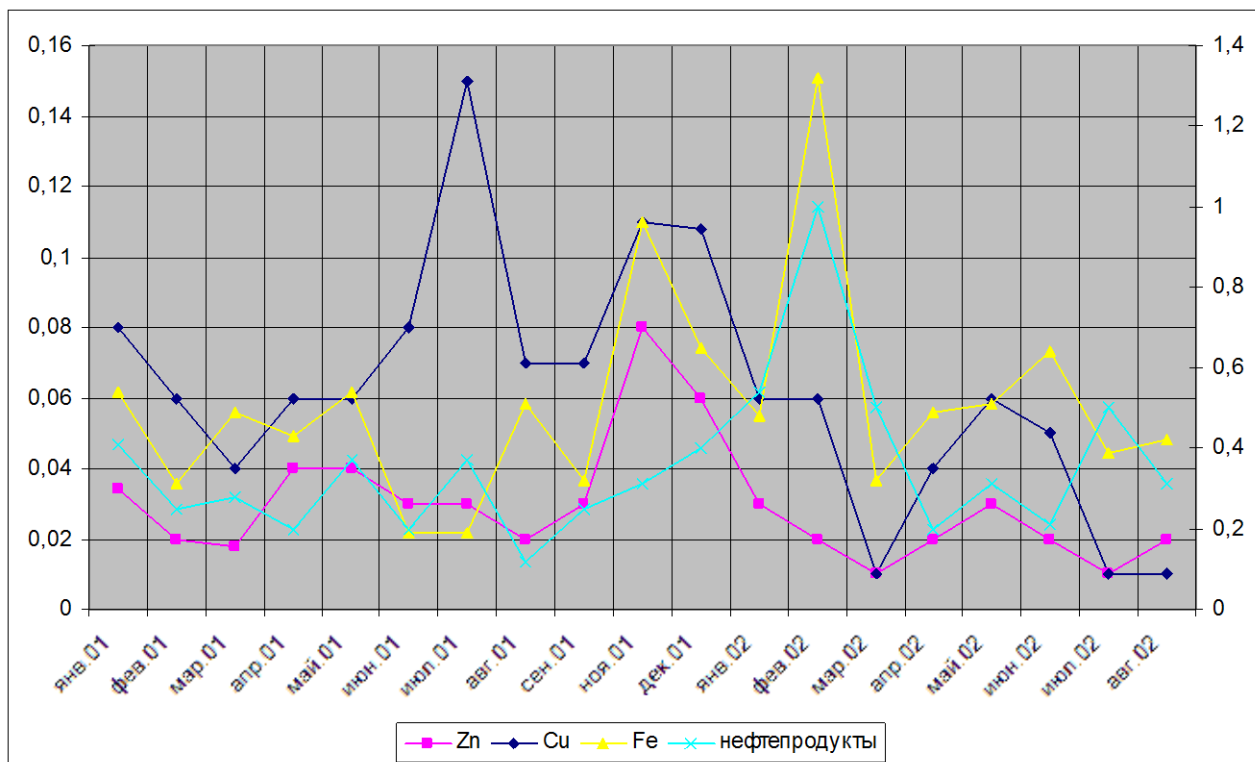


Рисунок 21 - Динамика концентрации тяжелых металлов в воде руч. Ялангас

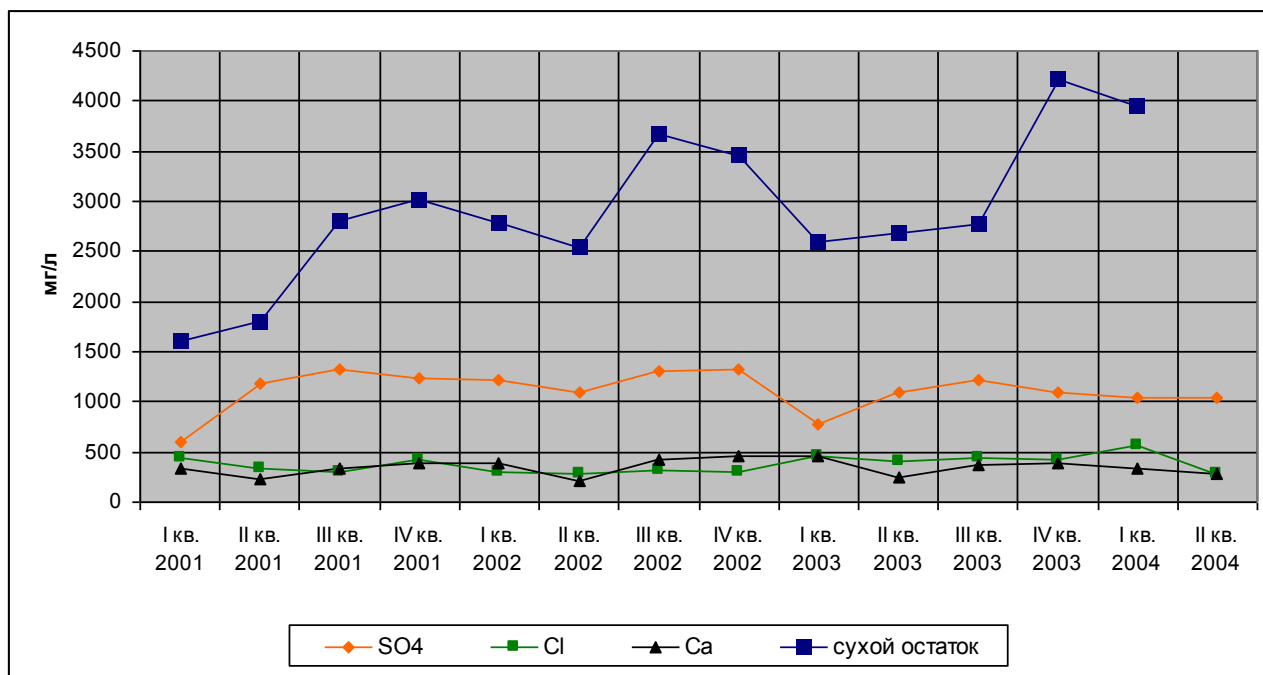


Рисунок 22 - Динамика концентрации тяжелых металлов в воде р. Сухая Губерля

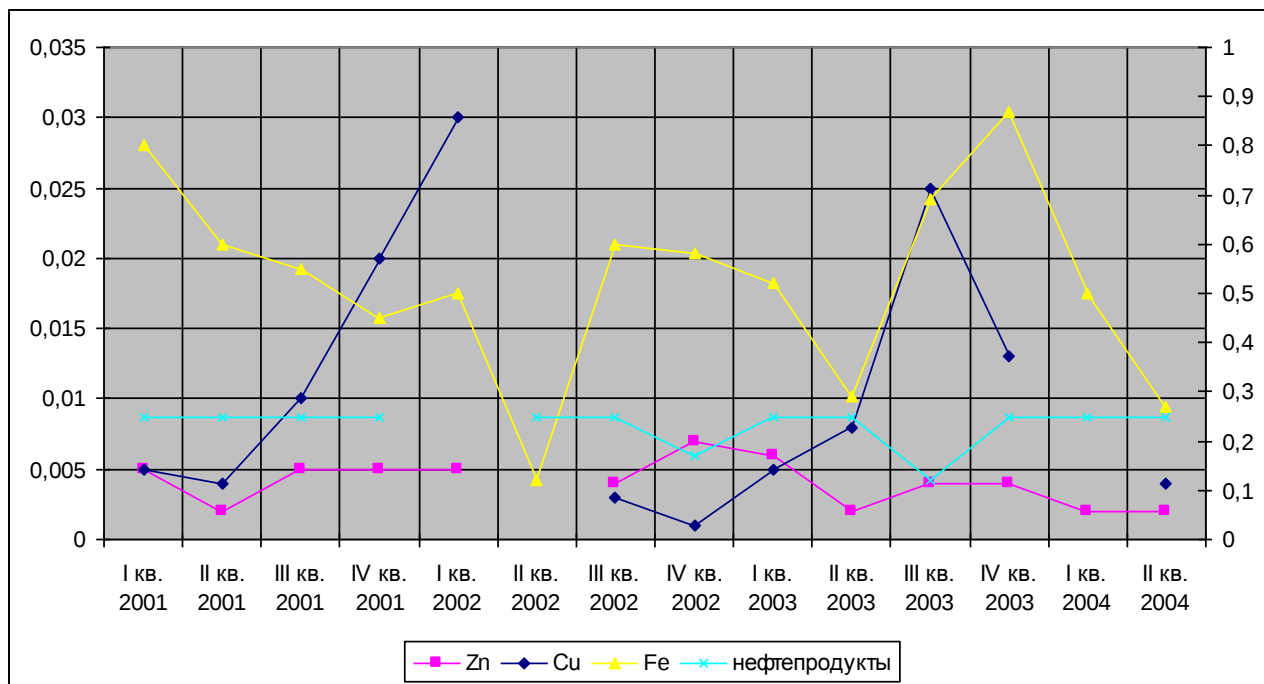


Рисунок 23 - Динамика концентрации катионов, анионов и сухого остатка в воде р. Сухая Губерля

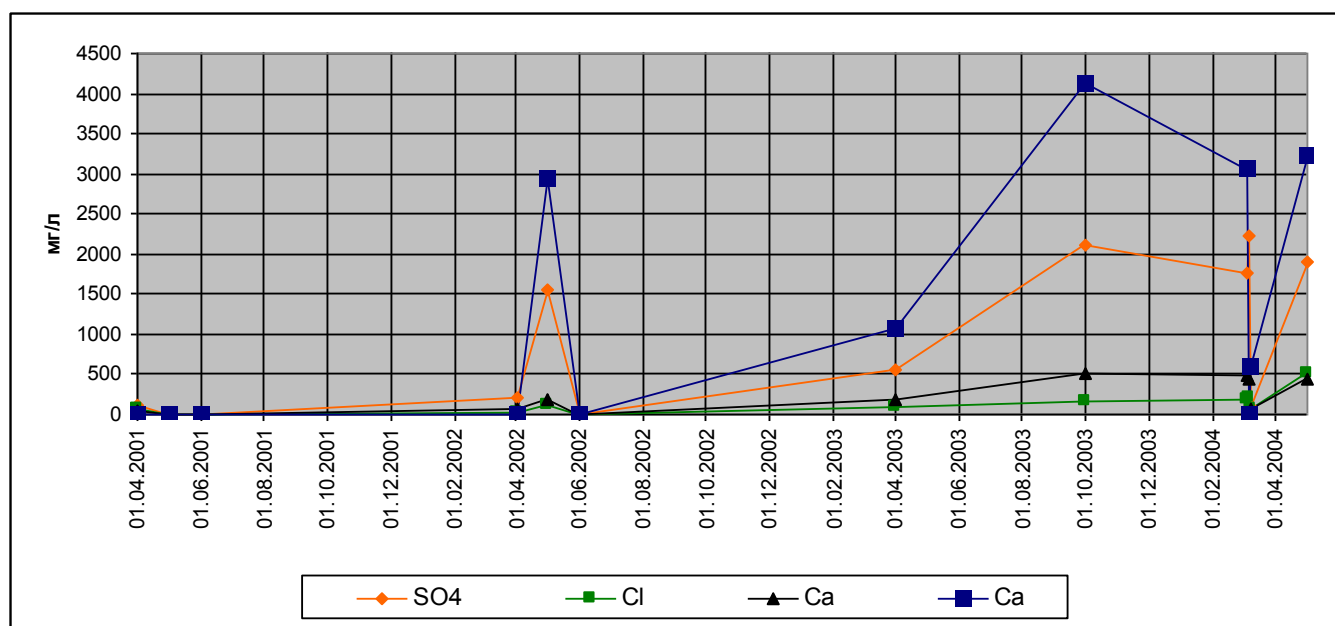


Рисунок 24 - Динамика концентрации катионов, анионов и сухого остатка в воде р. Колпачка

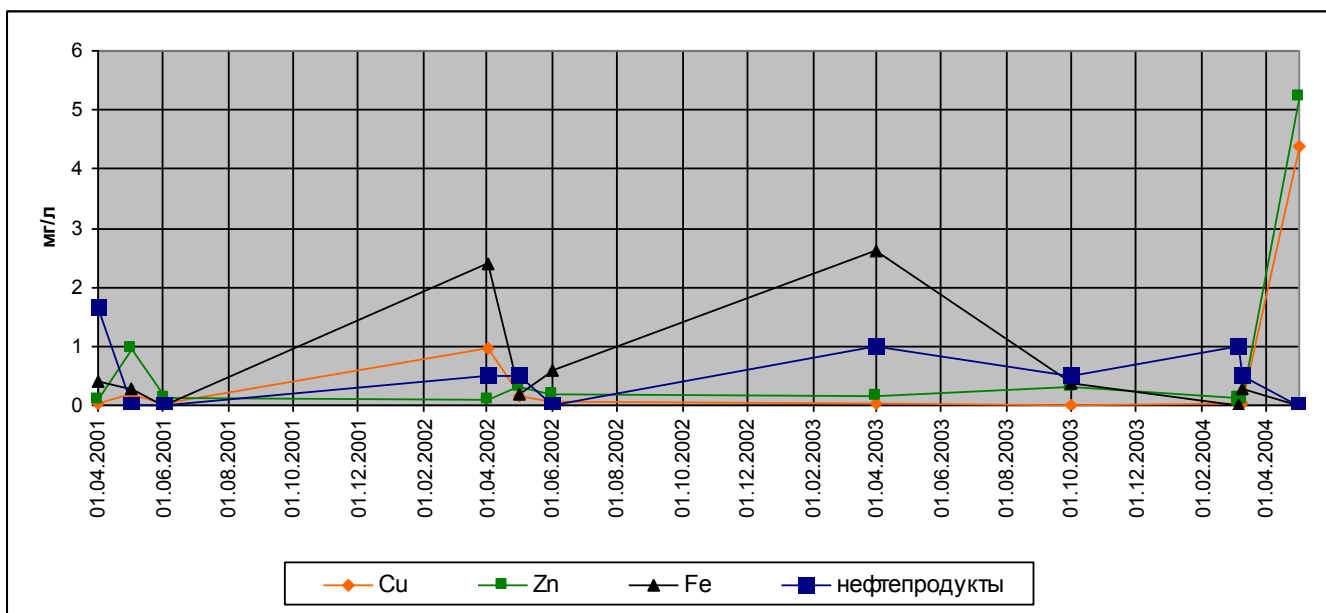


Рисунок 25 - Динамика концентрации тяжелых металлов в воде р. Колпачка

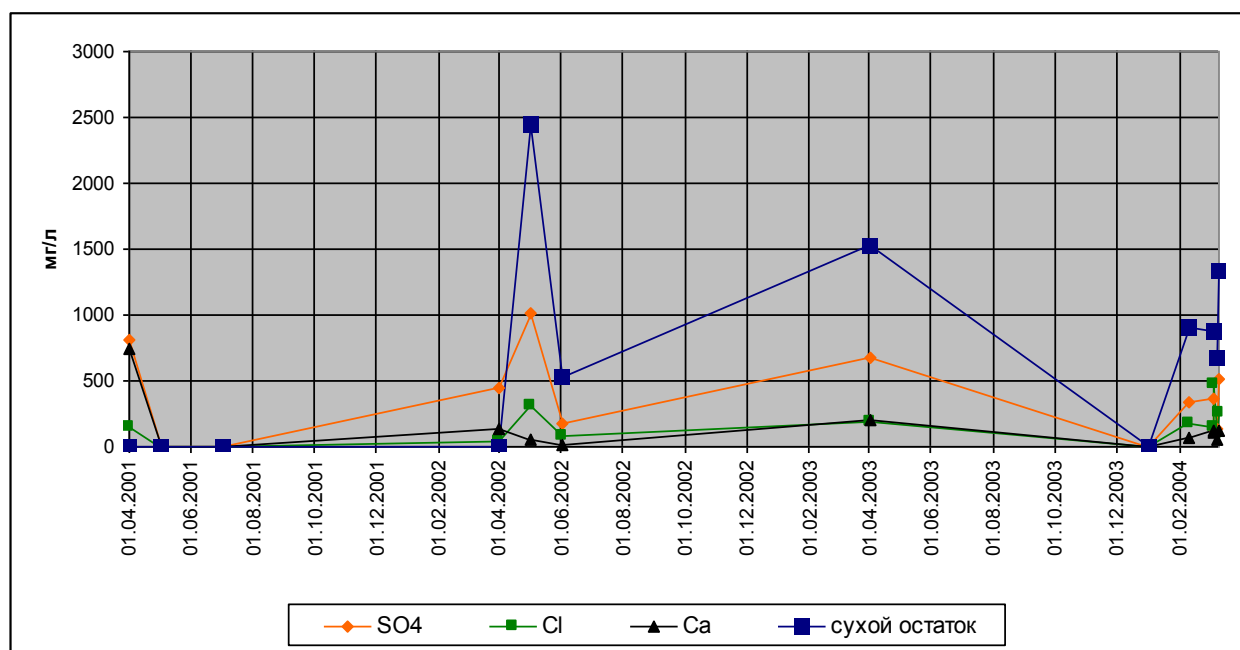


Рисунок 26 - Динамика концентрации катионов, анионов и сухого остатка в воде р.Елшанка

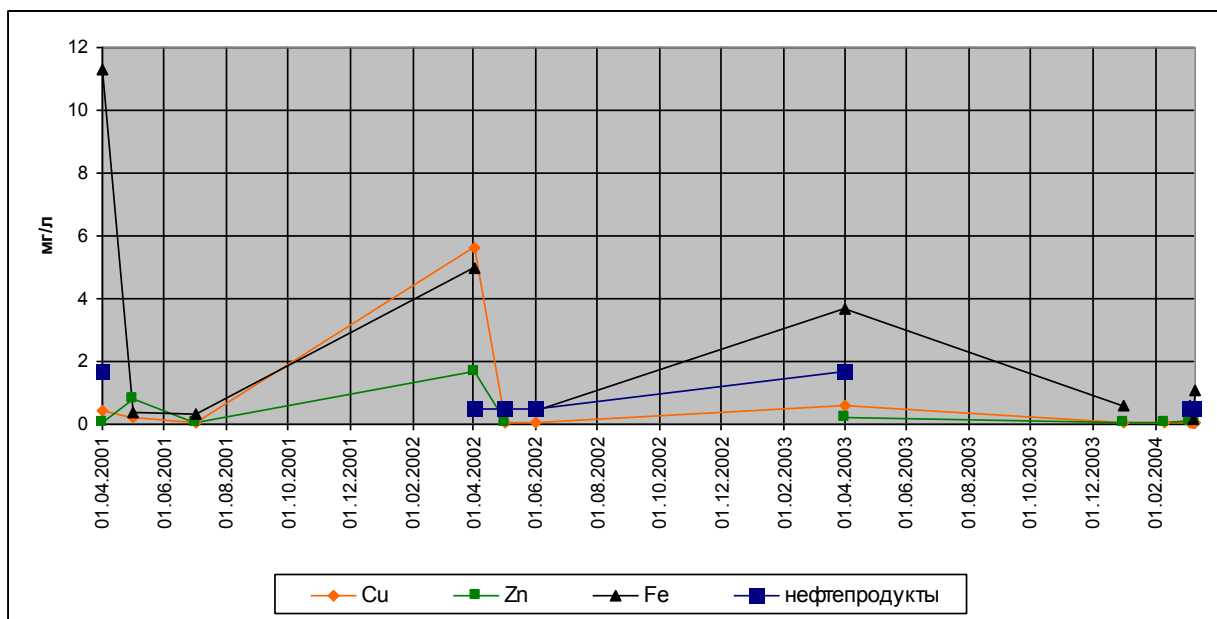


Рисунок 27 - Динамика концентрации тяжелых металлов в воде р.Елшанка

Пруд накопитель № 1. Гидрогеологическая обстановка на участке пруда накопителя №1 контролируют СКВ. №1н и 2н (рисунок 3) сверху здесь залегают суглинки мощностью 3,8–5,0 м, подстилаемые плиоценовыми плотными глинами и суглинками (СКВ. 2) или глинами мезозойской коры выветривания, с включениями щебня и дресвы. Благодаря глинистому основанию фильтрация из пруда–накопителя ничтожна, о чем свидетельствует значительное превышение горизонта воды на УГВ в СКВ. 1н расположенной всего в 10 м от него. Это подтверждается существенными изменениями в кислотности, содержании сухого остатка, сульфатов, тяжелых металлов в грунтовых и собранных в пруде–накопителе вод (таблица 13). Грунтовые воды относятся к хлоридным, а в пруде – к сульфатным, причем хлоридный тип грунтовых вод сохраняется в скважине № 2н, удаленной от пруда больше чем на 200 м.

Таблица 13 - Содержание компонентов в пруде–накопителе № 1 и в грунтовых водах

Дата	рН	Содержание мг/л					
		сухой остаток	Cl	SO ₄	Fe	Cu	Zn
Пруд–накопитель № 1							
VII–2005	4,3	3400	402	1843	16	347	126
IX–2007	3,8	9894	398	5358	65	138	45

Продолжение таблицы 13

Дата	pH	Содержание мг/л					
		сухой остаток	Cl	SO ₄	Fe	Cu	Zn
V –2008	2,8	10890	342	7567	707	220	144
VII–2008	2,8	10718	379	7436	418	220	413
Скважина №1н							
X –2005	8,0	2566	Н.св.	171	Н.св.	0,05	0,07
V –2007	10,3	2738	1055	419	58	0,003	0,15
VI–2008	7,6	2782	1358	300			
Скважина №2н							
V –2006	5,2	21520	9508	1619	165	0,01	0,9
VI–2008	10,6	13276	7205	935	0,36	0,012	0,042

Пруд накопитель № 2. Расположен у юго–восточной оконечности отвала пустых пород второго карьера. В геологическом строении площадки участвуют четвертичные суглинки мощностью от 1,5 до 5,8 м. В южной части они подстилаются глинами с включениями щебня и дресвы, а в северной – плиоценовыми бурыми суглинками и глинами мощностью 5,7 м (скв. 8н), залегающими на глинистой коре выветривания, которая здесь имеет повсеместное распространение. Суглинки и глины плиоцена притягиваются на восток а, мощность их возрастает до 10 м и более.

Пос. Калиновка. В северной части поселка размещаются наблюдательные скважины № 3н,4н, а в южной на удалении 1–2 км – 5н (рисунок 3). Поверхность ровная с уклоном 0,02 на юго–восток, к долине р. Колпачке и далее к Уралу. Отметки поверхности 355–378 м.

Северо–западная часть поселка испытывает дренирующее воздействие карьера № 1, в результате которого в наблюдательной скважине № 3н в 2005–2008 гг. УГВ фиксировался на глубине 8,2–8,7 м, а в последующем > 10 м (рис. 3). По минерализации грунтовые воды близки к подотвальным – сухой остаток до 11,7 г/л, в основном за счет сульфатов, воды кислые (рН до 5,3), а содержание железа достигает 884–1200 мг/л (таблица 13).

Изложенное позволит сделать следующие выводы:

Территория в верховьях рек Колпачка и Елшанка, прилегающая к отвалам карьеров № 1–2, из-за загрязнённых кислых подотвальных вод находилась в неудовлетворительном гидрогеологическом – экологическом состоянии, а сами реки превращались в сточные канавы. В результате строительства прудов-накопителей и системы перекачки подотвальных вод в реки был полностью прекращён в 1997–1998 гг. Это положительно сказалось на качестве как поверхностных, так и подземных вод. В них снизилось содержание сульфатов, тяжёлых металлов и других загрязнителей. Наблюдаемый в мае 2008 г. рост этих показателей в реках может быть объяснён высокой водностью года, приведшей к смыву загрязняющих веществ из насыщенных в предыдущее время ими почв, грунтов, накоплений.

Промплощадка (Камейкинский участок)

Рассматриваемая территория охватывает левобережье рек Ялангас и часть междуречья Ташкута и Ялангаса. На левом берегу последнего, находится обогатительная фабрика, ТЭЦ, ЗЖБИ, механические авторемонтные цеха, пруды кислых и осветленных вод, хвостохранилище, а южнее – г. Гай (рисунок 3). Часть пос. Камейкино расположена на левом, а другая на правом берегу Ялангаса, на котором выше находится хозяйственный пруд. Территория представляет слабонаклонную, всхолмленную равнину, прилегающую к Урало-Губерлинскому водоразделу с общим уклоном 0,02–0,04 на северо-запад и юго-запад. Отметки поверхности составляют 386–390 м на юго-востоке, к долине Ялангаса они снижаются до 320–365 м.

Промплощадка. Наблюдательные скважины на промплощадке отсутствуют, в проекте ведомственной сети следует предусмотреть две скважины по потоку грунтовых вод.

Одной из мер по уменьшению питания грунтовых вод и снижению сброса воды в реках Ялангас и Сух.Губерля является рост потребления оборотной воды на ГОК в 2004 –2008 гг. одновременно с наращиванием переработки руды росло поступление кислых вод и потребление оборотной воды, а сбросы в Ялангас сокращались, что видно из следующих данных (таблица 14).

Таблица 14 - Объемы снижения сброса техногенных вод в р.Ялангас

Год	Переработка руды,тыс.м	Объем кислых вод,млн.м ³	Потребление оборотной воды, млн.м	Сброс в Ялангас,м ²
2004	3818	2,19	8,53	Нет.св
2005	3896	2,74	7,72	1,85
2006	4144	2,67	9,12	2,00
2007	4343	3,09	10,99	1,94
2008, прогноз	4500	3,10	12,20	0,86

Уменьшение сбросов в р. Ялангас и рост объемов оборотного снабжения на обогатительной фабрике является одним из важных природоохранных мероприятий.

Пруд кислых вод. В него поступают шахтные и карьерные воды, перекачиваемые из водоприемника на горизонтах 260 и 685 м и подотвальные воды, перекачиваемые из прудов–накопителей № 1–2. вода используется в технологическом процессе обогащения руды и после известкования со шламом поступает в хвостохранилище. Уровень воды в пруде–370,0 м. Минерализация воды в эти года была стабильной (9,3–12,7 г/л, и только в январе–феврале и апреле 2008 г. снижалась до 6,2–6,4 г/л. В воде преобладали сульфаты 3430–6920 мг/л (711–144 мг–экв), хлоридов (112–747 мг/л) – на порядок меньше (3,2–21,3 мг–экв), соотношение $SO_4; Cl$ (в мг–экв форме 0) составляет 7–21. Количество меди и цинка в воде подвержено колебанием до 8,5 раз; меди обычно содержится 160–230 мг/л, цинка – 90–140 мг/л. Количество железа в воде достигает 1060 мг/л. Значение рН равно 2,4–3,0, что характерно для сильно кислых вод.

Изложенное свидетельствует:

–режим УГВ в течение года подчиняется климатическим факторам, а не уровненному режиму водоема;

–химический состав вод резко различается, как по содержанию сухого остатка, сульфатов, хлоридов, соотношению $SO_4 : Cl$, так и по содержанию меди, цинка, железа и кислотности воды.

Влияние пруда кислых вод на нижележащие земли невелико, основную роль в питании грунтовых вод играют атмосферные осадки. Объясняется это глинистым составом и низкими фильтрационными свойствами грунтов в основании, а также противофильтрационным экраном при подготовке ложа пруда.

Хвостохранилище. Примыкает с запада к пруду кислых вод, отметка горизонта воды 368,6 м, в него поступают воды со шломом пустых пород из обоганительной фабрики, состав существенно метаморфизирован. Величина сухого остатка снижена до 2,6–4,9 г/л, составляет в среднем 4,2 г/л. Воды сульфатные, содержание иона SO_4 колеблется от 1340 до 2654 мг/л и по сравнению с прудом кислых вод снизилось в 2,6–3 раза. Удалена также часть хлоридов, количество которых не превышает 488 мг/л, составляя в среднем около 310 мг/л. За счет пропорционально большого сокращения сульфатов, соотношение $\text{SO}_4:\text{Cl}$ снизилось до 2,9–4,9 (в среднем около 4,0). Среди катионов в результате известкования выросло содержание Ca до 384–886 мг/л, который стал преобладать. Металлы почти полностью удалены, по сравнению с прудом кислых вод количество меди уменьшилось в 2000 раз, (до 0,03–0,16 мг/л), цинка – в 1000 раз (до 0,01–0,66), железа в 250–300 раз (до 0,4–4,3 мг/л). Воды в пруде нейтральные и слабощелочные, pH в основном равно 7–10. в целом исключая ион железа и нефтепродукты (0,5–5,2 мг/л), воды в хвостохранилище близки к природным – поверхностным и подземным водам [47].

В целом режим на уровне грунтовых вод на территории, прилегающей к хвостохранилищу. Химический состав грунтовых вод также отличен как по общей минерализации, так и по содержанию сульфатов, хлоридов и их соотношению, снижающемуся до 1,3–0,4, что свидетельствует о застойном характере. В результате тип химического состава грунтовых вод переходит в хлоридно–сульфатный. На показатель pH грунтовых вод хвостохранилища не оказывает влияния, в отличие от хвостохранилища в грунтовых водах отмечаются резкие колебания содержания железа.

Пруд осветленных вод. Расположен в прилегающей к Ялангасу территории со слабонаклонным рельефом, отметка в пруде – 326,9 м. излишняя вода, не ис-

пользуется в водообороте, из него сбрасывается в Ялангас. Минерализация воды в пруде близка по составу в хвостохранилище, величина сухого остатка за этот период менялась от 2,86 до 4,65 г/л, в воде преобладают сульфаты (40,5–59,0 мг–экв). Отношение $\text{SO}_4:\text{Cl}$ составляет, как правило, 3,8–4,9. Из катионов преобладает кальций – до 696 мг/л (34,8 мг–экв). По содержанию меди, цинка, железа воды пруда аналогичны хвостохранилищу.

Оценивая результаты проведенных режимных наблюдений, следует отметить слабую взаимосвязь уровня и химизма грунтовых вод с прудом.

Поселок Камейкино. Расположен на обоих берегах руч. Ялангас, выше поселка построен пруд хозяйственного назначения. Отметки поверхности на территории поселка на правом берегу 330–355, на левом 325–345 м, уклоны 0,02–0,025 м. русло р. Ялангас врезано на 4–5 м, дно заилено, заболочено и заросло, борта большей частью задернованы, пологие, на них наблюдаются мочажины и высачивание грунтовых вод.

Обобщая имеющиеся данные режимных наблюдений и другие данные по территории пос. Камейкино можно заключить:

- Посёлок находится в зоне природно–техногенного воздействия; на правом берегу Ялангаса оно менее интенсивно, на левом берегу проявился в большей степени. Подтопление п. Камейкино, наблюдавшиеся до строительства ГОК не связано с прудами (кислых вод, хвостохранилище), на него влияют тяжёлый глинистый состав отложений, наличие местных напоров в подземных водах, низкая естественная дренированность, что объясняется не только слабой водоотдачей грунтов, но и слабыми дренирующими свойствами Ялангаса из-за его заиленности, заплывания бортов, наличия прудов и т.п. Хозяйственный пруд выше Камейкино, построенный в противоположность прудов обогатительной фабрики без глинистого экрана, также может влиять на подтопление. В наиболее тяжёлых условиях находятся естественные понижения, подтопляемые и поверхностными, и грунтовыми водами.

- Климатический тип режима УГВ на территории посёлка стабилен, в зоне близкого залегания уровень постоянно находится на небольшой глубине (выше 1,6м) при малой годовой амплитуде его колебаний (до 1,2 м).

- Режим химсостава также характеризуется небольшими колебаниями как макро– (сухой остаток, SO₄, Cl), так и микрокомпонентов (Cu, Zn), которые не выходят за пределы естественных фоновых значений [73]. Техногенное влияние прудов на режим химизма не наблюдается.

- Для борьбы с подтоплением необходимо разработать проект углубления и очистки Ялангаса со строительством нескольких дрена на пониженных участках и отвода поверхностного стока. По мнению экспертов [78] следует также восстановить водосборные каналы и ликвидировать потери из водопроводной сети.

3 Геоэкологическое обоснование формирования техногеосистем Оренбургской области

3.1 Сравнительный анализ формирования техногеосистем Гайского, Блявинского и Летнего медноколчеданных месторождений

Территория Оренбургской области содержит практически все виды полезных ископаемых, является частью горнорудного Урала и нефтегазоносного Предуралья. На протяжении многих десятилетий осуществляется интенсивное освоение Оренбургских недр. Поэтому проблема оптимизации недропользования и предотвращения технической деградации и загрязнения техногеосистем Оренбургской области приобрела особую актуальность [17, 18].

Среди отрицательных последствий горнотехнического производства можно выделить следующие:

- изменение облика земной поверхности и уничтожение пригодных для сельскохозяйственного производства земель;
- деградация и уничтожение мест обитания дикой флоры и фауны, вместе с этим обеднение биоразнообразия;

- изменение гидрологических и гидрогеологических условий местности; утрата эстетической ценности техногеосистемы;
- потеря исторической ценности объектов, стирание памяти (событиях прошлого);
- изменение химического состава природной среды и среды обитания людей.

Самая большая геохимическая и геоэкологическая опасность исходит от разрабатывающихся в области колчеданных месторождений, рудные тела которых полностью состоят из легкорастворимых сульфидов различных металлов. Сульфиды выводятся из естественного законсервированного состояния. На глубине они залегают в восстановительной среде, где растворимость их низкая. Но извлеченные на поверхность, попав в окислительные условия, они становятся легкорастворимыми и агрессивными [72]. В отвалах Яман–Касинского, Блявинского и Гайского месторождений формируются купоросные подземные воды и купоросные родники. При добыче колчеданных руд извлекается много околорудных пород, создаются целые отвальные горы, содержащие токсичные элементы. Еще более токсичны продукты переработки колчеданных руд (хвосты обогащения). В результате эксплуатации Блявинского месторождения р. Блява попала в список самых грязных рек России. Некоторое зарастание отвалов разработки колчеданных месторождений происходит, но по берегам купоросных родников вся растительность обычно полностью погибает. По масштабам влияния на природу и людей колчеданные руды в Оренбуржье стоят на первом месте. Среди объектов мониторинга данная группа наиболее представительна – это медно–колчеданные и медно–полиметаллические – **Барсучий Лог, Джусинское, Летнее, Осеннее, Гайское, Блявинское, Яман–Касинское** (рисунк 28).

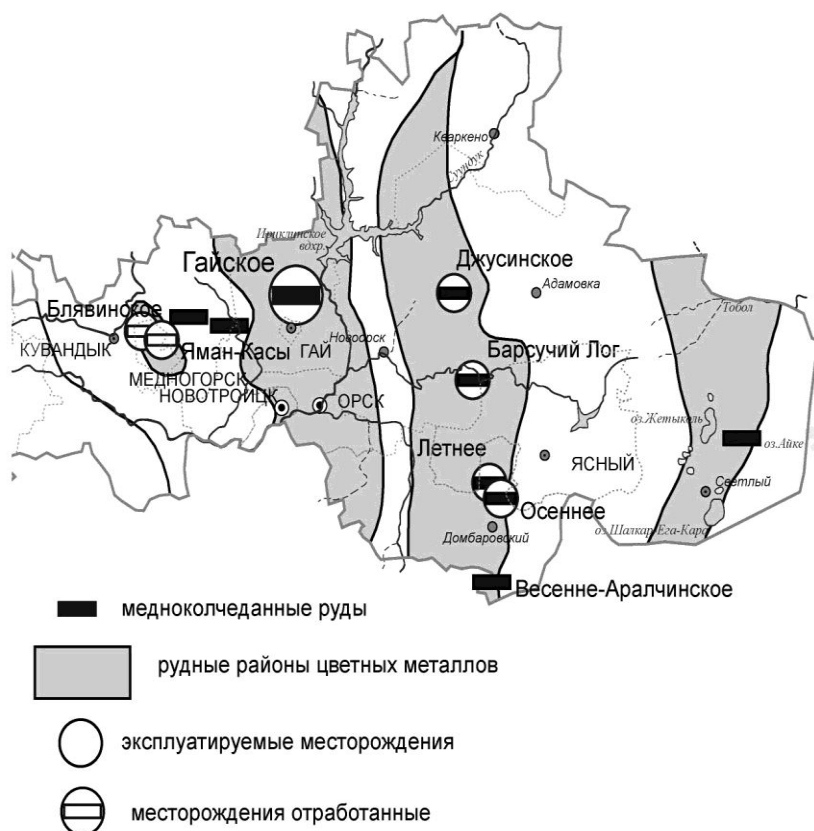


Рисунок 28 - Медноколчеданные месторождения восточной части Оренбургской области.

Самым крупным среди медноколчеданных месторождений в Оренбургской области является Гайское, вокруг которого сформировался одноименный промышленный узел. Геоэкологическое состояние Гайского промузла определяется в первую очередь наличием крупного горнообогатительного комбината (ГОК), формирующего техногенную аномалию. Вместе с тем Гайское медноколчеданное месторождение само по себе также представляет естественную аномалию тяжелых металлов, концентрирующихся как в корах выветривания, так и в рудном теле.

Геохимические ореолы колчеданных месторождений в вещественном выражении представляют в основном зоны рассеянного присутствия сульфидов, преимущественно пирита, в околорудных метаморфизированных породах. По сравнению с вмещающими породами, концентрация металлов в околорудных геохимических ореолах резко возрастает: меди – в 10–20 раз, цинка – 3–6, ко-

бальта – 27–40, серебра – 10–20 раз [55, 61]. На медноколчеданных месторождениях Уральского типа, к которому принадлежит и Гайское месторождение, геохимические ореолы по размерам значительно превосходят рудные тела. Они характеризуются большой полиэлементностью состава, в них по сравнению с медноколчеданными месторождениями других типов существенно возрастает распространенность свинца и бария, устанавливаются многочисленные второстепенные элементы–индикаторы. Рудные тела занимают в структуре геохимических ореолов естественное положение – они находятся в зонах наиболее комбинированного состава с высокоаномальными концентрациями рудообразующих элементов преимущественно над тыловыми зонами ореолов, фиксирующими подводящие каналы месторождений. Кроме положительных геохимических аномалий аккумуляции во вмещающих породах колчеданных месторождений установлены и отрицательные аномалии, фиксирующие вынос элементов. Характерной особенностью состава метасоматитов Гайского месторождения, в которых отмечается вынос рудных элементов, является наличие ангидрита, что указывает на повышенную кислотность среды в этих зонах. Зоны выноса этих элементов располагаются непосредственно под рудными телами Гайского месторождения.

Техногеосистема Гайского медноколчеданного месторождения характеризуется проявлением признаков, связанных с медно–колчеданным и медно–кобальт–никелевым оруденением геохимических полей. Обосновывается это наличием локальных площадей с повышенными, аномальными и высокоаномальными концентрациями типоморфных для медного оруденения района элементов в почвах, рыхлых образованиях и подземных водах, приуроченных к выходу на поверхность рудоносных комплексов палеозойских пород или участкам неглубокого их залегания [55].

В первую очередь следует отметить группу участков, расположенных в пределах распространения вулканогенных пород диабаз–альбитофирового комплекса.

Вторая группа участков приурочена к площадям развития гипербазитовых интрузий на западе района. Результаты геохимических исследований указывают на возможность нахождения в их пределах медно–кобальт–никелевого оруденения типа Ишкининского.

Кроме того, имеется несколько гидрогеохимических аномалий, установленных опробованием естественных и искусственных водопунктов района: Сагатовское, Краморовское, Камейкинская и ряд точек с аномальными содержаниями типоморфных для медного оруденения металлов и сульфат–иона и сульфид–иона.

Преобладающие коры выветривания по диабазам, диабазовым и плагиоклазовым порфиритам и их туфам, обладают повышенной концентрацией цинка и кобальта. Коры выветривания альбитофировых туфов, частью превращенных во вторичные кварциты, обладают повышенным содержанием молибдена. Среднее содержание тяжелых металлов в почвообразующих породах Гайского месторождения превышает общепринятый кларк по цинку в 1,6 раза, по свинцу в 4,6 раза, по меди в 2,5 раза, по никелю в 2 раза, по кобальту в 2,5 раза.

Площадь карьерно–отвалных земель Гайского ГОК составляет 849 га, в том числе отвалами занято 627 га и карьерами 22 га. Площадь поверхности отвалов составляет 570 га, остальное приходится на откосы отвалов.

Распределение тяжелых металлов в пределах Гайской аномалии соответствует закономерностям формирования парадинамических ландшафтно–геохимических систем [49, 21], привязанных к элювиально–аккумулятивным уровням (рисунок 29–32). На основе методов кластеризации, основанных на объективной группировке цифровых показателей концентрации тяжелых металлов в отдельные кластеры, получены ландшафтно–геохимические уровни, характеризующиеся общими особенностями концентрации тяжелых металлов (рисунок 33).

Элювиальная фация элементарного геохимического состава техногеосистемы формируется в пределах Гайской геохимической аномалии на уровне 372–385 м и включает водораздельные пространства. Геохимический класс

данного уровня – цинково–свинцовый (Zn 4,4 мг/кг, Pb 1,8 мг/кг). При этом на цинк приходится 50% от общего содержания семи анализированных элементов, а на свинец – 20% (рисунок 34А).

Трансэлювиальная фация охватывает приводораздельные склоны и представлена гипсометрически выдержанным на высоте 357–362 м уровнем. Геохимический класс здесь сложнее – цинково–свинцово–хромовый (Zn 1,2 мг/кг, Pb 1,1 мг/кг, Cr 0,8 мг/кг). При этом на цинк приходится 28% общей валовой концентрации, на свинец – 26%, на хром – 19% (рисунок 34 Б).

Трансэлювиально–аккумулятивная фация включает преимущественно склоновые отложения, расположенные на гипсометрическом уровне 346–352 м. Геохимический класс данного элементарного техногеосистемы изменяется на цинково–свинцово–никелевый (Zn 0,9 мг/кг, Pb 0,8 мг/кг, Ni 0,7 мг/кг). Распределение тяжелых металлов следующее: цинк – 27%, свинец – 24%, никель – 21% (рисунок 34 В).

Трансаккумулятивная фация охватывает нижние части склонов, сложенные педиментами, и расположена на уровне 332–337 м. Геохимический класс свинцово–хромовый (Pb 1,0 мг/кг; Cr 0,7 мг/кг). При этом долевое участие типоморфных элементов следующее: свинец – 32%, хром – 22% (рисунок 34 Г).

Супераквальная фация включает днища балок и оврагов с абсолютными отметками 330–328 м. Геохимический класс цинково–медно–никелевый (Zn 0,1 мг/кг; Cu 0,05 мг/кг; Ni 0,05 мг/кг). Соотношение преобладающих элементов следующее: цинк – 31%, медь и никель по 21% (рисунок 34 Д).

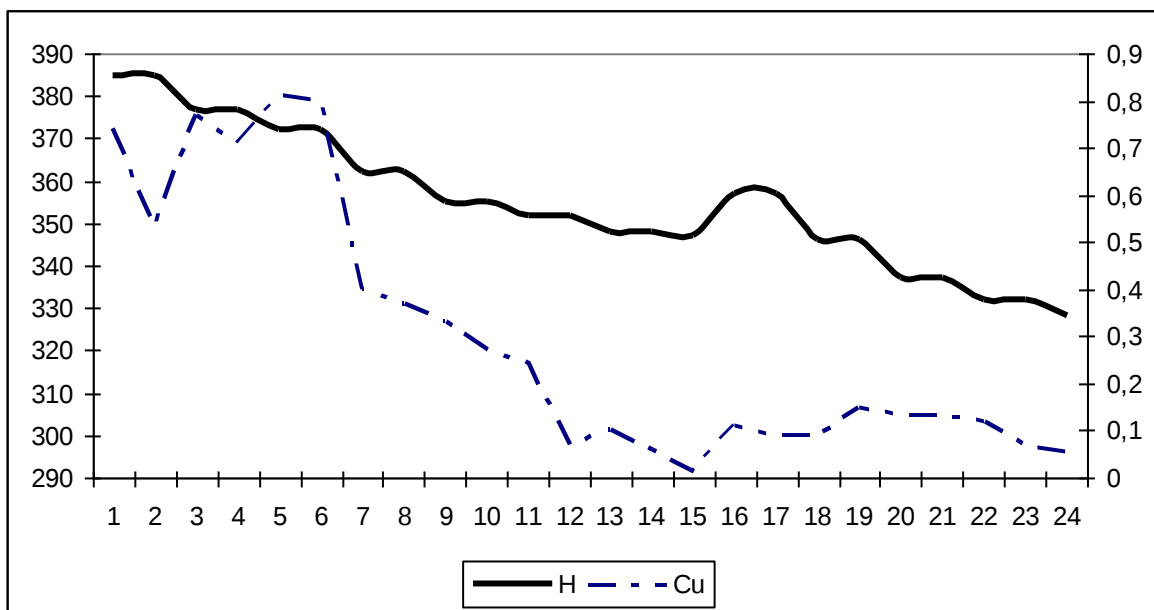


Рисунок 29 - Изменение концентрации меди в зависимости от гипсометрических уровней (Н) (ось Х слева в метрах, ось Х справа в мкг/л)

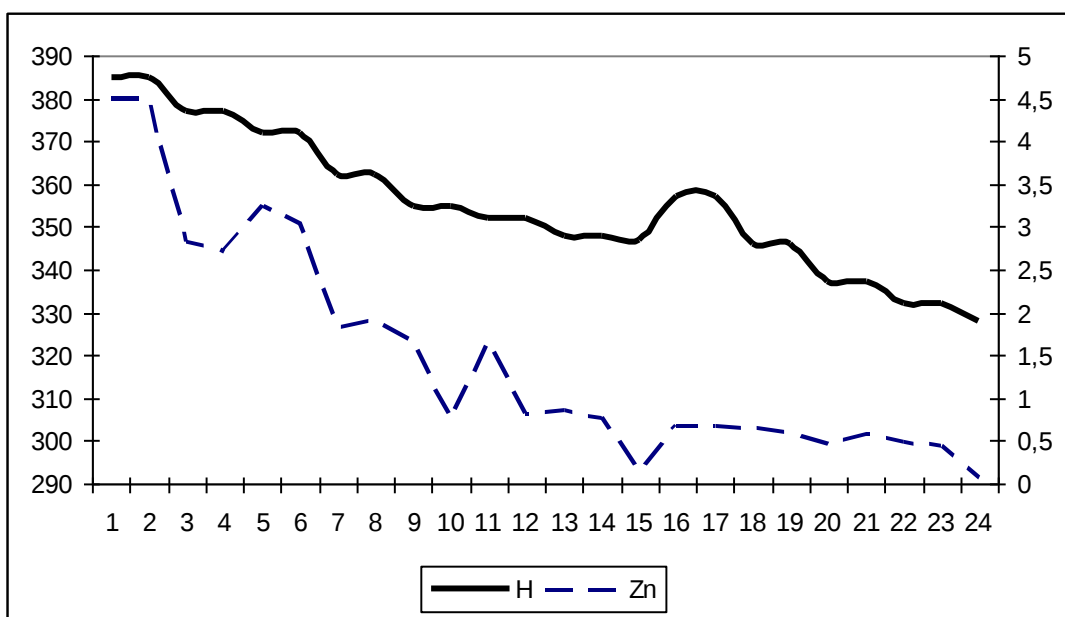


Рисунок 30 - Изменение концентрации цинка в зависимости от гипсометрических уровней (ось Х слева в метрах, ось Х справа в мкг/л)

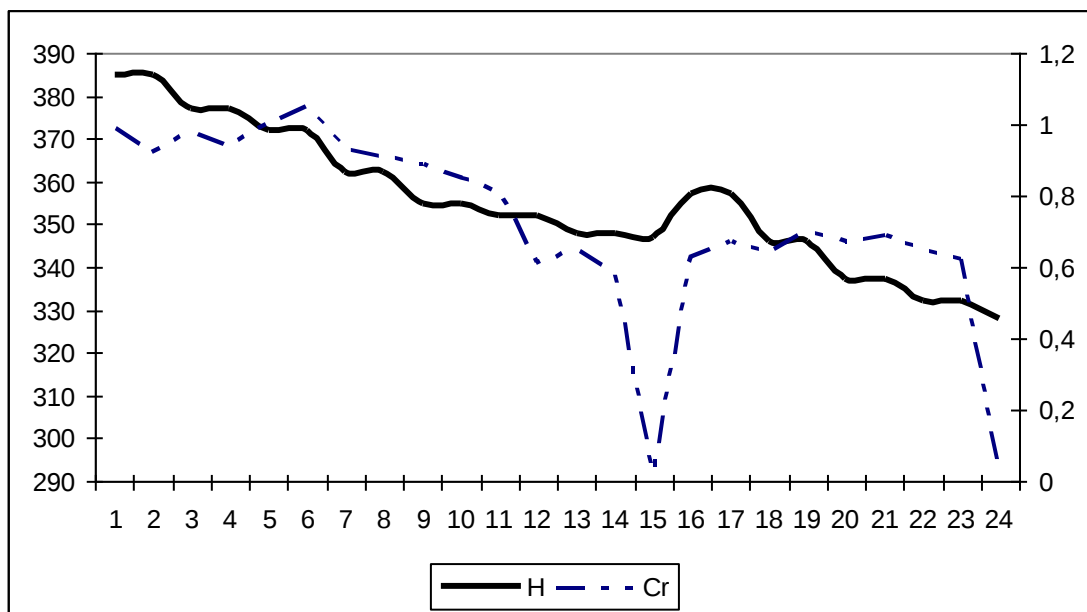


Рисунок 31 - Изменение концентрации хрома в зависимости от гипсометрических уровней (ось X слева в метрах, ось X справа в мкг/л)

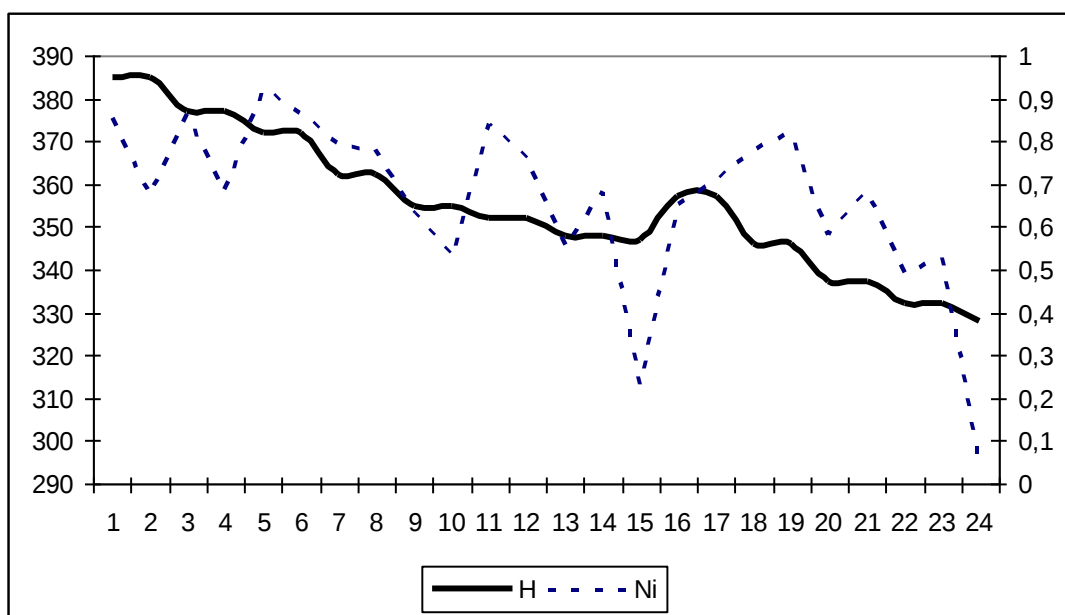


Рисунок 32 - Изменение концентрации никеля в зависимости от гипсометрических уровней (ось X слева в метрах, ось X справа в мкг/л)

Variable	Correlations (таблица ряда2) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=11 (Casewise deletion of missing data)								
	Cu	Mn	Zn	Co	Cd	Ni	Pb	Cr	H
Cu	1,00	0,07	0,77	-0,10	0,12	-0,11	0,19	0,12	0,15
Mn	0,07	1,00	0,26	0,61	0,87	0,77	0,85	0,87	-0,16
Zn	0,77	0,26	1,00	0,06	0,32	-0,29	0,48	0,20	-0,10
Co	-0,10	0,61	0,06	1,00	0,72	0,49	0,70	0,82	0,37
Cd	0,12	0,87	0,32	0,72	1,00	0,61	0,92	0,93	0,11
Ni	-0,11	0,77	-0,29	0,49	0,61	1,00	0,48	0,75	0,09
Pb	0,19	0,85	0,48	0,70	0,92	0,48	1,00	0,89	-0,09
Cr	0,12	0,87	0,20	0,82	0,93	0,75	0,89	1,00	0,23
H	0,15	-0,16	-0,10	0,37	0,11	0,09	-0,09	0,23	1,00

Рисунок 33 - Корреляционные соотношения концентраций тяжелых металлов и высоты местности (цветом выделены кластеры сопряженных тяжелых металлов)

Основное количество сточных вод на территории Гайского месторождения связано с деятельностью расположенного здесь обогатительного комбината, т.е. формирование техногенных сточных вод связано преимущественно с западной частью месторождения, в то время как подотвальные глубоко метаморфизованные и одновременно ограниченно распространенные (локализованные) подземные воды связны с восточной частью – там, где расположены Гайские карьеры. Кроме того, источниками загрязнения являются здесь ТЭЦ, завод обработки цветных металлов, завод «Электропреобразователь» и др. Твердые и жидкие отходы сбрасываются в хвостохранилища – шламоотстойный пруд кислых вод и пруд щелочных вод; жидкие промстоки поступают в специальные пруды – испаритель и накопитель. Конечный пункт сброса всех сточных вод – ручей Ташкут и его приток Ялонгаз, откуда загрязненные воды стекают в реку Сухую Губерлю. Кроме указанных источников загрязнения нужно еще учесть птицефабрику, различные фермы, животноводческие комплексы, орошаемые земли, сады – огороды и др.

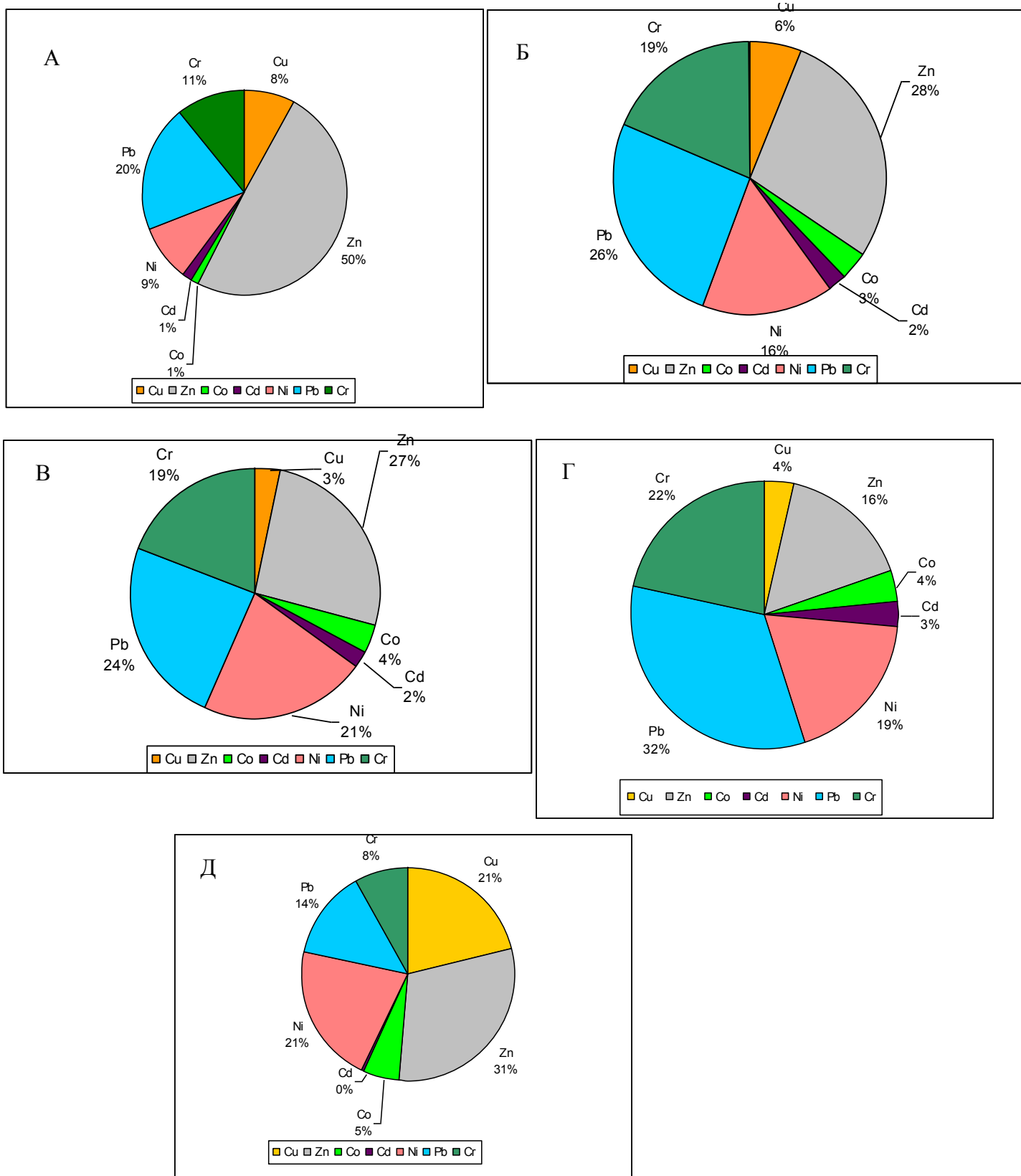


Рисунок 34 - Соотношение содержания тяжелых металлов в зоне воздействия Гайгоского ГОК

Анализ химического состава сточных и природных вод, прилегающих к Гайскому ГОК, показал, что концентрации определяемых ингредиентов ниже предельно-допустимых величин для вод, используемых для хозяйственных целей и орошения. Содержание элементов в открытых водоисточниках, расположенных ниже источника загрязнения, значительно выше чем в пунктах, находящихся сверху по течению реки. Особо следует отметить увеличение концентрации меди, цинка, железа, кальция, магния, сульфатов. В конечном счёте минерализация в реках Ялангас и Сухая Губерля поднялась почти в 2 раза. Как показали результаты изучения режима на территории предприятий ГОК и прилегающих землях в глинах и суглинистых отложениях сформировался единый техногенно-природный горизонт грунтовых вод, который постепенно приблизился к дневной поверхности и залегает на глубинах 0,5–8 м. В районе отвалов также образовался техногенный горизонт с участием грунтовых вод, дренируемый карьерами в полосе шириной до 1 км. Режим уровня подчинён климатическим факторам. 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. Наблюдательная сеть, в основном, решает внутрипроизводственные задачи, 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.

Объект опосредованного влияния сточных вод техногеосистемы Гайского месторождения – река Сухая Губерля, загрязнение которой происходит через ручей Ташкут, протекающий севернее месторождения. В верхнем течении Сухой Губерли до впадения ручья Ташкут концентрация как анионов, так и тяжелых металлов следующая: Cl^- – 360–390 мг/л, SO_4^{2-} – 140–170 мг/л, Cu – 0,02–0,03, Zn – 0,06–0,07, Fe – 0,6–0,7, нефтепродукты – 0,1–0,15 мг/л. Все эти показатели превышают ПДК. Ниже по течению, после впадения ручья Ташкут, содержание катионов и тяжелых металлов снижается, но остается выше ПДК. Количество сульфатов в воде изменяется (вниз по течению) от 740–800 (сразу за

впадением ручья) до 350–400 мг/л, концентрация хлоридов в отдельных пунктах составляет 350–370, Cu – 0,006–0,09, Zn – 0,06–0,22, Fe – 0,33–2,34, нефтепродукты – 0,084–0,103 мг/л.

Очевидно, что эколого–гидрогеохимическое состояние гидрографической сети в зоне техногеосистемы месторождения (в т.ч. реки Сухой Губерли) связана с техногенезом [66]. В то же время следует учитывать, что вниз по течению в воде уменьшаются минерализация, содержание сульфатов, хлоридов и тяжелых металлов в результате инфильтрации в речной ил и береговые отложения, что свидетельствует о самоочищении рек и ручьев, и увеличивается абсолютное содержание и относительное значение магния, источником которых являются открывающиеся в руслах источники природных подземных вод. Таким образом, химический состав рек зоны гидрохимического ореола Гайской техногеосистемы формируется под воздействием, как техногенных процессов, так и природных факторов, снижающих концентрацию технофильных веществ.

Почвы и илы наиболее интенсивно загрязнены в районе Гайского месторождения, особенно в северной его части, что связано с рудодобычей и рудопереработкой. Главными загрязнителями служат сульфаты, в водных вытяжках их 2–2,5 г/л, в меньшей мере – хлориды – 1–1,2 г/л, из металлов – Cu, Zn и Mn.

Таким образом, в районе Гайского месторождения большую опасность представляют загрязненные почвы (грунты), илы и техногенные осадки. Весьма опасны SO_4^{2-} и Cl^- , так как они могут мигрировать на большие расстояния, загрязнять поверхностные и подземные воды, превращая их в непригодные для практического использования. Металлы имеют гораздо меньшую дальность миграции (из-за большого влияния на них pH среды). Однако, накапливаясь в почвах, они ухудшают условия проживания населения.

Все средние и малые реки служат местом или непосредственного сброса сточных вод, или опосредованного – через другие водотоки. Такие речки, как Колпачка, Елшанка, Дунайка и ручей Ташкут, уже превращены в сточные каналы. Особенно это касается речек, находящихся в сфере влияния Гайского промышленного узла (Колпачки, Елшанки, ручья Ташкута).

Анализ концентрации тяжелых металлов в техногеосистеме Гайского медноколчеданного месторождения показывает наличие крупных геохимических градиентов между вершинами отвалов, околоотвальными участками и прилегающими к отвалам территориями. Анализ почвенных образцов на южном отвале Гайского ГОК, примыкающему к карьеру № 2, показал, что разница в концентрации цинка между вершиной отвала и откоотвальной территорией составляет 20–40 раз! Изменчивость концентрации меди несколько иная. Ее содержание в почвах и грунтах изменяется от 66–128 мг/кг на околоотвальных участках до 29–84 мг/кг на вершине отвала, но в целом совпадает с поведением цинка. Небольшие относительно других тяжелых металлов концентрации свинца в техногеосистеме Гайского месторождения определяют отличия в его динамике концентрации в почвах этого металла. На вершине отвала его содержание составляет 3–7 мг/кг, на околоотвальной территории достигает 7–22 мг/кг, т.е. при повышении содержания резкого скачка не отмечается.

Причиной столь существенных различий между вершинами отвалов и околоотвальными участками является вымывание тяжелых металлов вследствие фильтрации атмосферных вод через толщу отвальных вод и аккумуляцию цинка, меди и отчасти свинца в пределах околоотвальных участков. Характерно, что влияние отвалов на прилегающую территорию резко снижается на расстоянии 150–500 м. В частности зафиксировано снижение содержания цинка в почвенных образцах со 156 мг/кг на околоотвальном участке с полынно-бурьянистой растительностью до 26 мг/кг на пашне, отстоящей от отвала на 400 м.

Сравнивая соотношение содержания двух типоморфных для горно-технических техногеосистем медноколчеданных месторождений химических элементов в почвах и поверхностных водах – меди и цинка, следует отметить, что на вершине отвала Гайского месторождения их соотношение составляет 1:2 – 1:7 с преобладанием меди, в карьере № 2 также преобладает медь в соотношении 1:4, на околоотвальных участках отмечается их соотношение 1:2 – 1:8 в

пользу цинка. На территории, прилегающей к горно–технической техногеосистеме, их соотношение примерно равное.

Таким образом, отличительными особенностями техногеосистемы Гайского месторождения (рисунок 35) являются существенные различия между элювиальным и аккумулятивным уровнями, а также резкая выраженность границ техногеосистем, сформировавшихся вследствие горных разработок.

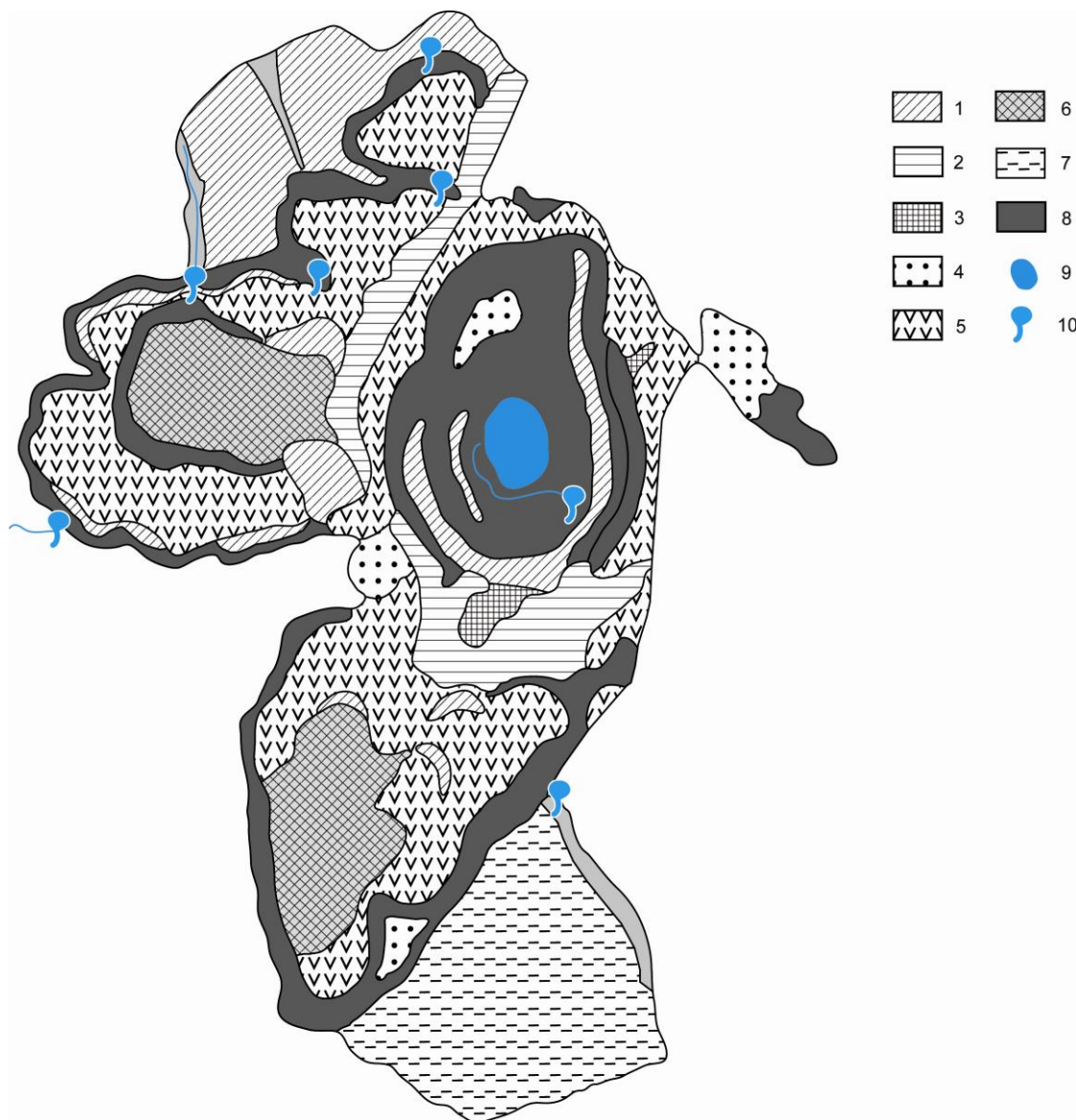


Условные обозначения: 1 – березово–осиновые куртины и колки; 2 – полынно–бурьянистые сообщества; 3 – пионерная растительность; 4 – петрофитно–полынные сообщества; 5 – техногенные свалки; 6 – направления эрозионного смыва; 7 – техногенные ручьи и карьерные озера; 8 – техногенные родники; 9 – лесополосы, созданные при рекультивации.

Рисунок 35 - Пространственная модель техногеосистемы Гайского медно-колчеданного месторождения.

Для горно–технической техногеосистемы Блявинского месторождения (рисунок 36) характерна более простая схема градиентного распределения концентрации тяжелых металлов. С одной стороны границы техногеосистемы от-

четливо прослеживаются по резкому снижению содержания тяжелых металлов от 209–415 мг/кг меди в карьере и 269–1394 мг/кг в отвалах до 183–325 мг/кг на околоотвальных территориях и 60–80 мг/кг на участках, прилегающих к Блявинской горно–технической техногеосистеме.



Условные обозначения: 1 – березово–осиновые куртины и колки; 2 – полинно–бурьянистые сообщества; 3 – байрачные (осиново–ивовые) заросли; 4 – пионерная растительность; 5 – петрофитно–бурьянистые сообщества; 6 – техногенные свалки; 7 – петрофитно–злаковые сообщества; 8 – склоны отвалов и карьеры; 9 – карьерное озеро; 10 – техногенные родники.

Рисунок 36 - Пространственная модель техногеосистемы Блявинского медноколчеданного месторождения

Максимальная глубина озера в Блявинском карьере, выявленная с помощью электронного эхолота, составляет 46 метров. Воду отбирали с горизонтов

1, 4, 8, 14, 18, 26, 32 и 42 метра. Концентрация Cu с глубиной увеличивается от 101050 до 227665 мкг/л. С Zn та же ситуация: повышение концентрации с глубиной от 99845 до 178300 мкг/л. [58, 68].

Особенностью горно–технических техногеосистем Гайского и Блявинского медноколчеданных месторождений является формирование техногенных родников, формирующихся в результате дренирования отвальных пород. На Блявинском месторождении техногенные родники, выходящие около западного отвала, не являются частью гидродинамического комплекса горно–технической техногеосистемы, а относятся к эрозионной сети техногеосистемы, прилегающей к месторождению. Это обусловлено особенностями геоморфологического размещения техногенной геосистемы, периферийные элементы которой расположены на изрезанных эрозионными формами склонах высоко приподнятого плато. Техногенные родники техногеосистемы Гайского месторождения, выходящие у подножия южного отвала карьера № 2, и поскольку месторождение расположено целиком на обширном плато, дают начало отвальным ручьям, расположенным по периферии техногеосистемы, и таким образом, являются частью гидродинамической системы горно–технического геокомплекса.

На горно–технической техногеосистеме Яман–Касинского месторождения прослеживается иная тенденция – повышение концентрации тяжелых металлов с севера на юг в соответствии с общим снижением высоты поверхности и направлением естественных путей миграции химических элементов. В частотности, на околоотвальном пространстве к северу от месторождения концентрация цинка колеблется в пределах 28–68 мг/кг, а к юго–востоку она составляет 98–644 мг/кг. Распределение содержания меди в почвах на Яман–Касинском месторождении в целом коррелирует с содержанием цинка и составляет в северном секторе околоотвального участка 37–124 мг/кг, а в южном секторе – 60–293 мг/кг.

В данном случае техногенный ландшафт вписан в систему сложившихся взаимодействий природной геосистемы и в результате чего его геополя дефор-

мированы в направлении общего для ландшафтного района перемещения химических веществ.

Наряду со сложившимися горно–техническими техногеосистемами Блявинского, Гайского, Яман–Касинского медноколчеданных месторождений в результате освоения в последнее десятилетия новых месторождений на востоке Оренбургской области формируются техногенные техногеосистемы Летнего и Осеннего месторождений. Их главное отличие от выше охарактеризованных техногеосистем состоит в значительно более низких концентрациях тяжелых металлов и как следствие – слабом проявлении геохимических полей и градиентов концентрации.

Летнее месторождение относится к Домбаровскому рудному району и располагается на окраине Магнитогорского мегасинклинория в пределах ограниченной сбросами Чиликтинской вулканической депрессии (2 x 4 км). Рудовмещающей толщей служат порфировые базальты киембаевской свиты, включающие 4 небольших рудных тела мощностью 20–40м. Надрудная толща представлена туфовыми песчаниками, алевролитами и туфами плагиоклазовых базальтов, подрудная – парасланцами. Околорудные породы не содержат сульфидов. Оруденение в основном сплошное (91%) при содержании Cu – 3,32%, Zn – 1,29 %, S – 40,47%.

Ореолы медноколчеданных месторождений домбаровского типа, к которым относится и Летнее, отличаются большим своеобразием. По размерам они сопоставимы с рудными залежами, близки им или немного превышают их, но только в 2–3 раза. Они, как правило, имеют низкую интенсивность и характеризуются резко подчиненным распространением Pb, Ba, As и относительно высоким Co. На Летнем месторождении мощность субсогласного геохимического ореола над рудным телом 5м, под рудной залежью – до 30 м. Вертикальная зональность ореола имеет следующий вид (снизу вверх): кобальт, медь, цинк, молибден, свинец, серебро.

Летнее месторождение эксплуатируется с 2000 г открытым способом. На площади месторождения развит ниже–среднедевонный водоносный горизонт с трещинными водами грунтового типа на глубине 0,5–19,0 м мощности. Поток

подземных вод направлен к р. Камсак с уклоном 0,007. Воды пресные минерализацией 0,5–0,9 г/л, с глубиной возрастает до 1,5–2,3 г/л, Из анионов преобладает гидрокарбонат–ион, а также высоко содержание хлорид–иона, из катионов преобладает натрий. Железа содержится до 15,6 мг/дм³, меди – до 0,5 мг/дм³, цинка – до 0,4 мг/дм³. Обводненность пород низкая, дебиты скважин 0,46–0,65 л/с, коэффициент фильтрации в среднем 0.06 м/сут. Водоприток в карьер глубиной 165 м прогнозируется от 4,5 до 14,0 л/с.

Как и на Гайском, так и на Летнем медноколчеданном месторождении основным источником загрязнения окружающей среды являются отвалы пустых пород и некондиционных (пустых) руд. На Гайском месторождении при инфильтрации через них атмосферных осадков сульфиды окисляются, обогащая подземные воды сульфатами, серной кислотой, железом, алюминием, медью, цинком, которые скапливаются в подотвальном техногенном горизонте подземных (подотвальных) вод [66]. При окислении пирита, сфалерита, халькопирита образуется серная кислота, которая растворяет и разрушает рудосодержащие и некондиционные породы, насыщая техногенные воды, кроме того, кальцием, магнием, тяжелыми металлами. За счет этого минерализация подземных вод возрастает до 25–40 г/л, они становятся сильноокислыми (рН 2,0–3,5), железистыми и ультрасульфатными. По химическому составу подотвальные воды обычно относятся к сульфатно – железистыми. Образование серной кислоты связано с поступлением в отвалы рудного материала, особенно пирита.

На Летнем месторождении подотвальные воды остаются нейтральными или слабо – щелочными, что подтверждается результатами мониторинга. Возможно, после более длительной эксплуатации месторождения они станут слабо – кислыми. В этом отношении карьерные и подотвальные воды Летнего месторождения существенно отличаются от Гайского, где сильно – кислые воды агрессивны и являются основным фактором формирования глубоко измененной техногеосистемы. Очистка подотвальных, карьерных и дождевых сточных вод в прудах–накопителях и головном пруде Летнего месторождения доводит содержание в них металлов и других загрязнителей до уровня природных вод. Выше изложенные выводы свиде-

тельствуют о том, что геологические и геохимические особенности месторождения, как и других месторождений Домбаровской группы существенно снижают возможность возникновения мощных горизонтов техногенных вод, а, следовательно, формирующаяся техногеосистема останется сбалансированной и в настоящее время, как и в дальнейшем будет оказывать небольшое воздействие на прилегающие техногеосистемы. В связи с этим экологическая обстановка останется нормальной и контролируемой.

Месторождения Домбаровской группы (Летнее, Осеннее и др.) характеризуются более четкими границами рудных тел, отсутствием некондиционных руд, вследствие чего в отвалы поступает пустая порода, которая не влияет на изменение геохимической и экологической обстановки. Концентрации загрязняющих примесей (S, Fe, Cu, Zn, Co, Pb, As, Ni) в пустых породах ничтожно малы, близки к природным кларковым значениям и не могут влиять на естественный фон окружающей среды.

В техногеосистеме Летнего месторождения содержание цинка в почве в целом мало отличается от фонового и составляет 6–8 мг/кг, повышаясь до 26 мг/кг на водоразделе. В содержании меди при фоновых концентрациях 5–23 мг/кг на околоотвальном участке к юго–западу от карьера зафиксирована геохимическая аномалия – 326 мг/кг. В целом, разработка рудного сырья еще не успела оказать существенного воздействия на прилегающую территорию и поверхностные воды – концентрация тяжелых металлов в ручье Чиликта и в р.Камсак близки к фоновым. Распределение геохимических полей тяжелых металлов на Осеннем месторождении с точностью повторяет их структуру на Летнем. Содержание цинка низкое – 4–15 мг/кг и не обнаруживает каких–либо скачков. Поразительно, что как и на Летнем месторождении на фоне невысоких концентраций меди (3–6 мг/кг) ярко выражено аномальное содержание этого элемента к юго–востоку от одного из отвалов. Однако, в целом, недавняя разработка месторождения еще не привела к коренному преобразованию природно–антропогенной техногеосистемы. Еще одним фактором, снижающим глубину процессов техногенеза на медноколчеданных месторождениях Домбаровской

группы (Летнее, Осеннее и др.), являются небольшие размеры, компактность и четкая очерченность рудных тел, отсутствие мощных залежей обедненных пород, вследствие чего отвалы сложены почти исключительно вскрышными породами, которые не приводят к формированию мощных горизонтов техногенных сульфатно–железистых вод, которые являются основным фактором геохимической и геоэкологической трансформации техногеосистемы. Концентрация загрязняющих примесей (S, Fe, Cu, Zn, Co, Pb, As, Ni) в пустых породах сравнима с их природными кларковыми концентрациями и не может влиять на формирование техногенных ореолов вокруг медноколчеданного месторождения.

В условиях, аналогичных Летнему месторождению, расположено также Джусинское колчеданное месторождение (рис. 37), приуроченное к восточному крылу Магнитогорского синклинория. Морфологически эта территория представляет собой расчлененную равнину, местами переходящую в мелкосопочник. С восточной и южной части месторождения протекает река Джуса. Само месторождение расположено непосредственно на правом берегу реки Джусы в пределах второй надпойменной террасы. Ширина долины реки Джусы в районе месторождения изменяется от 500–600 м до 800–1000 м.

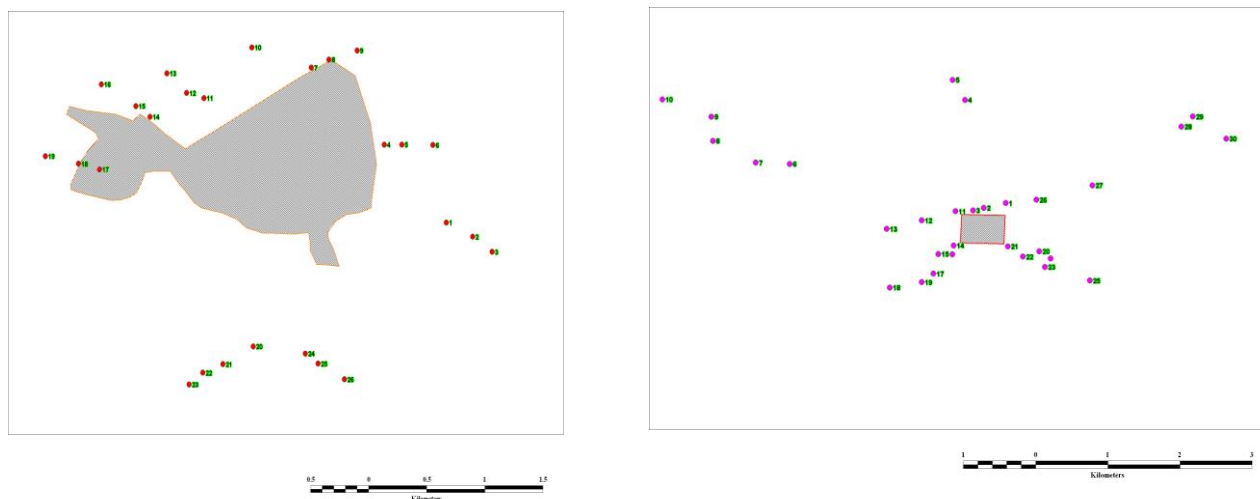


Рисунок 37 - Схемы отбора проб на Летнем и Джусинском медно–колчеданных месторождениях

В пределах месторождения и его ближайшем окружении развито две толщи пород различных по своим воднофизическим свойствам и содержащимся в них водоносным комплексам: толща рыхлых аллювиальных отложений четвер-

тичного возраста содержит водоносный горизонт грунтово–поровых вод и толща палеозойских пород, содержащих водоносный комплекс грунтово–трещинного типа. Аллювиальный водоносный горизонт развит по долине реки Джусы и вытянут узкой полосой вдоль ее русла. Мощность водоносного горизонта от 1,0 до 9,0 м. Аллювиальные отложения характеризуются довольно неравномерной обводненностью, что вызвано различной степенью их отсортированности.

Ореолы месторождений баймакского типа, к которым относится Джусинское медноколчеданное месторождение и месторождение Барсучий Лог, в соответствии со спецификой вещественного состава их руд, отличаются от ореолов месторождений уральского в основном по составу: в них резко возрастает доля свинца ($>Cu$) и бария, серебра ($>Co, Mo$). Подобно ореолам уральских месторождений они характеризуются большим диапазоном условий локализации, размеров, форм и строения. Слабо деформированные месторождения баймакского типа по масштабам проявления надрудных ореолов разделяются также на две группы: с весьма локальными надрудными ореолами (Барсучий Лог) и с их широким развитием (Джусинское). В ореолах интенсивно деформированных крутопадающих месторождений (Джусинское) сохраняются черты первичной поперечной и продольной зональности. Последовательность распределения элементов в рядах зональности соответствует стандартной.

Анализ современной эколого–геохимической ситуации на Джусинском месторождении показывает, что в размеры геохимических ореолов на нем сравнимы с теми, которые развиты на Летнем (рисунок 38–41).

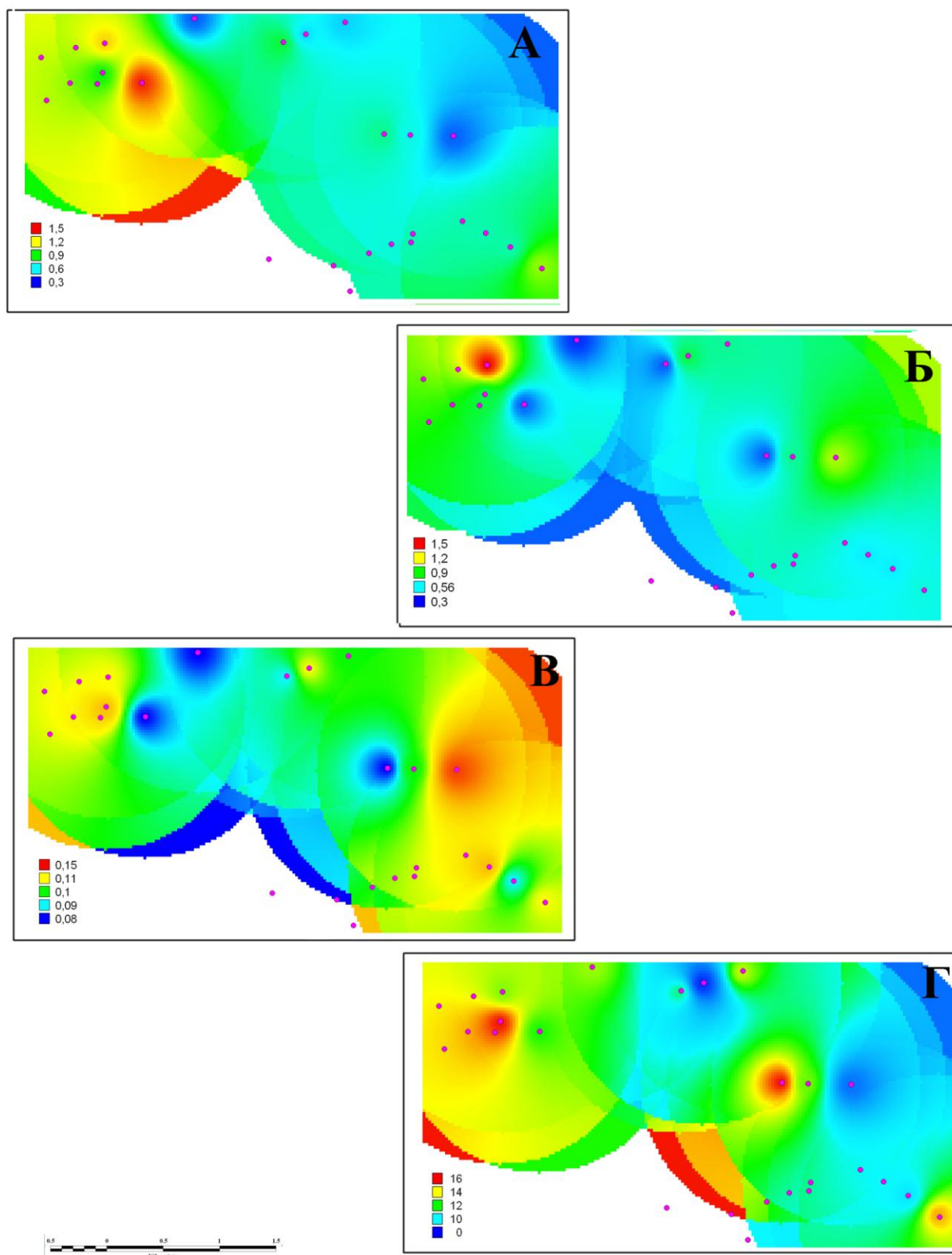


Рисунок 38 - Схемы концентрации меди (А), цинка (Б), кобальта (В) и марганца (Г) в почвах на Летнем месторождении

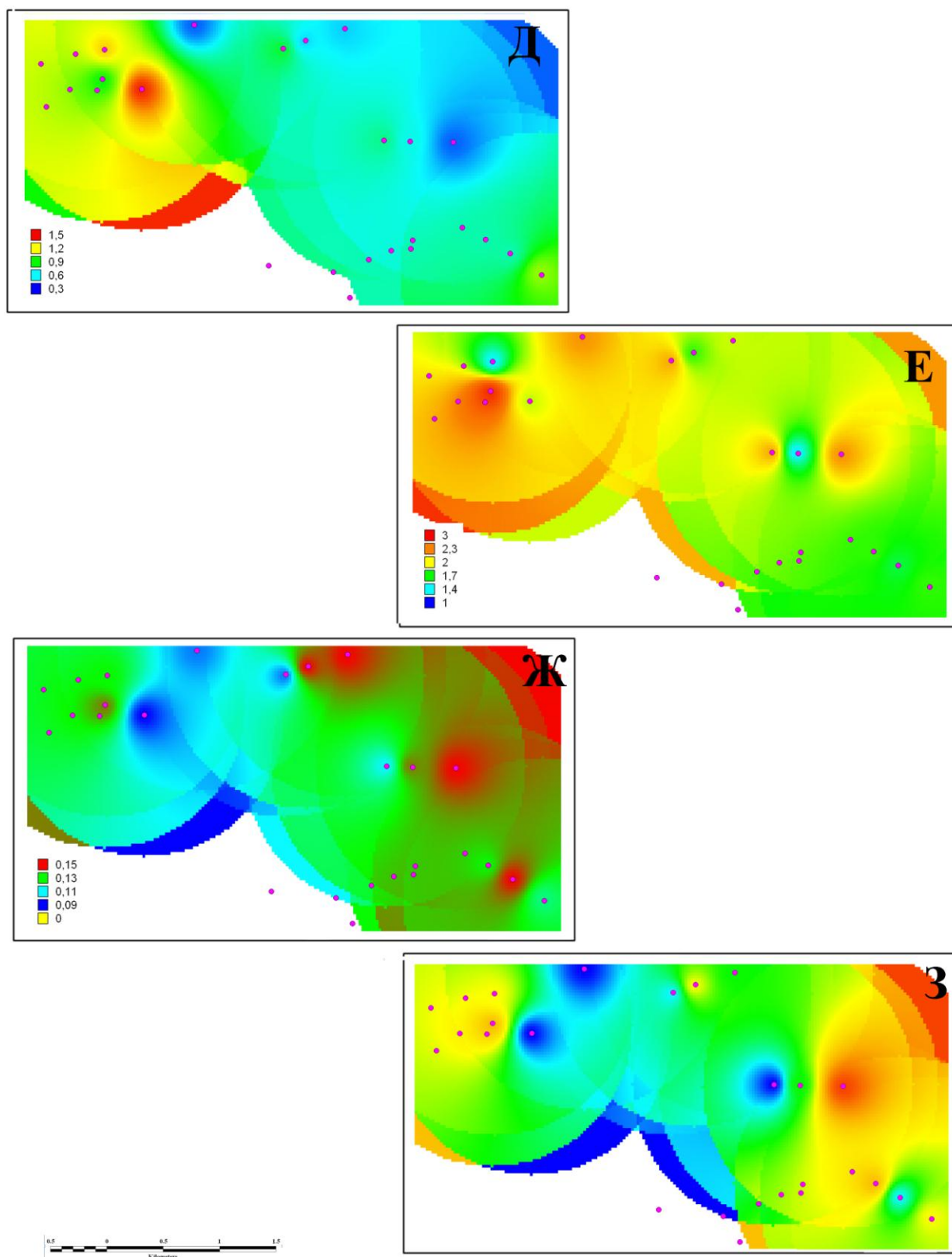


Рисунок 39 - Схемы концентрации никеля (Д), свинца (Е), кадмия (Ж) и хрома (З) в почвах на Летнем месторождении

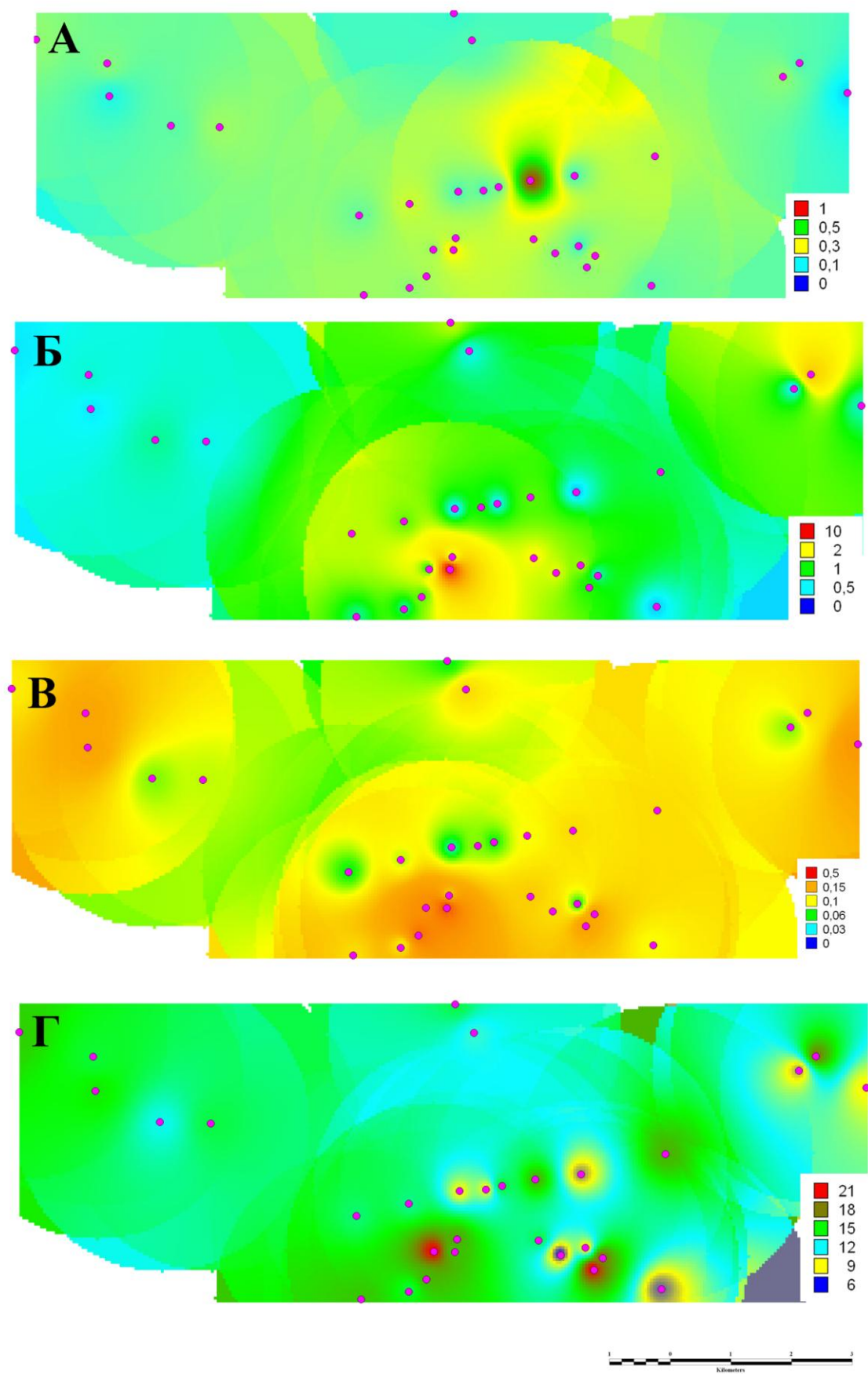


Рисунок 40 - Схемы концентрации меди (А), цинка (Б), кобальта (В) и марганца (Г) в почвах на Джусинском месторождении

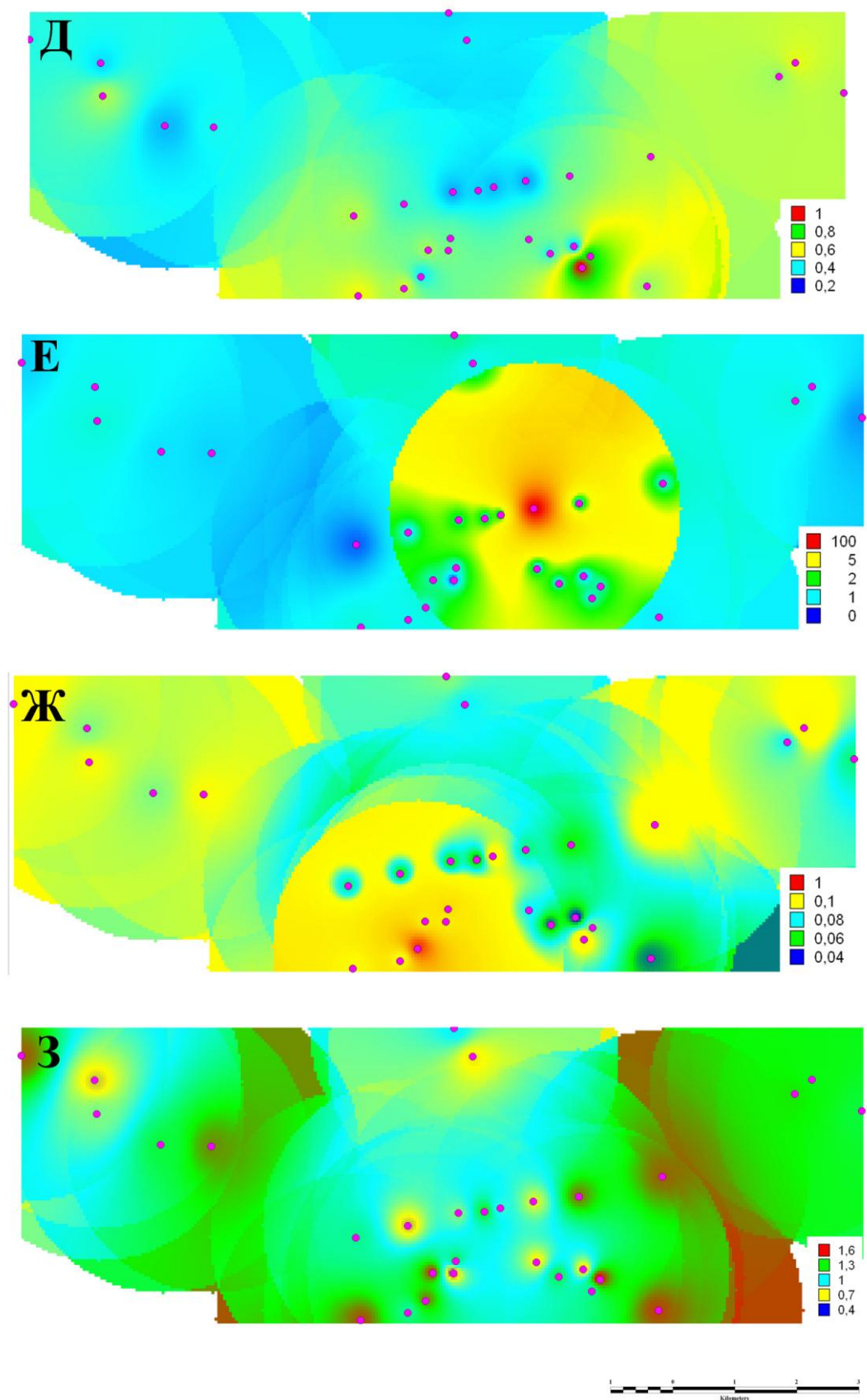


Рисунок 41 - Схемы концентрации никеля (Д), свинца (Е), кадмия (Ж) и хрома (З) в почвах на Джусинском месторождении

3.2 Оценка динамики восстановительных процессов и эффективности рекультивации техногеосистем медно–колчеданных месторождений Южного Урала

Согласно классификации техногеосистем (ТГС) медноколчеданных месторождений [51] исследуемые участки нами распределены по трем типам преобразованности рельефа под действием техногенных процессов и формированию новых форм поверхностей и их воздействия на соседние геосистемы (степень гипотехноморфогенеза и гипертехноморфогенеза, объемы отвалов и площади растительных сообществ) (таблица 15): *регенерирующие* (восстанавливающиеся), *стагнирующие* (статичные – выраженные в нулевых или незначительных темпах изменения), *деструктирующие* (нарушение процесса протекания этапов первичной сукцессии).

Таблица 15 - Оценка количественных показателей и типизация техногеосистем медноколчеданных месторождений

Месторождение	Блявинское	Барсучий Лог	Гайское	Джусинское
Срок эксплуатации (лет)	разрабатывалось >50	разрабатывалось >20	разрабатывается >50	разрабатывается >12
Степень гипотехноморфогенеза (глубина, м)	~300	170	>400	285
Геохимический состав рудного сырья	Cu, Au, Zn, Pb, S, Au, Se, Ag, Te, In, Ga, Cd, Ge, Tl	Cu, Au, Zn, Pb, S, Au, Se, Ag, Te, In, Ga, Cd	Cu, Au, Zn, Pb, S, Au, Se, Ag, Te, In, Ga, Cd, Co	Cu, Zn, Se, Tl, Te, Ba, Pb, Au, Cd, Ag
Степень гипертехноморфогенеза (высота, м)	35	20–45	40–65	36
Объем отвалов с вскрышными и околорудными породами (млн.м ³)	>60	11,6	>461	>30
Изменение площади покрытия вегетирующей растительностью, в % за период с 2008 по 2010 гг.	+10	–10,8	–3,5	–18,9
Площадь карьера (км ²)	0,4	0,3	2,75	0,4
Площадь отвалов (км ²)	1,7	0,65	7,3	1,35
Тип горно–технической геосистемы	регенерирующее	деструктирующее	стагнирующее	деструктирующее

Характерной чертой горно–технических ландшафтов является наличие нескольких геоморфологических уровней, которые образованы в результате разработки карьеров и образования отвалов вскрышных пород и некондиционных руд. Развитие аномальных амплитуд рельефа (таблица 15, рисунок 42) ведет к активизации экзогенных процессов, резко повышает динамичность геосистемы и приведет ее в состояние устойчивого дисбаланса. Контрастность рельефа горно–технических ландшафтов коррелирует с размерами месторождения и особенностями рудного тела. Характерной особенностью всех глубоко преобразованных ландшафтов, связанных с карьерными разработками, является близкое взаиморасположение максимально дистальных по высоте и глубине точек рельефа – карьеров и отвалов [51].

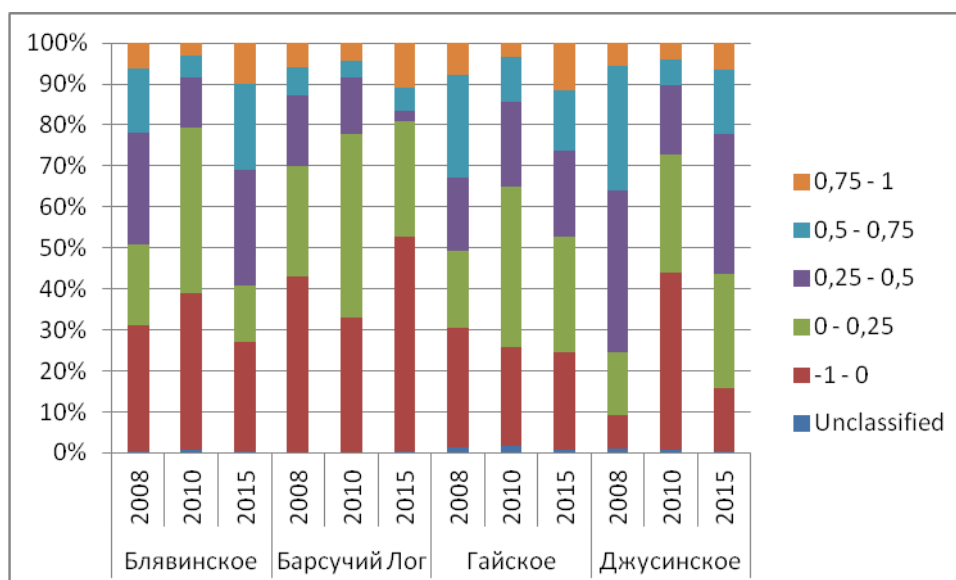


Рисунок 42 - Динамика относительных площадных изменений значений вегетационного индекса NDVI медноколчеданных месторождений Южного Урала

Анализируя построенные ландшафтные профили глубоко–преобразованных техногеосистем Южного Урала (рисунок 42, рисунок 43) на территории Гайского месторождения (отвал карьера № 2) на основе визуальной оценки мультиспектральных изображений отмечены участки со сглаженной и относительно однородной рельефной структурой, что определяется проведенными рекультивационными мероприятиями. Северный отвал карьеров № 1 и

№ 3 по результатам профилирования указывает на интенсивную горно–техническую разработку месторождения.

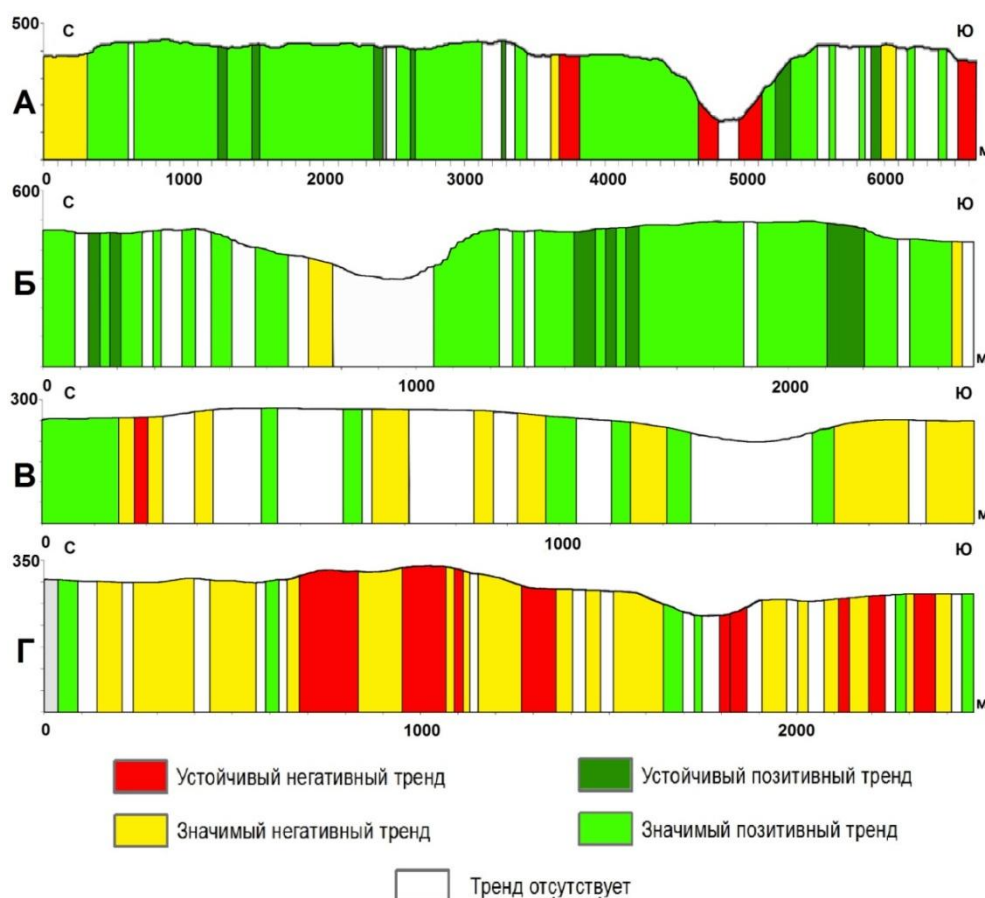


Рисунок 43 - Ландшафтные профили горно–технических геосистем медно–колчеданных месторождений: А –Гайское; Б – Блявинское; В – Барсучий Лог; Г – Джусинское

Космические снимки с месторождений Блявинское и Барсучий Лог на основе визуального интерпретирования позволяют выделить общую рельефную однородность отвалов и коррелируют с природным ландшафтом. Сглаженность форм отвалов Блявинского месторождения с окружающими его ландшафтами обусловлено сроками эксплуатации и воздействием эрозионных процессов, проведение на южном отвале западного борта частичной и слабовыраженной технической и биологической рекультивации. Северный участок представляет собой свалку и слабое наличие естественного зарастания отвала. Площадь карьерного озера на данном участке несколько увеличилась в последние десять лет

за счет естественного притока воды. На участке отвала отработанного месторождения Барсучий Лог визуально выделяются относительно резкие уклоны (более 40°) и возвышения до 45 м. На участке отвала проведена техническая и биологическая рекультивация (не прослеживаются дробные высотные возвышения, естественное зарастание). Угол откоса отработанного карьера – $35,27^\circ$. При анализе ландшафтного профиля разрабатываемого Джусинского месторождения на отвале выделяются отдельные участки складирования вскрышных пород, обрывистые участки по краям отвального участка откосы уступов составляют 38° – на северо–восточном и 43° – на юго–западном бортах карьера.

При оценке цифровых моделей территорий месторождений ситуация соответствует результатам трендов изменения значений вегетационного индекса NDVI в пределах техногеосистем. Процессы зарастания в пределах техногеосистемы Гайского месторождения (рисунок 44), характеризуются, в целом, позитивными тенденциями показателей вегетационного индекса NDVI.

Поверхность южного отвала, в настоящее время законсервированного и рекультивированного, покрыта растительностью (степные злаково–полынные сообщества с посадками карагача), исключение составляют только небольшие участки на южных склонах и в северо–восточной части. Тенденции значений индекса в пределах отвала характеризуются повышающимся градиентом с запада на восток. Позитивные тренды отмечаются по бортам карьера, особенно борту юго–западной экспозиции. Северная часть действующего отвала (карьер № 1) менее подвержена процессам зарастания и отличается более устойчивыми позитивными трендами. Основным фактором является накопление влаги межбортового пространства между уклонами отвала и дренирование отвальных пород атмосферными осадками с общим уклоном в южном направлении, где отвальные воды разгружаются в виде серии техногенных родников и подотвального ручья. На участках отвальных террас отмечаются позитивные тренды в юго–восточной, северо–восточной и северной частях.

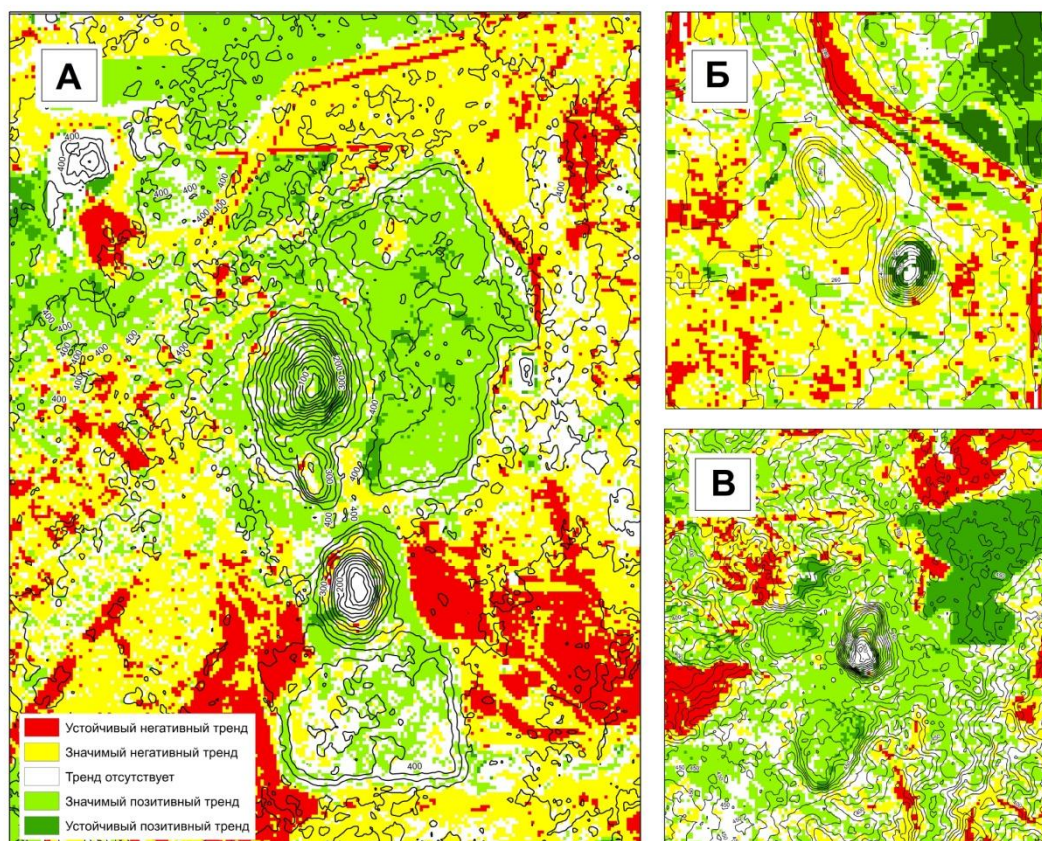


Рисунок 44 - Тренды изменения значений вегетационного индекса NDVI в пределах техногеосистем: А – Гайское; Б – Барсучий Лог; В – Джусинское; Г – Блявинское

В пределах месторождения Барсучий Лог (рисунок 44) наблюдаются процессы самозаращения отвала и верхней части карьера. В отличие от Гайского показатели вегетационного индекса более равномерны и дифференцированы по элементам ТГС. На картосхеме выделены участки со слабой тенденцией к зарастанию бортов отвала. Позитивные значения индекса приурочены к северо-западной части отвала и бортам северо-западной экспозиции карьера. Склоны отвала юго-восточной экспозиции, напротив, испытывают существенное снижение показателей индекса. Значения вегетационных индексов растительных сообществ отвала характеризуются значительной положительной динамикой, в отличие от естественных степных участков. Причиной такого дисбаланса являются высокий уровень увлажнения прилегающих участков отвалов, общим уклоном поверхности месторождения к северу в сторону долины реки Кумак и

миграцией химических элементов на околоотвальное пространство к западу и юго–западу от месторождения.

Джусинское месторождение (рисунок 44), подверженное интенсивным техногенным трансформациям, испытывает наименьшее влияние сукцессионных процессов и активно влияет на прилегающие степные участки. В результате расчета вегетационного индекса выявлены положительные тенденции регенерации техногенного ландшафта (карьер, борт отвала северо– и юго–восточной экспозиций). С западной стороны направленность сукцессионных процессов относительно негативная. Единственная самозарастающая часть отвала приурочена к склону северной экспозиции и сложена глинистыми вскрышными породами.

Картографическая схема направленности и значимости изменений трендов NDVI для участка Блявинского месторождения (рисунок 44) характеризуется как регенерирующий тип ТГС горно–промышленного ландшафта. Сукцессионные процессы в пределах данного участка характеризуются общим позитивным фоном. Практически по всей площади отвалов и бортов карьера наблюдается повышение значений вегетационного индекса NDVI совместно с увеличением на 10% площади покрытой вегетирующей растительностью. Максимальные показатели трендов приурочены к подножию борта отвала северо–западной экспозиции. Причиной высоких значений служат увлажненность территории за счет выхода на поверхность подотвальных вод в виде техногенных родников и ручьев. Вдоль борта южного отвала юго–восточной экспозиции выделяются позитивные тренды зарастания. В северной части отвала – негативные тренды, связанные с продолжающейся урботехногенной нагрузкой в связи с использованием для складирования отходов.

3.3 Оценка потенциального воздействия горно–добывающего производства на городской ландшафт на примере Гайского месторождения

Город Гай расположен в зоне ковыльно–разнотравных степей Южного Урала. Основной морфотип застройки кварталов – прямоугольный (общая площадь урботерритории – 62,14 км²). Селитебная техногеосистема (ТГС) представлена многоэтажной застройкой, одноэтажным сектором с земельными участками, на востоке и юго–востоке выделяются индивидуальные садово–дачные массивы. Особенностью развития урбанизированного пространства города Гая является градообразующий комплекс горно–технического ландшафта – предприятие добывающего комплекса уральской горно–металлургической компании Публичное акционерное общество «Гайский горно–обогатительный комбинат» (ПАО «Гайский ГОК»). Общая площадь промышленной ТГС урбoландшафта – около 1100 га (с учетом хвостохранилища и пруда–охладителя). Площадь карьерно–отвальных земель Гайского ГОКа составляет 849 га, в том числе отвалами занято 627 га и карьерами 22 га. Площадь поверхности отвалов составляет 570 га, остальное приходится на откосы отвалов. Основной геохимической и экологической опасностью является область разрабатывающего медно–колчеданного месторождения, рудное тело которого полностью состоит из легкорастворимых сульфидов различных металлов. Сульфиды выводятся из естественного законсервированного состояния. На глубине они залегают в восстановительной среде, где растворимость их низкая. Но извлеченные на поверхность, попав в окислительные условия, они становятся легкорастворимыми, агрессивными и попадают в поверхностные и грунтовые воды. В отвалах Гайского месторождения формируются купоросные подземные воды и купоросные родники. При добыче колчеданных руд извлекаются окolorудные породы, создаются целые отвальные горы, содержащие токсичные элементы. Это еще более токсичные продукты переработки колчеданных руд (хвосты обога-

щения). Восточнее г. Гая расположены карьер № 1 глубиной до 380 м прилегающими к нему с востока и северо–востока отвалами пустых пород высотой 50–65 м. и прудом–накопителем кислых вод, (в 1 км к северу от пос. Калиновка), а также карьер № 2 с глубиной 300 м с прилегающим к нему с юга отвалом пустых пород и прудом–накопителем кислых вод. Между карьерами находится подземный рудник шахты Южная, а у карьера № 1 – шахт Клетьевая и Эксплуатационная. Значительную площадь занимают искусственные водоемы. В основном это пруды–накопители и пруды – отстойники для очистки сточных вод предприятий Гайского ГОК (пруд кислых вод, пруд осветленных вод, хвостохранилище обогатительной фабрики). В южной части городской территории расположен пруд «Гайские Озеро» на р. Елшанка, который используется для полива индивидуальных садово–дачных участков г. Гай, расположенных в непосредственной близости от рекультивируемого участка отвала и карьера № 2. Для улучшения экологической обстановки в урбогеосистеме предпринята попытка создания лесозащитных полос от воздействия ПАО «Гайский ГОК». Из доклада главы городского округа г. Гая (2011 г.) на «зеленые» зоны приходится 735,42 га насаждений.

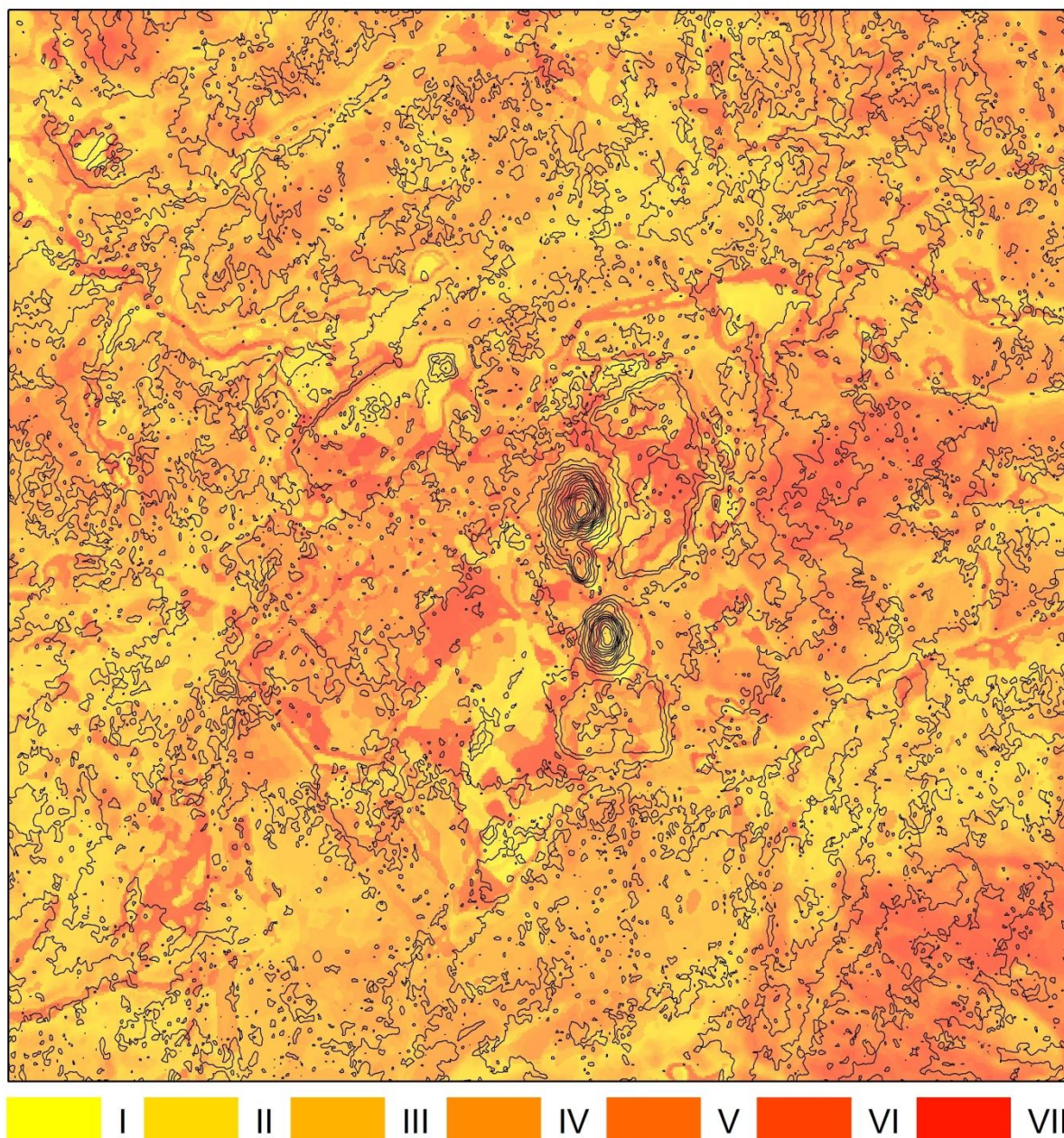
Компактное расположение города, находящегося в зоне воздействия промышленных предприятий, являющимися основными источниками загрязнения воздуха, почвенного покрова, питьевой воды оказывает комплексное воздействие на комфортное проживание горожан. По результатам медико–экологических оценок в структуре заболеваемости населения г. Гай первое место занимают болезни органов дыхания среди всех возрастных групп. Наибольший вклад в формирование индивидуального канцерогенного риска для всего населения города формирует загрязнение атмосферного воздуха – хромом шестивалентным, формальдегидом, мышьяком. Для всего населения популяционный риск дополнительных случаев новообразований в год составляет – 75 случаев для взрослых и 41 случай для детей. По показателю вероятного риска наиболее неблагоприятным для жителей города является прогноз по

болезням нервной системы, аномалиям развития, болезням крови и кроветворных органов [12].

По результатам неконтролируемой классификации IsoData по структуре тепловых зон (аномалий) отмечен высокий процент территорий с высокой (12%), очень высокой (10,4%) и максимально высокой (13,4%) интенсивности теплового излучения для г. Гай, которую можно охарактеризовать как комплексно зональной по показателям интенсивности теплового излучения. Нами при расчете аномальных территорий выделялись классы с максимальными температурами по разновременным изображениям и определена компонента пересечения участков, совпадающих по количественным показателям. По результатам неконтролируемой классификации IsoData выявлены полигоны на основе пространственно–временного распределения интенсивности теплового излучения территории городов (рисунок 45), которые на протяжении всех сезонов характеризуются оптимально стабильной (постоянные устойчивые) и нестабильной (постоянно неустойчивые) площадью, области с постоянной площадью в разных сезонах (временно устойчивые) и повторяющиеся участки, меняющие свой тепловой диапазон по площади и сезонам (временные неустойчивые).

На картографической модели тепловая структура г. Гай по сезонной динамике интенсивности теплового излучения прослеживается дифференциация урбогеосистем (рисунок 46). Четко выделяются следующие антропогенные геосистемы с максимальными температурами: селитебная малоэтажная ТГС (от улицы Промышленной до «Городского парка») – низкий уровень озеленения данной части застроек, гаражные кооперативы, промышленная ТГС – ПАО «Гайский ГОК», нерекультивированные участки отвалов, карьеры и хвостохранилище, садово–дачные индивидуальные массивы, расположенные в непосредственной близости от рекультивируемого участка на юго–западной части урбанизированной территории. Лесозащитные полосы урбогеосистемы располагаются по периферии северо–западной, западной и юго–восточной частях, не оказывая оздоровительного эффекта на микроклимат промышленного города. Рекультивируемый участок карьера является объектом с области средней с умень-

шенными сезонными амплитудами интенсивности теплового излучения. Компактность урбогеосистемы и близость горно–промышленного комплекса (основной источник теплового загрязнения) оказывает в целом негативное влияние на комфортное проживание горожан [6].



Условные обозначения: I – области минимальных амплитуд тепловой интенсивности; II – области пониженной интенсивности теплового излучения; III – области средней с уменьшенными сезонными амплитудами интенсивности теплового излучения; IV – области средней со значительными сезонными амплитудами интенсивности теплового излучения; V – область высокой интенсивности теплового излучения; VI – области очень высокой интенсивности теплового излучения; VII – области максимально высокой интенсивности теплового излучения; 1 – многоэтажная селитебная застройка, 2 – малоэтажная селитебная застройка, 3 – южный рекультивируемый отвал, 4 – северный не рекультивируемый отвал, 5 – карьеры, 6 – ПАО «Гайский ГОК», 7 – промышленная ТЭС, 8 – частично заброшенные садово-дачные массивы.

Рисунок 45 - Тепловая структура г. Гай

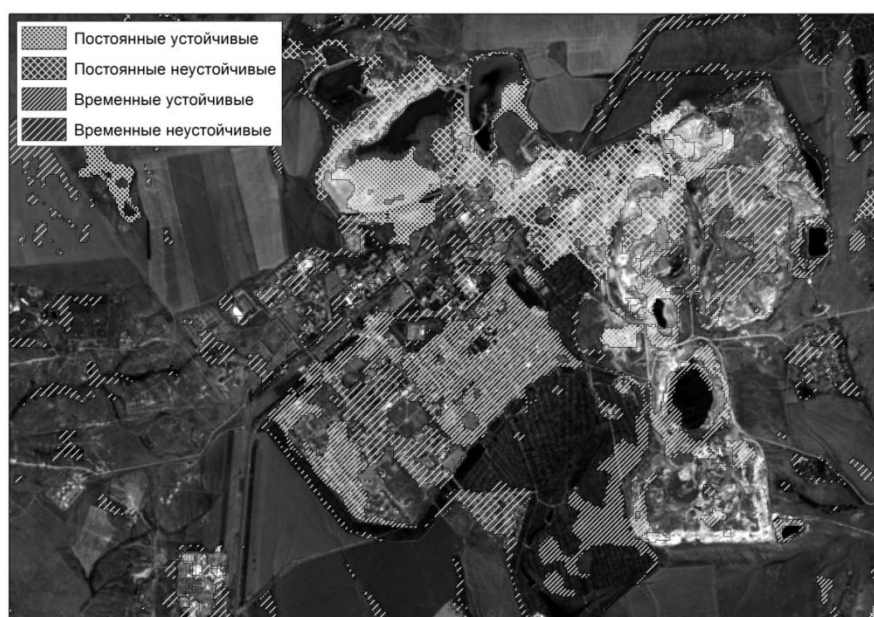


Рисунок 46 - Картографическая модель выделенных тепловые аномалии
г. Гай

Южный рекультивируемый участок отвала отработанного карьера № 2 характеризуется положительной динамикой показателей интенсивности теплового излучения. Причиной низкой степени теплового режима проведение технической и биологической рекультивации, которая способствовала зарастанию техногенного ландшафта (борт отвала западной экспозиции). По результатам полевых обследований установлены ботанические участки с разной степенью проектированного покрытия (таблица 16). Сукцессионные процессы в пределах данного участка характеризуются общим позитивным трендом (рисунок 47).

Таблица 16 - Растительные сукцессии Гайского карьера

Растительная ассоциация	Задержание		Проектное покрытие (%)		Основные представители
	Внешние отвалы	Внутренние отвалы	Внешние отвалы	Внутренние отвалы	
Пионерская	—	слабо	—	единичные	<i>Chenopodium album</i> L., <i>Gypsophila paniculata</i> L., <i>Centaurea diffusa</i> Lam. Willd.
Васильково-полынная	—	незначительное	—	15–20	<i>Centaurea diffusa</i> Lam. Willd., <i>Artemisia vulgaris</i> L., <i>Artemisia austriaca</i> Jack.
Полынно-разнотравная	—	незначительное	—	10–15	<i>Artemisia absinthium</i> L., <i>Achillea millefolium</i> L.
Злаково-разнотравная	незначительное	незначительное	10–15	15–20	<i>Achillea millefolium</i> L., <i>Stipa capillata</i> L.

Продолжение таблицы 16

Растительная ассоциация	Задернение		Проективное покрытие (%)		Основные представители
	Внешние отвалы	Внутренние отвалы	Внешние отвалы	Внутренние отвалы	
Донниково-пырейная	—	сильное	—	Сплошное	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. <i>ex Nevski</i> , <i>Melilotus albus</i> Medik., <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam., <i>Medicago falcata</i> L.
Разнотравно-злаковая	незначительное	—	15–20	—	<i>Festuca valesiaca</i> <i>Schleich. ex Gaudin</i> , <i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. <i>ex Nevski</i> , <i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr., <i>Sonchus arvensis</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L.

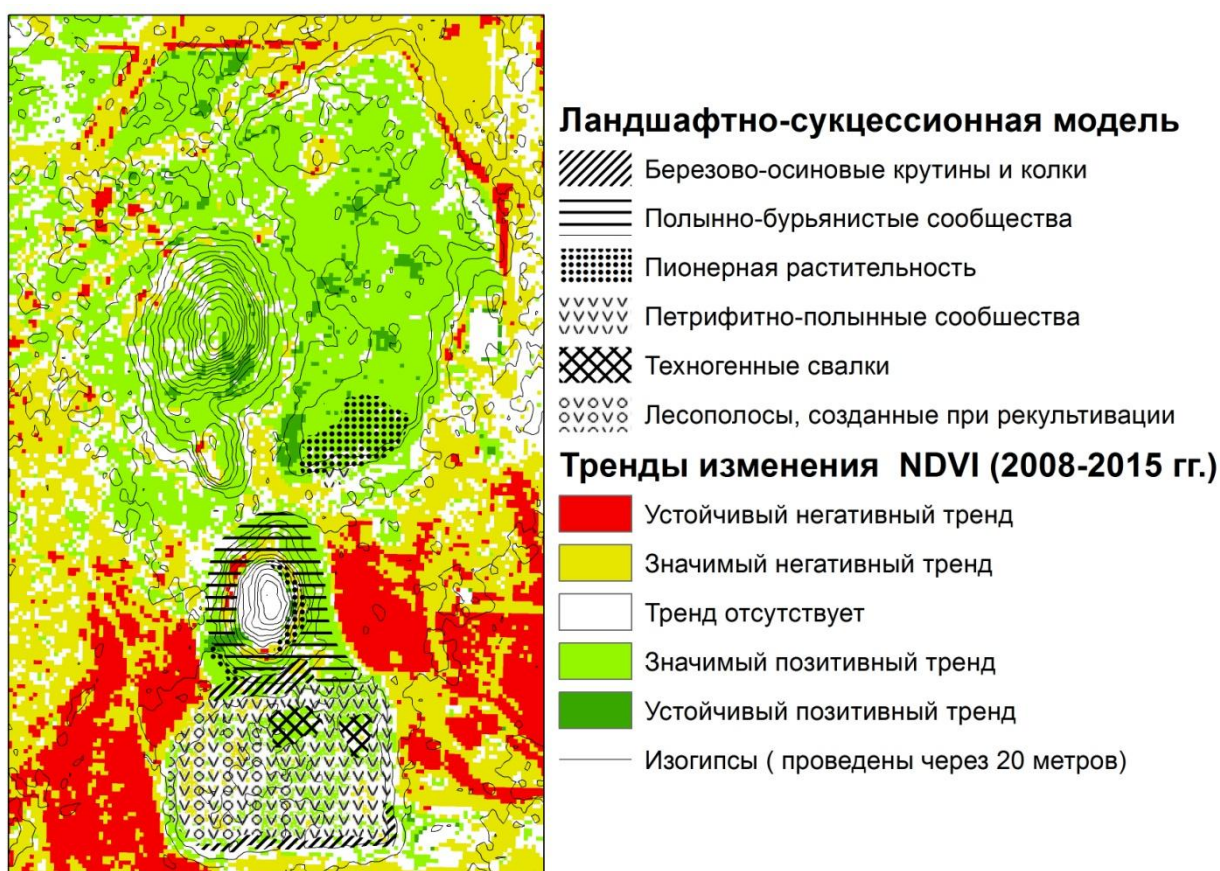


Рисунок 47 - Тренды изменения значений вегетационного индекса NDVI в рамках ландшафтно-сукцессионной модели Гайской урботехногеосистемы

Нами отдельно выделены области тепловых аномалий г. Гай (ПАО «Гайский ГОК», карьерно-отвальная техногеосистема, селетевная ТГС), связанные с техногенными проявлениями (загрязнение водных и почвенных объектов). Техногенные объекты с выраженной положительной тепловой аномалией осо-

бенно четко выделяются в холодный период года. По результатам автоматизированного дешифрирования (зимний сезон) урбогеосистема г. Гай представляет собой единую тепловую аномалию [25].

3.4 Классификация техногеосистем медноколчеданных месторождений

Выделяя месторождения медноколчеданных руд в особую группу объектов недропользования, следует отметить, что в их пределах формируются наиболее глубоко преобразованные горно–техногенные геосистемы. Основанием для такого утверждения является как глубина процессов техноморфогенеза, 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 техногенных экотонов – 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 горно–техногенных 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 отвалов 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 [4].

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 воздействие 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 ландшафтной 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 (таблица 17).

Таблица 17 - Балльная оценка показателей, определяющих величину техногенной нагрузки на ландшафтные комплексы медноколчеданных месторождений

Показатель	Количественная характеристика показателя и соответствующее ей количество баллов
Срок эксплуатации месторождения	Менее 5 лет – 16 От 5 до 10 лет – 26 От 10 до 20 лет – 36 От 20 до 30 лет – 46 От 30 до 40 лет – 56 От 40 до 50 лет – 66 От 50 до 70 лет – 76
Степень гипотехноморфогенеза (глубина, м)	До 20 м – 16 От 20 до 50 м – 26 От 50 до 100 м – 36 От 100 до 200 м – 46 От 200 до 300 м – 56

Продолжение таблицы 17

Показатель	Количественная характеристика показателя и соответствующее ей количество баллов
Степень гипертехноморфогенеза (высота, м)	До 10 м – 1б От 10 до 30 м – 2б Более 30 м – 3б
Размеры запасов медноколчеданных руд	Малые – 1 б 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 – 4 б От 5 до 10 ПДК по 2–3 элементам – 5б Более 10 ПДК по 1 элементу – 5 б Более 10 ПДК по 2–3 элементам – 6 б
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 – 4 б От 5 до 10 ПДК по 2–3 элементам – 5б Более 10 ПДК по 1 элементу – 5 б Более 10 ПДК по 2–3 элементам – 6 б
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 – 4 б
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 – 1 б 2–5 – 2б Более 5 – 3б

Срок эксплуатации месторождения

Длительность эксплуатации месторождения является одним из важнейших факторов, влияющих на структуру техногеосистем медноколчеданных месторождений. Длительность формирования техногеосистемы определяет глубину преобразования межкомпонентных и внутрисистемных взаимодействий, приводит к усложнению ландшафтной структуры, 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 ландшафтных комплексов. Изучение структуры техногеосистем медноколчеданных месторождений показала, что одну из ключевых ролей в их формировании играют процессы водообмена, поэтому в качестве критерия ландшафтообразования 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 техноландшафтогенеза, тем кардинальнее трансформация техногеосистемы [59].

Степень гипертехноморфогенеза

Положительные формы техногенного рельефа, как и отрицательные, играют важнейшую роль в формировании техногеосистем медноколчеданных месторождений, представляя собой содоминирующие морфологические элементы их ландшафтной структуры (рисунок 48). Наряду с ореолами грунтовых вод, отвалы вскрышных и околорудных пород являются одним из факторов воздействия на соседние геосистемы через перенос пылеватых частиц.

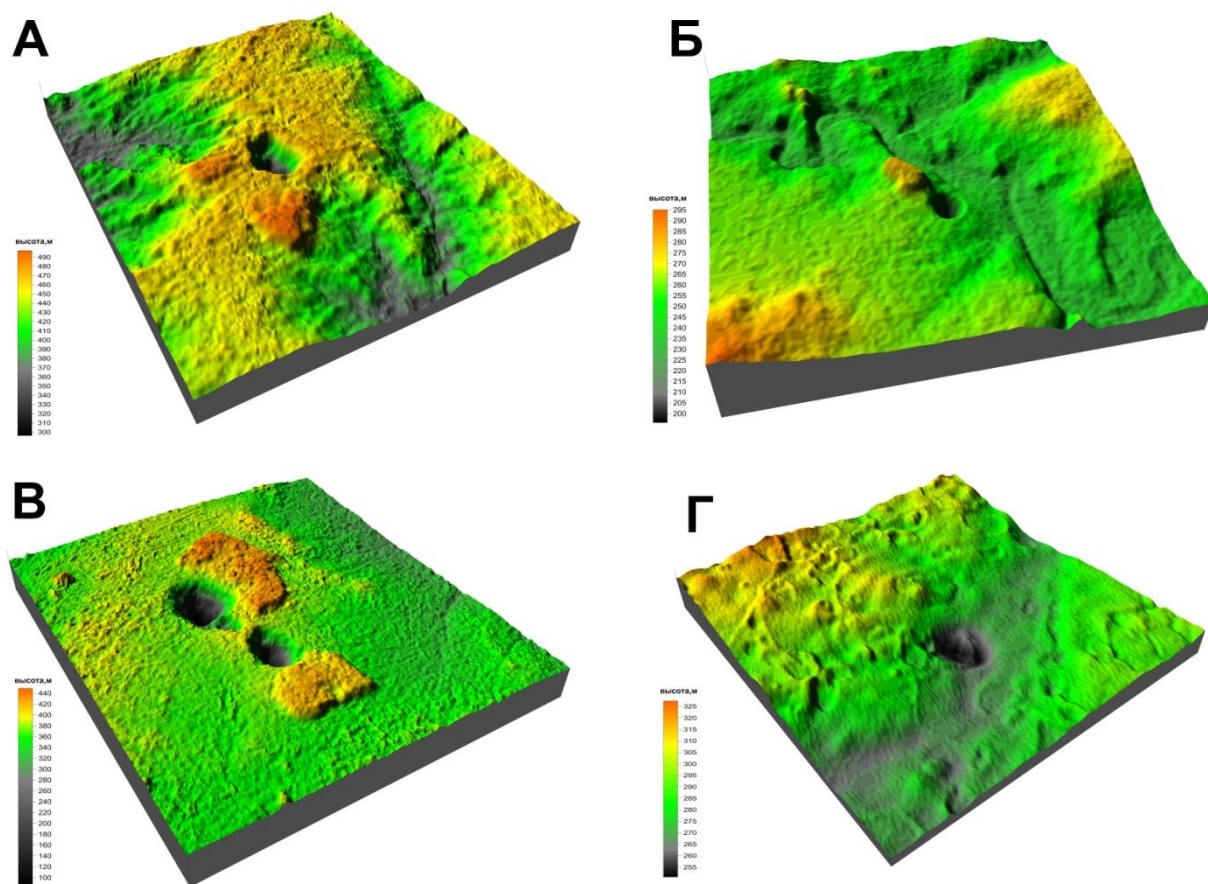


Рисунок 48 - Цифровые модели поверхности горнотехнических геосистем медно–колчеданных месторождений: А – Блявинское, Б – Барсучий Лог, В – Гайское, Г – Джусинское.

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.

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 медно–

колчеданных месторождений от окружающих степных геосистем, определяет сложность парадинамических взаимодействий и является причиной нуклеарности морфоструктуры техногеосистем.

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. Также 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 аномалий концентрации рудообразующих элементов в местной речной сети. Чем крупнее и сложнее техногеосистема, тем больше радиус образуемых ими техногенных ореолов (рисунок 49).

Содержание сульфидов в колчеданных рудах.

Сульфиды являются наиболее активным геохимическим компонентом 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.

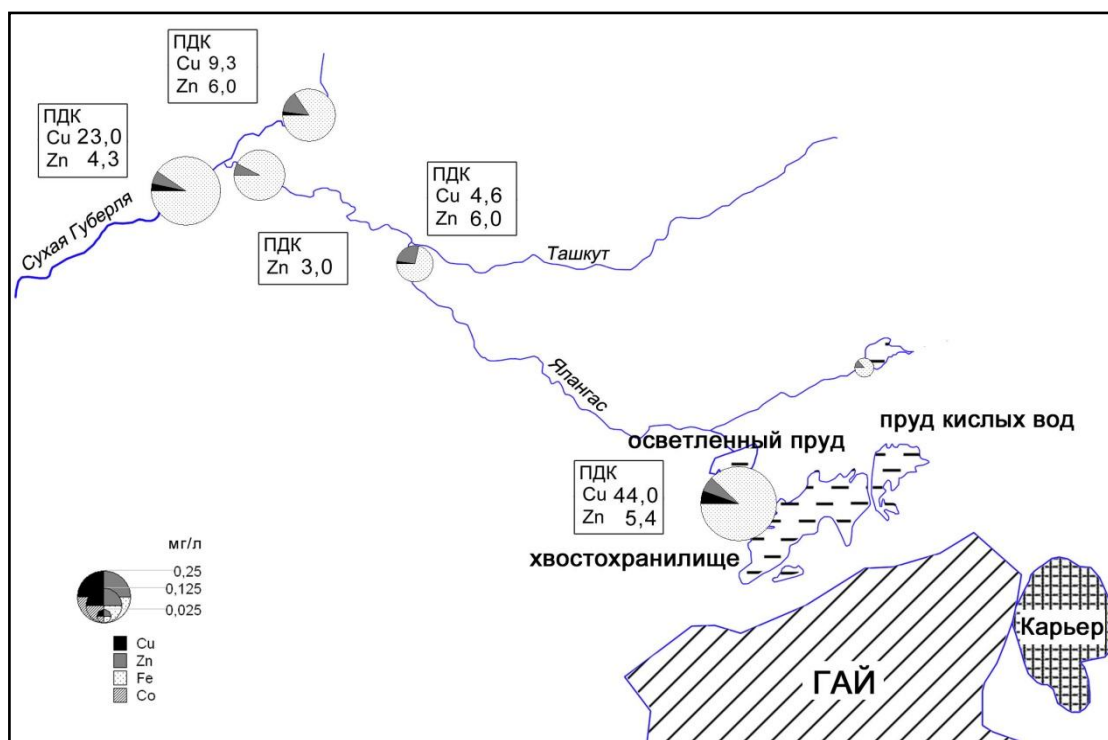


Рисунок 49 - Воздействие техногеосистемы Гайского медноколчеданного месторождения на гидрохимическое состояние местной речной системы

Наличие и объемы отвалов с вскрышными и околорудными породами

Отвалы вскрышных и околорудных пород, возвышающиеся над остальными элементами техногеосистем, являются основным поставщиком обогащенных сульфидами тяжелых металлов 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 по отношению к участкам, лишенным 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, техногенные водоемы аккумулируют основные компоненты сульфидных руд и поддерживают базис эрозии на постоянном уровне, тем самым сдерживая активность экзогенных процессов.

Анализируя полученную таблицу 18, 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 геополями 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 их 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 представляют 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 медно–колчеданные месторождения.

Таблица 18 - Балльная оценка трансформации ландшафтной среды в техногеосистемах медноколчеданных месторождениях

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

4 Проблемы экологической оптимизации техногеосистем медноколчеданных месторождений

4.1 Анализ процессов эколого–геохимической трансформации техногеосистем медноколчеданных месторождений

Полезным ископаемым, которое добывается и перерабатывается на Гайском горно–обогатительном комбинате, является медноколчеданная руда. Как известно, медноколчеданные руды представляют собой природный концентрат токсичных элементов. При добыче руды, особенно открытым способом, происходит рассеяние токсичных элементов в масштабах, сравнимых с их промышленным извлечением. При этом изменяется природный геохимический фон территории, происходит деградация почвенного профиля, разрушение биогеоценозов, загрязняются продукты питания. Загрязнение водной и воздушной среды, почвы и биотических объектов приводит к тому, что токсичные вещества попадают в организм людей и накапливаются там, что ведет к ухудшению состояния здоровья [35]. Кроме того, активизируются геодинамические процессы, такие как сдвиги горных масс, обрушения, оползни, техногенные землетрясения, возгорания руд. Эти процессы и явления в той или иной степени имеют место и при разработке Гайского медноколчеданного месторождения. Гайская геотехногенная система находится на зрелой стадии развития. Для этой стадии характерным является накопление новых фаз, геохимически активных, определяющих состав попутных вод:

- 1) сульфидный мелкозем;
- 2) неосульфаты, состав которых определяется в большей степени эффективностью геохимической дифференциации на испарительных и криогенных барьерах, нежели составом исходных сульфидных вод (обогащение кадмием, в меньшей степени цинком, алюминием) [7];
- 3) рассолы, накопленные на местных водоупорах, образующие подотвальные бассейны;

- 4) воздушные суспензии, определяющие вынос рудных компонентов воздушными потоками в сухой сезон;
- 5) вторичное обводнение отвалов;
- 6) измененная центробежная (поверхностная) и центростремительная (биоцентричная) структура контуров водных потоков;
- 7) зрелые металлоносные грунты и почвы;
- 8) формирование механизма вовлечения рудных элементов в трофические цепи, образование биогеохимической структуры миграции в геотехнической системе, повышение вероятности развития эндемических очагов заболевания для животных и человека.

Следует отметить, что все эти признаки и характеристики, в существенной части своей определяющие будущее Гайской ГТС, находятся вне штатной, стандартной системы контроля и вне технологической оценки.

Гайское месторождение расположено в зоне, где испарение резко преобладает над количеством осадков. Река Урал маловодна, расход ее здесь около 2 куб.км./год, 80 % которого приходится на 1–2 месяца паводков, поэтому комбинат работает в условиях ограниченности водных ресурсов. В связи с этим на обогатительной фабрике и мойке большегрузных автомобилей внедрено обратное водоснабжение. Практически прекращен сброс промышленных стоков в р. Урал. Сточные воды, имеющие щелочную реакцию (рН 10–11,5), направляются в хвостохранилище фабрики, где они нейтрализуются кислыми шахтными водами (рН 2,5–3,5), поступающими в хвостохранилище из пруда–накопителя. Смешанные воды имеют рН 8–8,5.

Хозфекальные стоки подвергаются комплексной механической, химической и биологической очистке. Они пропускаются через механические решетки, отстойники–перегниватели и аэротенки. Затем отстаиваются и обрабатываются жидким хлором.

С развитием горных работ все чаще наблюдаются нежелательные инженерно–геологические процессы, связанные с проявлением горного давления,

сдвижением горных пород, оползнями и др. Наибольшее беспокойство приносят оползни на бортах карьеров, с которыми приходится бороться.

В результате многолетней работы шахтного и карьерного водоотлива сформировалась крупная депрессионная воронка. Вода, стекая в горные выработки, приобретает кислую реакцию благодаря окислению сульфидных минералов, при этом происходят два негативных явления: образуются кислые шахтные воды в количестве до 200 куб.м/час и одновременно истощаются горизонты подземных вод в пределах депрессионной воронки.

Существующее хвостохранилище обогатительной фабрики переполнено хвостами обогащения и практически не обеспечивает осаждения токсичных элементов из техногенных вод. В результате извлечения и складирования большого количества вскрышных пород в отвалах, происходит мобилизация и рассеивание токсичных элементов, входящих в состав пород и руд.

Геохимические ореолы колчеданных месторождений в вещественном выражении представляют в основном зоны рассеянного присутствия сульфидов, преимущественно пирита, в околорудных метаморфизированных породах. По сравнению с вмещающими породами, концентрация металлов в околорудных геохимических ореолах резко возрастает: меди – в 10–20 раз, цинка – 3–6, кобальта – 27–40 серебра – 10–20 раз. На медноколчеданных месторождениях уральского типа, к которому принадлежит и Гайское месторождение, геохимические ореолы по размерам значительно превосходят рудные тела. Они характеризуются большой полиэлементностью состава, в них по сравнению с медноколчеданными месторождениями других типов существенно возрастает распространенность свинца и бария, устанавливаются многочисленные второстепенные элементы–индикаторы. Рудные тела занимают в структуре геохимических ореолов естественное положение – они находятся в зонах наиболее комбинированного состава с высокоаномальными концентрациями рудообразующих элементов преимущественно над тыловыми зонами ореолов, фиксирующими подводящие каналы месторождений. Кроме положительных геохимических аномалий аккумуляции во вмещающих породах колчеданных месторож-

дений установлены и отрицательные аномалии, фиксирующие вынос элементов. Характерной особенностью состава метасоматитов Гайского месторождения, в которых отмечается вынос рудных элементов, является наличие ангидрита, что указывает на повышенную кислотность среды в этих зонах. Зоны выноса этих элементов располагаются непосредственно под рудными телами Гайского месторождения.

Техногеосистема Гайского медноколчеданного месторождения характеризуется проявлением связанных с медноколчеданным и меднокобальт–никелевым оруденением геохимических полей (рисунок 50).

Обосновывается это наличием локальных площадей с повышенными, аномальными и высокоаномальными концентрациями типоморфных для медного оруденения района элементов в почвах, рыхлых образованиях и подземных водах, приуроченных к выходу на поверхность рудоносных комплексов палеозойских пород или участкам неглубокого их залегания.

В первую очередь следует отметить группу участков, расположенных в пределах распространения вулканогенных пород диабаз–альбитофирового комплекса.

Вторая группа участков приурочена к площадям развития гипербазитовых интрузий на западе района. Результаты геохимических исследований указывают на возможность нахождения в их пределах медно–кобальт–никелевого оруденения типа Ишкининского.

Кроме того, имеется несколько гидрогеохимических аномалий, установленных опробованием естественных и искусственных водопунктов района: Сагатовское, Краморовское, Камейкинская и ряд точек с аномальными содержаниями типоморфных для медного оруденения металлов и сульфат–ион.

Схема А

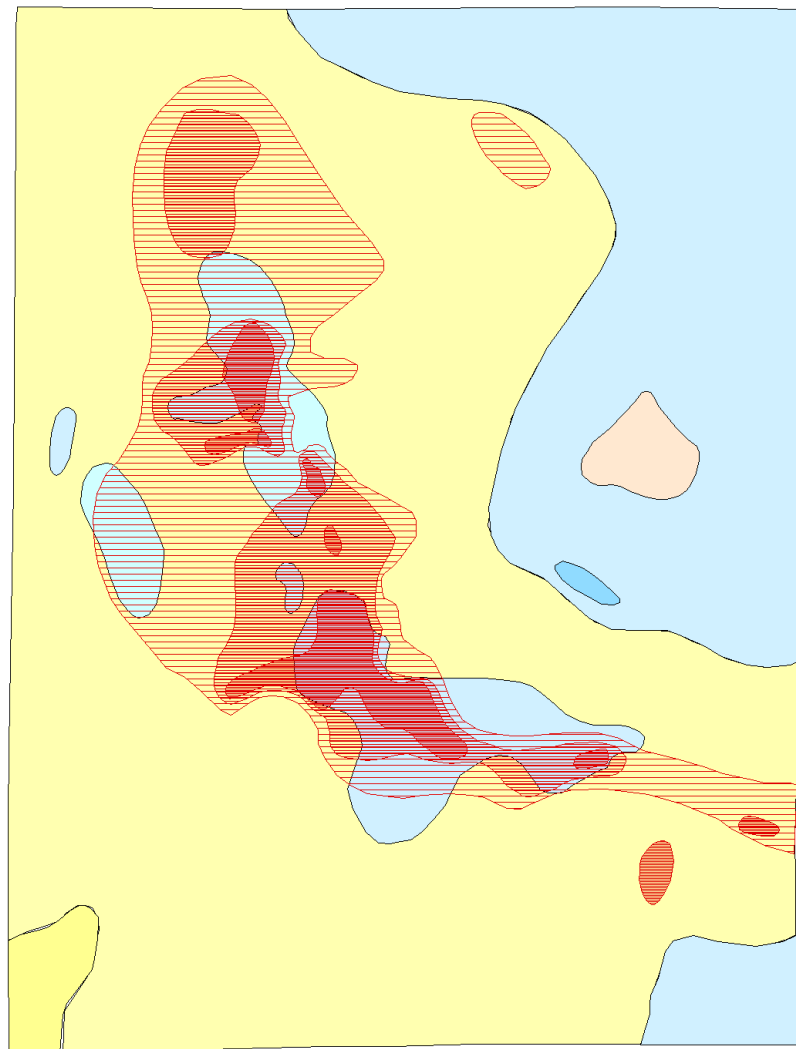


Схема Б

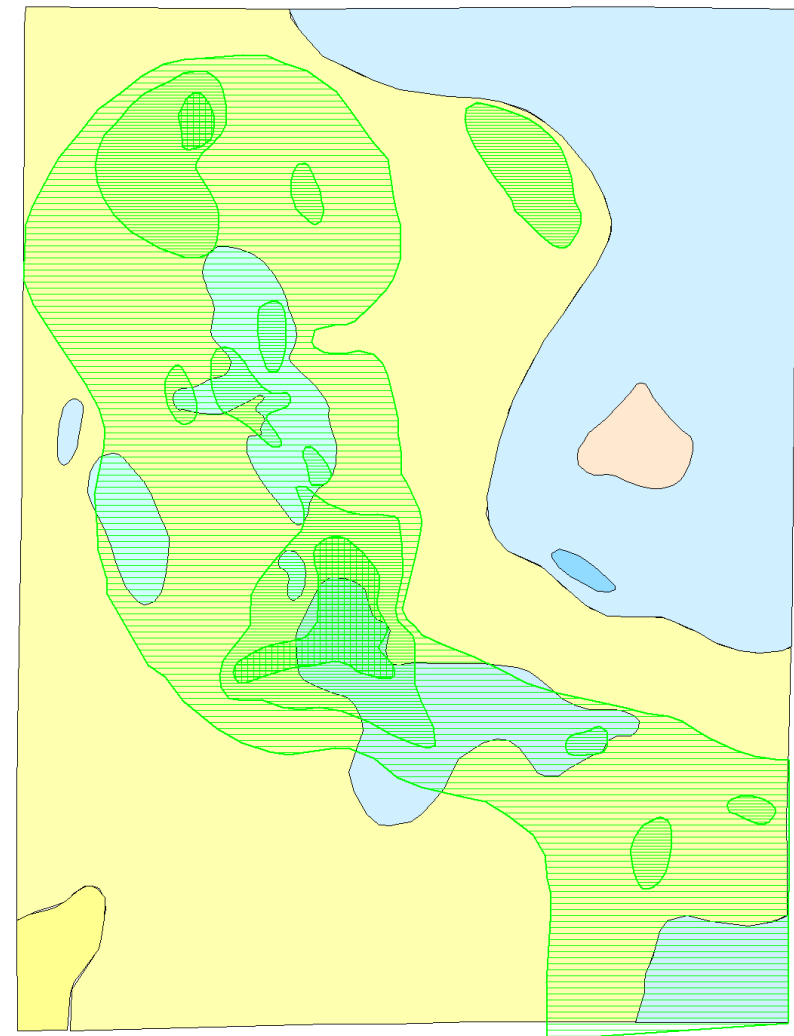


Рисунок 50 - Геохимические ореолы техногеосистемы Гайского месторождения

Условные обозначения к геохимическим схемам Гайского медно–колчеданного месторождения

Рисунок 43 (схемы А и Б)

Химический состав подземных вод:

- 1) гидрокарбонатный;
- 2) гидрокарбонатно–сульфатный;
- 3) гидрокарбонатно–хлоридный;
- 4) хлоридный;
- 5) хлоридно–сульфатный;
- 6) хлоридно–гидрокарбонатный
- 7) сульфатный

Содержание металлов в подземных водах:

Схема А. Содержание меди:

- 1) повышенное от 0,01 до 0,1 мг/л
- 2) аномальное от 0,1 до 1 мг/л;
- 3) рудное – более 1 мг/л

Схема Б. Содержание цинка:

- 1) повышенное от 0,01 до 0,1 мг/л
- 2) аномальное от 0,1 до 1 мг/л;
- 3) рудное – более 1 мг/л

Гайский горнопромышленный район отличается высокой геоэкологической напряженностью, поскольку характеризуется обилием источников загрязнения, негативно воздействующих на окружающую среду. Источники загрязнения, связанные с Гайским медноколчеданным месторождением, условно делятся долиной речки Елшанки на восточную и западную группы. К восточной относятся объекты рудодобычи Гайского месторождения — шахта, карьеры, места складирования твердых (отвалы) и жидких (пруды–накопители, отстойники) отходов. Газообразные отходы поступают непосредственно в атмосферу, сведения о них у нас отсутствуют. В состав отвалов, высота которых колеблется от 40 до 65 м, входят различные глины и суглинки четвертичного и неогенового возраста (водоупорный слой), выше которых идут вулканогенные породы с редкой вкрапленностью сульфидов и большим количеством обломков сплошных медно–колчеданных и серно–колчеданных руд. Сточные воды представлены весьма агрессивными подотвальными водами, а также водами двух прудов–накопителей, куда поступают подотвальные воды после известкования, что

приводит к резкому повышению величины рН и выпадению в осадок твердой фазы – сульфатов всех металлов (Cu, Zn, Fe, Al и др.). Совместный спуск из обоих прудов–накопителей в 1991 г. осуществлялся «на рельеф» в районе с. Калиновка, где величина рН повышалась еще больше и также происходило выпадение твердой фазы. Последняя точка сброса сточных вод — район моста, перекинутого через речку Колпачку – близ ее устья, куда весной приходят кислые агрессивные стоки. Вследствие значительного роста концентрации водородных ионов здесь также происходит выпадение сульфатов металлов, загрязняющих русло речки.

После мая 1993 г. подотвальные воды карьера № 2 стали без известкования перекачиваться обратно в карьер (уже отработанный), поэтому в речку Колпачку попадают (после станции нейтрализации через пруд–накопитель) только сточные воды карьера № 1 и то не все. Начиная с 80–х годов, местом сброса сточных вод служит и шахта, также уже отработанная. Однако в весеннее время, когда наблюдается повышенный приток талых вод, сброс в шахту всей массы вод становится невозможным. Оставшаяся часть ее поступает в речку Елшанку. В верховьях речки находится карьер № 2 и по системе «прудков» вода из него стекает в Культурный пруд, который используют дачники для полива.

Основное количество сточных вод в западной половине территории Гайского месторождения связано с деятельностью расположенного здесь обогательного комбината. Кроме того, источниками загрязнения являются здесь ТЭЦ, завод обработки цветных металлов, завод «Электропреобразователь» и др. Твердые и жидкие отходы сбрасываются в хвостохранилища — шламоотстойный пруд кислых вод и пруд щелочных вод; жидкие промстоки поступают в специальные пруды – испаритель и накопитель. Конечный пункт сброса всех сточных вод – ручей Ташкут и его приток Ялонгаз, откуда загрязненные воды стекают в реку Сухую Губерлю. Кроме указанных источников загрязнения нужно еще учесть птицефабрику, различные фермы, животноводческие комплексы, орошаемые земли, сады, огороды и др.

Почвы и илы наиболее интенсивно загрязнены в районе Гайского месторождения, особенно в северной его части, что связано с рудодобычей и рудопереработкой. Главными загрязнителями служат сульфаты, в водных вытяжках их до $2,5 \text{ г/дм}^3$, в меньшей мере – хлориды – до $1,2 \text{ г/дм}^3$, из металлов – Cu, Zn и Mn. В самой южной части района установлено загрязнение почв и илов в пойме и в р. Губерле только металлами (с максимально–аномальными концентрациями), характерными для никель–кобальтовой минерализации.

Таким образом, в районе Гайского месторождения большую опасность представляют загрязненные почвы (грунты), илы и техногенные осадки. Весьма опасны SO_4^{2-} и Cl^- , так как они могут мигрировать на большие расстояния, загрязнять поверхностные и подземные воды, превращая их в непригодные для практического использования. Металлы имеют гораздо меньшую дальность миграции (из–за большого влияния на них pH среды). Однако, накапливаясь в почвах, они ухудшают условия проживания населения. По данным Минздрава, почвы, загрязненные металлами, приводят к резкому увеличению заболеваемости детей и взрослых.

Как известно, поверхностные воды весьма уязвимы к загрязнению. В районе Гайского месторождения – это крупные, средние и малые реки. Все они (даже такие как Урал и Губерля) уже затронуты техногенными процессами.

Река Урал по концентрации макрокомпонентов (SO_4^{2-} , Cl^-) в целом удовлетворяет ГОСТ 13.060.30 «Сточные воды», так как непосредственный сброс в нее промышленных стоков не производится. Самый неблагоприятный для рыбного хозяйства по содержанию микрокомпонентов — участок реки в районе устья речки Колпачка (по которой идет сброс сточных вод Гайского промышленного узла). Вода р. Урал по Cu, Zn, Fe и по нефтепродуктам превышает нормы как ниже, так и выше устья речки Колпачки. Но пробы, взятые ниже впадения, хуже по качеству, чем взятые выше устья.

В воде р. Губерли определялись только макрокомпоненты химического состава воды. Для рыбного хозяйства вода в Губерле оценивается как неблагоприятная по сульфатам, содержание которых составляет от 151,9–128,0 до 95,9

мг/дм³, т. е. уменьшается вниз по течению, но все время превышает ПДК (кроме самой нижней точки). Загрязнение, очевидно, связано с техногенными процессами, и несет загрязнители речка Сухая Губерля, в воде которой содержится 398,8 мг/дм³ SO₄²⁻ – в точке, находящейся чуть выше слияния обеих рек.

Все средние и малые реки служат местом или непосредственного сброса сточных вод, или опосредованного – через другие водотоки. Такие речки, как Колпачка, Елшанка, Дунайка и ручей Ташкут, уже превращены в сточные каналы. Поэтому говорить об их использовании в рыбном хозяйстве и в целях питьевого водопользования не приходится — они загрязнены хлоридами, сульфатами, железом и другими металлами, нефтепродуктами и пр. Особенно это касается речек, находящихся в сфере влияния Гайского промышленного узла (Колпачки, Елшанки, ручья Ташкута). Но и речка Дунайка, расположенная вне сферы этого влияния, получающая загрязнение из других источников (птицефабрик, ферм и др.), не удовлетворяет существующим нормам: по SO₄²⁻ – концентрация которого достигает 241,6 мг/дм³, Cu – 0,04, Zn – 0,59, Fe – 0,13, по содержанию нефтепродуктов – 0,14 мг/дм³.

Объект опосредованного влияния сточных вод – речка Сухая Губерля, загрязнение которой происходит через ручей Ташкут. Однако и она непригодна для рыбного хозяйства уже выше ручья Ташкут, так как в ней присутствуют Cl – 382,9 мг/дм³, SO₄²⁻ – 167,9, Cu – 0,02, Zn – 0,06, Fe – 0,61, НП – 0,101 мг/дм³. Все эти показатели превышают ПДК. Ниже по течению (от устья ручья Ташкут) речка Сухая Губерля на всем протяжении также не удовлетворяет существующим нормам, поскольку количество сульфатов в воде изменяется (вниз по течению) от 759 (сразу за впадением ручья) до 389,8 мг/дм³, концентрация хлоридов в отдельных пунктах составляет 358,8, Cu – 0,006–0,09, Zn – 0,06–0,22, Fe – 0,33–2,34, Ni – 0,084–0,103 мг/дм³. Связано ли такое эколого-гидрогеохимическое состояние речки Сухой Губерли только с техногенезом – сказать затруднительно. Необходимо учитывать, что вниз по течению в воде уменьшаются минерализация, содержание сульфатов и хлоридов (что говорит о самоочищающей работе реки) и увеличиваются абсолютное содержание и относитель-

ное значение магния (что свидетельствует о возрастающей роли в питании реки подземных вод). Это указывает на то, что в формировании гидрохимического режима реки немаловажную роль играют не только техногенные факторы, но и естественные.

Оценка эколого–гидрогеохимического состояния подземных вод в районе Гайского месторождения относится к числу наиболее сложных.

Основной питьевой водоносный горизонт г. Гая и его окрестностей заключен в аллювии высокой поймы р. Урал. Водозабор находится в 20 км восточнее г. Гая по р. Урал, примерно на 3 – 4 км выше устья речки Колпачки.

Данные по химическому составу поверхностных вод техногеосистемы Гайского горно–промышленного района не указывают на связь Гайского водозабора с рудо–добычей, поскольку такие важные показатели, как содержание сульфатов, меди и цинка оказались в норме. Концентрация железа была повышена во многих обследованных нами водозаборах Оренбуржья, в том числе Орского района (вопрос этот требует специальных исследований).

Для оценки эколого–гидрохимического состояния водоносных горизонтов и комплексов, связанных с коренными породами (складчатого фундамента и осадочного чехла), мы не располагаем сведениями. Химические анализы воды редких скважин, вскрывших эти горизонты и комплексы, не дают возможности оценить воду по необходимым показателям (макро– и микрокомпонентам), так как данные по многим из них отсутствуют. Судить же на основании только макрокомпонентного состава о влиянии на подземные воды техногенных процессов большей частью невозможно вследствие того, что повышенная минерализация вод и сравнительно высокие содержания в них хлоридов и сульфатов нередко являются следствием естественных процессов и связаны с наличием первичных солей в осадочных накоплениях и вторичного гипса в породах фундамента. Затрудняет оценку и тот факт, что многие из использованных нами скважин старые, пробурены в 60–80–е гг, когда еще не функционировали все те источники загрязнения, которые действуют в настоящее время. Заметим, что чистые по макрокомпонентному составу воды аллювиальных отложений доли-

ны р. Урал (как и сама река) на Гайском водозаборе загрязнены преимущественно железом; по величине окисляемости выявлено органическое загрязнение. В воде р. Урал (ниже водозабора) обнаружено очень высокое содержание нефтепродуктов.

Летнее месторождение расположено в центральной части Домбаровского рудного района и относится к восточному флангу Магнитогорского мегасинклинория в зоне Чиликтинской вулканической депрессии, ограниченной разломами сбросового типа. Параметры депрессионной воронки 2 x 4 км. Рудовмещающей толщей служат покровы плагиопорфировых базальтов киембаевской свиты, содержащие 4 рудных тела щитообразной формы мощностью 20–40 м. Надрудная толща представлена туфогенными песчаниками, алевролитами и туфами плагиоклазовых базальтов, подрудная с парасланцами. Околорудные породы не содержат сульфидов. Оруденение, в основном, сплошное (91%) Cu – 3,32%, Zn – 1,29%, S – 40,47%.

Месторождение эксплуатируется с 2000 г. открытым способом. На площади месторождения развит ниже–среднедевонский водоносный горизонт (D_{1-2}) с трещинными водами грунтового типа на глубине 0,5–19,0 м (в среднем около 14,5 м), мощностью 60 м. Поток подземных вод направлен к р. Камсак с уклоном 0,007. Воды пресные с сухим остатком 0,5–0,9 г/л, с глубиной он возрастает до 1,5–2,3 г/л. Тип воды HCO_3^- и $HCO_3^-Cl^-$, из катионов преобладает Na (50–80%). Fe содержится до 15,6 мг/дм³, Cu – до 0,5 мг/дм³, Zn – до 0,4 мг/дм³. Обводненность пород низкая, дебиты скважин 0,46–0,65 л/с при понижениях 62–66 м, коэффициент фильтрации в среднем 0.06 м/сут, в редких тектонических зонах до 0,46 м/сут. Водоприток в карьер глубиной 165 м прогнозируется от 4,5 до 14,0 л/с.

Ореолы медноколчеданных месторождений домбаровского типа, к которым относится и Летнее отличаются большим своеобразием. По размерам они сопоставимы с рудными залежами, близки им или немного превышают их, но только в 2–3 раза. Они, как правило, имеют низкую интенсивность и характеризуются резко подчиненным распространением Pb, Ba, As и относительно высо-

ким Со. На Летнем месторождении мощность субсогласного геохимического ореола над рудным телом 5 м, под рудной залежью – до 30 м. Вертикальная зональность ореола имеет следующий вид (снизу вверх): кобальт, медь, цинк, молибден, свинец, серебро.

На Гайском и Летнем медноколчеданных месторождениях, основным источником загрязнения окружающей среды являются отвалы пустых пород и некондиционных руд. При фильтрации через них атмосферных осадков в кислородной среде сульфиды окисляются, обогащая подземные воды в формирующемся под отвалами техногенном горизонте сульфатами, серной кислотой, железом, алюминием, медью, цинком. При окислении пирита, сфалерита, халькопирита образуется серная кислота, которая растворяет и разрушает алюмосиликаты в рудосодержащих и пустых породах, насыщая подземные воды, кроме того, кальцием, магнием, тяжелыми металлами. За счет этого минерализация подземных вод возрастает до 25–40 г/дм³, они становятся сильнокислыми (рН 2,0–3,5), железистыми (Fe > 100 мг/дм³) ультрасульфатными. По химическому составу подотвальные воды обычно относятся к сульфатно–железисто–алюминиевым. Образование серной кислоты связано с поступлением в отвалы рудного материала, особенно пирита.

Там, где переход от рудных залежей к пустой породе постепенный, аккумуляция сульфидов в отвалах неизбежна, к примеру, на Сибайском и Гайском месторождениях. На последнем некондиционные руды с низким содержанием Си и Zn направлялись в специальный отвал, под которым воды техногенного горизонта были наиболее кислыми (рН=2). Сложная геоэкологическая обстановка на Гайском ГОК с 1970–ых гг и по настоящее время была связана с формированием техногенного горизонта высокоминерализованных кислых подземных вод на обширной территории отвалов, стоком их в реки и загрязнением почв, грунтов и природных вод. Негативные сопоставления с Гайским месторождением были одной из основных причин многолетней задержки освоения Летнего.

Между тем месторождения Домбаровской группы (Летнее, Осеннее и др.) характеризуются более четкими границами рудных тел, отсутствием некондици-

онных руд, вследствие чего в отвалы поступает пустая порода, которая не влияет на изменение геохимической и экологической обстановки. Концентрация загрязняющих примесей (S, Fe, Cu, Zn, Co, Pb, As, Ni) в пустых породах ничтожно малы, близки к природным кларковым значениям и не могут влиять на естественный фон окружающей среды.

Максимальная величина сухого остатка в карьерных (рудничных) водах достигнет 4,3 г/дм³. Минерализация подотвальных вод в среднем будет составлять 3,56 г/дм³ при колебаниях от 1,9 под отвалами пустых пород до 5,6 г/дм³ под рудными отвалами, т.е. в 2,5–9,6 раз меньше, чем на Гайском ГОК.

Большую часть времени они будут оставаться нейтральными или слабо щелочными, что подтвердил начальный период разработки карьера, и только на конечном этапе перейдут в слабо кислые. В этом отношении карьерные и подотвальные воды Летнего месторождения существенно отличаются от Гайского, где сильно кислые воды агрессивны как в отношении живой, так и неживой природы. Очистка подотвальных, карьерных и дождевых сточных вод в прудах–накопителях и головном пруде Летнего месторождения предусматривается с доведением их качества до регламентируемых норм, т.е. содержание в них металлов и других загрязнителей будет ниже, чем в природных водах. С учетом изложенного ожидать неблагоприятных последствий от водопотоков при разработке Летнего месторождения нет оснований, и это подтверждает опыт первых лет его эксплуатации. На других медноколчеданных месторождениях Домбаровского рудного района гидрогеолого–экологические прогнозы в целом аналогичны и при выполнении проектных природоохранных мероприятий и учете местных особенностей геоэкологическая обстановка останется нормальной и контролируемой.

В условиях аналогичных Летнему месторождению расположено также Джусинское колчеданное месторождение, приуроченное к восточному крылу Магнитогорского синклиория. Морфологически эта территория представляет собой расчлененную равнину, местами переходящую в мелкосопочник. С восточной и южной части месторождения протекает река Джуса. Само месторождение расположено непосредственно на правом берегу реки Джусы в пределах

второй надпойменной террасы. Ширина долины реки Джусы в районе месторождения изменяется от 500–600 м до 800–1000 м. Расход реки составляет 10–20 л/с. Климат района резко континентальный, среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 297 мм.

В геологическом строении месторождения принимает участие суундукская свита, слагающая самую восточную часть крыла Кусемской антиклинальной зоны. Центральную часть рудного поля занимает полоса туфов смешанного состава, туфов альбитофиров и реже слоистых туффитов. К востоку от этой полосы пород располагается нерасчлененная толща вулканогенных пород, а к западу толща диабазов, диабазовых порфириров, реже риолитовых порфириров, порфириров и их туфов. Все породы имеют крутое западное падение.

В пределах месторождения и его ближайшем окружении развито две толщи пород различных по своим воднофизическим свойствам и содержащимся в них водоносным комплексам: толща рыхлых аллювиальных отложений четвертичного возраста содержит водоносный горизонт грунтово–поровых вод и толща палеозойских пород, содержащих водоносный комплекс грунтово–трещинного типа. Аллювиальный водоносный горизонт развит по долине реки Джусы, и вытянут узкой полосой ее русла. Мощность водоносного горизонта от 1,0 до 9,0 м. Аллювиальные отложения характеризуются довольно неравномерной обводненностью, что вызвано различной степенью их отсортированности.

Ореолы месторождений баймакского типа, к которым относится Джусинское медноколчеданное месторождение и месторождение Барсучий Лог, в соответствии со спецификой вещественного состава их руд, отличаются от ореолов месторождений уральского в основном по составу: в них резко возрастает доля свинца ($>Cu$) и бария, серебра ($>Co, Mo$). Подобно ореолам уральских месторождений они характеризуются большим диапазоном условий локализации, размеров, форм и строения.

Слабо деформированные месторождения баймакского типа по масштабам проявления надрудных ореолов разделяются также на две группы: с весьма локальными надрудными ореолами (Барсучий Лог) и с их широким развитием

(Джусинское). В ореолах интенсивно деформированных крутопадающих месторождений (Джусинское) сохраняются черты первичной поперечной и продольной зональности. Последовательность распределения элементов в рядах зональности соответствует стандартной.

Анализ современной эколого–геохимической ситуации на Джусинском месторождении показывает, что в размеры геохимических ореолов на нем сравнимы с теми, которые развиты на Летнем.

4.2 Предложения и рекомендации по снижению неблагоприятных воздействий на компоненты ландшафтов месторождений

4.2.1 Предложения и рекомендации по охране атмосферного воздуха

Качественными показателями состояния атмосферного воздуха являются предельно допустимые концентрации в воздухе населенных пунктов, расположенных вблизи техногеосистем медноколчеданных месторождений. Для обеспечения санитарно–гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха населенных мест при проектировании производственной деятельности, связанной с добычей колчеданных руд необходимы, в первую очередь, обоснование и организация санитарно–защитной зоны проектируемых объектов.

Снижение отрицательного воздействия на окружающую среду при эксплуатации производственных объектов предусматривает комплекс технических, технологических и организационных мероприятий:

- использование высокогерметичного и надежного оборудования, строгое соблюдение технологического режима эксплуатации производства;
- сокращение низких неорганизованных источников;
- использование на технологические цели кондиционных руд;
- создание системы прогнозирования и оповещения метеорологических условий, способствующих накоплению вредных веществ в приземном слое атмосферы в зоне горнодобывающих производств;

–создание системы геоэкологического мониторинга за состоянием атмосферного воздуха в зоне горнодобывающих производств.

С целью снижения негативного воздействия выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта предлагаются следующие технические мероприятия:

- поддержание техники в исправном состоянии за счет проведения в установленное время техосмотра, техобслуживания и планово–предупредительного ремонта;
- запрещение эксплуатации техники с неисправными или неотрегулированными двигателями и на не соответствующем стандартам топливе;
- производить заправку автотранспорта и спецтехники на специально отведенных площадках.

Первоочередными мерами по выявлению источников загрязнения атмосферы, в случае получения информации о загрязнении атмосферного воздуха в населенных пунктах и зонах возможного влияния промышленных объектов:

- объезд территории расположения объектов;
- контроль качества атмосферного воздуха на границе горного отвода путем отбора проб;
- анализ результатов измерений концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и метеорологических параметров автоматических постов контроля системы производственного геоэкологического мониторинга.

4.2.2 Предложения и рекомендации по предотвращению и снижению загрязнения поверхностных и подземных вод.

При реализации намечаемой деятельности с целью охраны поверхностных вод и геологической среды от загрязнения и истощения, а также в целях экономии и рационального использования ресурсов подземных вод, рекомендуются природоохранные мероприятия.

При подготовительных, строительно–монтажных работах рекомендуется:

- ведение горных работ за пределами водоохранных зон водоемов, исключение сбросов в водоемы сточных вод и забора вод из поверхностных водных источников;

- обваловка технологических площадок;

- обваловка склада ГСМ земляным грунтом по периметру;

- очистка и повторное использование сточных вод в системе оборотного водоснабжения горно–добывающего производства;

- сбор бытовых стоков в водонепроницаемый выгреб с последующим вывозом по мере накопления на очистные сооружения.

- заправку техники и хранение ГСМ производить на специально оборудованных площадках с твердым покрытием за пределами водоохранных зон рек;

- осуществление контроля за качеством строительства;

- проведение съемки русел и пойм рек, в пределах технического коридоров для оценки качества проведенных работ и выявления нарушений рельефа русел, пойм, склонов;

- при проведении землеройных и других работ в водоохранных зонах водных объектов согласно Водному кодексу РФ необходимо согласование с территориальными органами управления использованием и охраной водного фонда Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Для уменьшения техногенного воздействия на геологическую среду при строительстве проектируемых объектов необходимо максимально снизить негативное влияние на земли района, для этого:

- производить работы преимущественно в зимне–весенний период с наибольшим количеством осадков, а летом в периоды благоприятных метеопри условий при скорости ветра ниже пороговой – 6,5 м/с, при которой происходит отрыв песчаных частиц от поверхности земли, увлажнение перемещаемого грунта водой до 8–10 %, движение стройтехники по обустроенным дорогам;

- исключение образования искусственных тальвегов и борозд поперек склонов. Движение техники и иные работы должны проводиться параллельно склонам.

- минимизация и исключение нарушений древостоев в 25–метровой зоне обрывов террас рек;

- минимизация любых земляных работ в поймах рек для уменьшения их твердого стока.

Для горно–технических ландшафтов, расположенных в зонах затопления паводками основными водоохранными мероприятиями являются:

- ведение строительных работ в послепаводковый период после стабилизации уровня воды в реке и пойменных озерах;

- планировочные отметки площадок объектов добычи, подготовки и транспорта продукции должны приниматься не менее чем на 0,5 м выше расчетного наивысшего горизонта вод с учетом подпора и уклона водотока, а также нагона от расчетной высоты волны, определяемой в соответствии со СНиП по нагрузкам и воздействиям на гидротехнические сооружения. За расчетный горизонт надлежит принимать наивысший уровень воды 1% вероятности превышения (один раз в 100 лет).

4.2.3 Предложения по охране почвенного покрова

Для минимизации негативного воздействия на почвенный покров при реализации намечаемой деятельности необходимо выделить несколько групп мероприятий по типам воздействий.

Одними из основных воздействий будут механические нарушения. Для уменьшения этого вида нарушений необходимо предпринять следующий блок мероприятий:

- строительство или расширение подъездных путей для более удобного подъезда транспортных средств к карьерной выработке;

- для защиты поверхности почвы от ветровой эрозии в качестве противоэрозионных мероприятий необходимо укрепление откосов;

- для защиты поверхности почвы от водной эрозии овраги и промоины, расположенные вблизи площадных объектов, так же должны быть укреплены, рекомендуется посев многолетних дерновых трав;

– основные элементы строительства рекомендуется запроектировать с учетом рельефа.

Следующий блок мероприятий связан с охраной почв от химического загрязнения:

– рекомендуется строительство специальных площадок под автотранспорт, во избежание загрязнения почвы нефтепродуктами;

Строгое соблюдение природоохранных мероприятий позволит в значительной мере сократить экологический ущерб.

4.2.4 Предложения по охране растительности

В процессе строительства проектируемых объектов воздействие на растительность ожидается ограниченное по площади, низкое по уровню и краткое по времени. Тем не менее, для его минимизации, ниже предлагается комплекс превентивных (предупредительных) мероприятий:

1. Максимально использовать существующие дорожные сети. Исключить прохождение техники вне дорог по участкам с естественной растительностью.

2. По окончании эксплуатации карьера рекультивировать нарушенные участки земель, что сократит сроки восстановления растительности на этих участках.

3. При традиционном сельскохозяйственном направлении рекультивации, для ускорения процесса восстановления растительного покрова рекомендуется посев смеси многолетних трав. Травы, используемые для рекультивации, должны быть апробированных сортов и местных популяций. Они должны быстро акклиматизироваться, обладать устойчивостью к неблагоприятным условиям микроклимата и отрицательным физическим и химическим условиям грунта, иметь сильно развитую корневую систему, обладать способностью к симбиозу с микроорганизмами.

Рекомендуемые виды трав и их характеристики приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Виды трав, рекомендуемые к применению при проведении биологической рекультивации, и их характеристики

Вид трав	Способность к детоксикации почвы	Быстрое образование дерна
тимофеевка луговая	+	+
овсяница луговая	+	+
овсяница красная	+	+
мятлик луговой	+	+
костер безостый	+	+
житняк гребневидный	+	+
райграс высокий	+	—
райграс пастбищный	—	+
люцерна желтая	—	+
Вид трав	Способность к детоксикации почвы	Быстрое образование дерна
полевица белая	+	+
лисохвост луговой	+	—
ежа сборная	+	+
клевер красный	+	+
клевер белый	—	+
донник желтый	+	+
Примечание - «+» — ярко выраженная способность вида к восстановлению экосистемы; «—» — отсутствие восстановительных способностей		

Смесь трав предпочтительнее любой монокультуры потому, что позволяет быстро сформировать более устойчивое в экологическом плане многокомпонентное травяное сообщество. Каждый компонент такого сообщества, выполняя свою функцию, в том числе дернообразователя, детоксиканта и т. д., будет способствовать стабилизации всей растительной ассоциации в целом.

4.2.5 Предложения по снижению воздействия на животный мир

Наличие на территории изысканий редких видов животных, внесенных в Красную книгу Оренбургской области и Красные книги более высоких рангов,

налагает определенные требования к недропользованию. В число таких требований входят недопущение браконьерства, захламления, загрязнения или порчи растительности в местах возможного обитания животных, исключение беспокойства животных и птиц в период размножения (гнездования).

По имеющимся фондовым материалам и проведенным исследованиям существующее геоэкологическое состояние почвенно–растительного покрова и животного мира достаточно благоприятное. Тем не менее, при ведении планируемой хозяйственной деятельности для предотвращения возможных неблагоприятных изменений необходимо предусмотреть комплекс природоохранных мер по защите животного мира, в первую очередь, от гипотетически возможных аварийных воздействий при геологоразведочных работах.

Основные усилия по минимизации антропогенного воздействия должны быть в первую очередь сосредоточены на охране мест обитания и районов миграций именно редких и уникальных животных.

4.2.6 Предложения и рекомендации по предотвращению и снижению неблагоприятных воздействий на ландшафты

Основное количество проектируемых объектов находится вне склонов оврагов и балок, вне поймы рек, вне облесенных участков и песчаных массивов. Но, тем не менее, персонал буровой должен уделять внимание состоянию имеющихся в районе строительства гидротехнических сооружений, и оказывать посильную помощь землепользователям в проведении противоэрозионных и оврагоукрепительных работ.

Для объектов, находящихся в зоне затопления необходимо проведение противопаводковых мероприятий.

Необходимо учесть наличие в районе строительства почв легкого гранулометрического состава и предусмотреть ряд мер по предотвращению разбивания песчаной почвы колесами автомобильного транспорта и спецтехники и появления незакрепленных песков – очагов эрозионных и эоловых процессов.

С целью полного предотвращения негативного воздействия предполагаемой хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и, в первую очередь, для охраны почвенно–растительного покрова, проектно–сметной документацией должно предусматриваться выполнение следующих мероприятий:

- выбор рациональной сети подъездных путей;
- передвижение транспорта исключительно по отведенной дорожной сети;
- обязательное соблюдение границ территории, отведенной под недропользование;
- организация мест временного складирования твердых отходов и регулярный их вывоз с территории каждой промплощадки;
- раздельное снятие плодородных слоев почвы и хранение их без потери качества в буртах до окончания эксплуатации объекта недропользования;
- обустройство перемычек в местах пересечений крутых склонов, промоин и кюветов;
- крепление незатопляемых берегов в местах пересечения следует предусматривать до отметки, возвышающейся не менее, чем на 0,5 м над расчетным паводковым горизонтом повторяемостью 1 раз в 50 лет, и на 0,5 м – над высотой вкатывания волн на откос. На затопляемых берегах, кроме откосной части, должна укрепляться пойменная часть на участке, прилегающем к откосу, длиной 1–5 м.

По окончании работ необходимо осуществить работы по рекультивации земель.

При рекультивации земель, вид и направление рекультивации определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.02–85. Во всех случаях, согласно требованию ГОСТ 17.5.1.01–83 рекультивация нарушенных земель выполняется в два этапа – технический и биологический.

При выполнении технической рекультивации необходимо:

- а) демонтировать и удалить имеющиеся вспомогательные конструкции;

- б) выровнять рекультивируемую поверхность;
- в) на спланированную поверхность нанести равномерным слоем ранее снятые потенциально–плодородный и плодородный слой почвы;
- г) провести окончательную планировку поверхности почвенного покрова площадки или полосы отвода.

После проведения технического этапа рекультивации приступают к биологической рекультивации. Необходимо провести этот этап в теплое время года – в период биологической активности почвы. Комплекс мероприятий по биологической рекультивации включает в себя следующее:

- а) внесение минеральные удобрения для улучшения пищевого режима почв (суперфосфат, комплексные удобрения, калий сернокислый);
- б) внесение органические удобрения для увеличения содержания органического вещества и повышения микробиологической активности почв;
- в) посев трав (в кормовых севооборотах) однолетних, многолетних, злаковых и бобовых культур для восстановления или формирования корнеобитаемого слоя и его обогащения органическими веществами.

Заключение

Рассматривая геоэкологические аспекты эксплуатации медноколчеданных месторождений в Оренбургской области, следует подчеркнуть важность комплексного анализа проблемы, что возможно лишь в том случае если рассматривать месторождения в качестве ландшафтов или геосистем техногенного происхождения. Анализ геоэкологического воздействия лишь на отдельные компоненты техногеосистемы – поверхностные воды, почвы или растительность в условиях сложившихся парадинамических систем (катен, геополей и экотонов), будет являться неполным. Учитывая, что парадинамические системы образуют разноуровневые сочетания, связывающие техногеосистему с окружающими ландшафтами, техногенные и природно–антропогенные элементы геосистемы, формирующие бассейновые и склоновые геохимические сопряжения, необходимость комплексного геоэкологического анализа техногеосистем медно–колчеданных месторождений на основе концепции природно–антропогенного становится очевидной.

Подытоживая выше сказанное, следует отметить, что в восточной части Оренбургской области сформировалась группа техногеосистем, происхождение которых связано с разрабатывавшимися или разрабатываемыми рудными и неметаллическими месторождениями. Характерными чертами таких техногеосистем является:

1. Наличие нескольких геоморфологических уровней, которые оборудовались вследствие разработки глубоких и сверхглубоких карьеров, и образования крупных отвалов вскрышных пород и некондиционных руд. Развитие аномальных амплитуд рельефа (на Гайском месторождении более 400 м; на Блявинском – около 300 м; на Летнем – около 200 м) ведет к активизации экзогенных процессов, резко повышает динамичность геосистемы и приведет ее в состояние устойчивого дисбаланса.

Контрастность рельефа техногеосистем коррелирует с размерами месторождения и особенностями рудного тела. Характерной особенностью всех гор-

но–техногенных ландшафтов, связанных с карьерными разработками, является близкое взаиморасположение аномальных по высоте и глубине точек рельефа – карьеров и отвалов.

2. Формирование сложной системы геохимических полей (аномалий). Геохимические поля представляют собой парадинамическую интерференцию (наложение) концентраций химических веществ в различных компонентах ландшафтов рудных месторождений. В частности, на техногеосистемах медно-колчеданных месторождений сложность мозаики геохимических полей (в первую очередь, образуемых тяжелыми металлами) определяется временными рамками разработки месторождения, особенностями геологического и гидро-геологического строения месторождения, а также сложностью сформировавшегося техногенного рельефа. Особое значение в формировании геополей имеют выходы подотвальных родников, дренирующих толщу пород и суммирующих все основные химические элементы горно–техногенного ландшафта. Также существенную роль в образовании гидрогеохимических аномалий выполняют рудничные озера (озера Блявинского, Гайского, Яман–Касинского, Айдырлинского и Айдербакского карьеров), которые фиксируют уровень местного базиса эрозии поверхностных и грунтовых вод и определяют мощность зоны субаэрации техногенного ландшафта. Размеры этой зоны имеют особое значение, поскольку определяют интенсивность протекающих на месторождении геодинамических процессов и тем самым влияют на сукцессионные процессы почв и растительности. В условиях многоуровневой стратификации техногенного рельефа в пределах горно–техногенных ландшафтов формируется несколько базисов эрозии в зависимости от глубины карьеров и размещения эрозионной сети.

3. Формирование сложной системы урочищ, подурочищ и фаций. В зависимости от проявления геодинамических, геоморфологических и геохимических градиентов устанавливается система разнородных ландшафтных границ, определяющих сложность и разнообразие морфологической структуры горно–техногенного ландшафта. Особенности горно–техногенных ландшафтов медно-

колчеданных месторождений заключаются в единичном проявлении отдельных видов урочищ (например, техногенные родники), изоморфности (сложной контурности) и высокой динамичности (подвижности) по сравнению с природными геосистемами.

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 Гайского и Блявинского месторождений) наибольшее значение для обострения геоэкологической ситуации имеет формирование техногенного горизонта высокоминерализованных кислых подземных вод на обширной территории отвалов, стоком их в реки и загрязнением почв, грунтов и природных вод. При этом границы ореола техногенных вод расширяются в основном за счет миграции высокоподвижных сульфатов и хлоридов, а депонирование токсиантов и развитие высокоградиентных геохимических аномалий связано с накоплением тяжелых металлов 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 геоэкологическая ситуация на техногеосистемах медноколчеданных месторождений может варьировать от стабильной до критической и кризисной.

Гидрогеолого-экологическая обстановка, как показал анализ имеющегося материала и полевые исследования 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 пло-

щади 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. График наблюдений за химизмом воды и частотой отбора проб (табл. 11) согласован с природоохранными органами. Наблюдения в режимных скважинах проводятся 2 раза в год.

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 геоэкологической 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 поверхности и залегают на глубинах 0,5–8 м. В районе отвалов также образовался техногенный горизонт с участием грунтовых вод, дренируемый карьерами в полосе шириной до 1 км. Режим уровня подчинен климатическим факторам и характеризуется наивысшим положением УГВ в мае и низшим 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 2004–2010 гг. и не подвергается большим колебаниям в содержании как макрокомпо-

нентов, (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 подъем их уровня не наблюдается, а его колебания на территории ГОК, Камейкино и Калиновка подчинены климатическим факторам.

Наблюдательная сеть, в основном, решает внутрипроизводственные задачи, имеющихся скважин и постов наблюдения за поверхностными водами, включая 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 Ялонгаса 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 уровня, 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 сква-

жин следует разместить на участке обогатительной фабрики, а для определения фоновых показателей – выше пос. Камейкино.

Список использованных источников

Опубликованная литература

- 1 Азарова, С.В., Отходы горно–добывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов республики Хакасия). – Томск, 2005. – 21 с.
- 2 Амосов, Л. А. Попутные полезные компоненты медных и железорудных месторождений Урала /Л.А. Амосов, С.И. Мормиль // Известия вузов. Горный журнал. - 1996. - № 3–4. - С. 10–26.
- 3 Аржанова, В.С. Горнопромышленный техногенез как фактор трансформации гидрохимии природных вод/ П.В. Елпатьевский // Эколого–геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия. - М.: ИМГРЭ, 1990. – 51 с.
- 4 Артамонова, С.В. Геоэкологические аспекты классификации техногеосистем меднокочеданных месторождений Оренбургской области / В.П. Петрищев, А.Ж. Калиев // Вестник ОГУ. - 2010. - №12 (118). - С.190–195.
- 5 Атлас Свердловской области / В.Г. Капустин, И.Н. Корнеев, Е.Г.// Анимациа [и др]. -Екатеринбург: Изд. Роскартографии, 1997. - 48 с.
- 6 Балдина, Е.А. Методика дешифрирования разновременных космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне / М.Ю. Грищенко // Вестн. Моск. ун–та. Сер. 5. География. - 2014. - № 3. - С.35–41.
- 7 Белогуб, Е.В. Сульфаты Урала / Е.П. Щербакова, Н.К. Никандрова // Миасс: Имин УрО РАН, - 2005. - 128 с.
- 8 Беус, А.А. Геохимия окружающей среды / Л.И. Грабовская, К.В. Тихонова. Москва: Недра, 1976 – 248 с.
- 9 Беус, А.А. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых / С.В. Григорян. Москва: Недра, 1975 – 280 с.
- 10 Бингам, Ф. Токсичность металлов в сельскохозяйственных культурах / Ф. Бингам, Ф. Перье, У. Джерал // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. - Москва: Мир, 1993.
- 11 Василенко, В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / К.М.

Назаров, Ш.Д. Фридман. - Л.: Гидрометеиздат. - 1985. -№ 5. - 178 с.

12 Васильев, А.А. Антропогенные риски здоровью населения малого промышленного города: Автореф. дис. ...канд. мед. Наук/ А.А. Васильев - Оренбург, 2005. - 24 с.

13 Ведякин, А.А. О проблемах загрязнения природы России металлами и соединениями / Л.В. Шаумин, М.Д. Батунова // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды: Обзор. информ. ВИНТИ. - 1996. - № 9. - С. 32–42.

14 Проблемы геохимии и космохимии / А.П. Виноградов - Москва: Изд-во АН СССР, 1967.

15 Геохимическая составляющая экологии горнорудных районов / М.И. Воин. - Москва: Геоинформарк, 1992 - 44 с.

16 Гаев, А. Я. Охрана и преобразование природы на Гайском ГОК / А.Я. Гаев // Горный журнал. - 1980. - № 9 - 31–32 с.

17 Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод / А.Я. Гаев. - Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1989 - 368 с.

18 Главные направления в охране окружающей среды на Урале / А.Я. Гаев. - Свердловск; Оренбург, 1991 - 70 с.

19 Техногенез и формирование геологической среды на примере объектов Гайского горно-обогатительного комбината / А.Я. Гаев, Т.И. Якшина - Пермь: Изд-во Перм.ун-та, 1996 - 200 с.

20 Геологический справочник по сидерофильным и халькофильным редким металлам / В.В. Иванов, О.Е. Юшко-Захарова, Л.Ф. Борисенко, Л.В. Овчинников. – Москва: Недра, 1989.

21 Глазовская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР - Москва: Высшая школа, 1988. – 327 с.

22 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – Москва: Высшая школа, 1977 - 479 с.

23 Голева, Г.А. Гидрогеохимические поиски рудного оруднения / Г.А. Голева - Москва: Недра, 1968. – 239 с.

24 Глазовская, М.А. Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем - Москва: Наука, 1982. - 277 с.

25 Дубровская, С.А. Оценка потенциального воздействия горно-добывающего производства на городской ландшафт на примере Гайского месторождения / Р.В. Ряхов, В.П. Петрищев // Экология урбанизированных территорий. - 2016. - № 4. - С. 65–71.

26 Замотаев А.Н. Гайский подземный рудник в двенадцатой пятилетке / В.Н. Перейма, Ю.В. Волков // Горный журнал. - 1987. - № 10. - С. 31–32.

27 Золоев К.К. Металлогенические и прогнозные карты Урала и отдельных его территорий / Е.С. Контарь, М.С. Рапопорт // Известия вузов. Горный журнал. - 1998. - № 7–8. - С. 24–57.

28 Геологическое развитие и металлогения Урала. / К.К. Золоев, М.С. Рапопорт, Б.А. Попов. - Москва: Недра, 1981 - 256 с.

29 Экологическая геохимия элементов / В.В. Иванов - Москва: Недра, - 1994. Кн. 1 - 303 с.

30 Экологическая геохимия элементов / В.В. Иванов - Москва: Недра, 1996. Кн. 3 - 351с.

31 Экологическая геохимия элементов / В.В. Иванов - Москва: Экология, 1996. Кн. 4. - 407 с.

32 Экологическая геохимия элементов / В.В. Иванов - Москва: Экология, 1997. Кн. 5. - 576 с.

33 Калуцкова, Н.Н. Динамика биологической продуктивности степных экосистем Оренбургского заповедника: анализ по данным дистанционного зондирования / Н.О. Тельнова, Н.М. Дронин // Оренбургский заповедник: значение для сохранения степных экосистем России и перспективы развития: Тр. Гос. природного заповедника «Оренбургский». Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ», 2014. Вып. I. - С. 89–91.

34 Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.И. Кузьмина, Н.П. Морозовой - М.: Изд. Минэкология

РФ, 1992.

35 Куксанов, В.Ф. Содержание химических канцерогенов в различных объектах окружающей среды / М.В. Баженова // Охрана окружающей среды Оренбургской области / Под ред. В.Ф. Куксанова. Оренбург: ИПК ОГУ, 2002 - С. 123–134.

36 Геохимия океанического и континентального магматизма / Лутц Б.Г. - Москва: Недра, 1980 - 234 с.

37 Магматические горные породы: Основные породы / Под. ред. О.А. Богатикова, Е.В. Шаркова - Москва: Наука, 1985.

38 Бионеорганическая химия токсичных ионов металлов / Р. Мартин // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов - Москва: Мир, 1993.

39 Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для ОВОС проектируемых горнодобывающих предприятий. - М.: АН СССР, 1986. - 100 с.

40 Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения городов химическими элементами. - М.: АН СССР, 1982. - 111 с.

41 Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами: Госкомгидромет СССР / Н. Г. Зырина, С.Г. Малахова. - М.: Гидрометеиздат, 1981. - 109 с.

42 Несвижская, Н. И. Геохимические основы предельно допустимых концентраций химических элементов в почвах. Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах / Н. И. Несвижская, Ю. Е. Саэт. - Л.: Гидрометиздат, 1985.

43 Овчинников, Л. Н. Образование рудных месторождений / Л. Н. Овчинников. - М.: Недра, 1988.

44 О металлогенической специализации колчеданоносных вулканогенных формаций / М. Б. Бородаевская, А. И. Кривцов, Н. К. Курбанов, М. И. Новгородова и др. / Докл. АН СССР. 1969. - Т. 187. - С. 421–423.

45 О результатах полевых работ на медь, проведенных на Ломовском

рудном поле в Кировградском районе в 1969– 1973 годах / Л. И. Сипливых, Е. М. Снегирева, А. И. Кузнецов, Р. С. Мальцева. - Свердловск, 1973.

46 Осовецкий, Б. М. Миграция техногенных компонентов в речных долинах и ее влияние на состояние экосистем / Б. М. Осовецкий, Е. А. Меньшикова. - Вестник Пермского университета, 1996, № 4 - С. 113–127.

47 Парфенова, Л. П. Прогноз качества подземных вод в зонах влияния шламохранилищ медеплавильных комбинатов Среднего Урала. Автореф. / Л. П. Парфенова. - Екатеринбург: УГГГА, 1997. - 21 с.

48 Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман. - М.: Высшая школа, 1975.

49 Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. - М.: 1999. - 764 с.

50 Перечень ПДК и ориентировочно – допустимых количеств (ОДК) хим. веществ в почве. - М.: 1993. - 14 с.

51 Петрищев, В. П. Закономерности формирования современной ландшафтной структуры горно–технических комплексов медноколчеданных месторождений Оренбургской области / В. П. Петрищев А. А. Чибилёв. - Проблемы региональной экологии. 2010, № 2 - С. 89–94.

52 Попов, А. И. Прогноз изменения природных условий Западной Сибири / А. И. Попов, В. Т. Трофимов. - М.: Изд–во МГУ, 1988. - 236 с. ISBN 5–211–00125–7.

53 Прогнозирование техногенных гидрогеологических процессов (проблемы охраны окружающей среды). - Алма–Ата: - Наука, 1988. - 142 с.

54 Прогностика. Терминология. - М.: Наука, 1978.

55 Прокин В. А. Закономерности размещения и условия формирования колчеданных месторождений Южного Урала / В. А Прокин. – Уфа, 1969.

56 Пронин А. П. Эколого–геохимическая оценка загрязнения приземной атмосферы по данным изучения снегового покрова / А. П. Пронин, В. Н. Башорин, А. П. Зачернюк. – Спб.: Геоэкологические исследования и охрана недр, 1994.

57 Пшеничный, Г. Н. Гайское медноколчеданное месторождение Южного Урала / Г. Н. Пшеничный. - М.: Наука, 1975.

58 Распределение физико–химических параметров в карьерных озерах Блявинского и Яман–Касинского колчеданных месторождений (Южный Урал) / В. Н. Удачин, П. Г. Аминов, Г. Ф. Лонщикова, В. В. Дерягин. – Оренбург: Вестник ОГУ. 2009. № 5 (111) - С. 166–172.

59 Розанов, С. И. Общая экология: учебник для вузов / С. И. Розанов. - СПб.: Лань, 2005. - 288 с.

60 Рудницкий, В. Ф. Типы колчеданных месторождений Урала / В. Ф. Рудницкий, В. А. Прокин, А. П. Наседкин. - Екатеринбург: УрО РАН. Известия вузов. Горный журнал, 1994. № 5. - С. 40–47.

61 Рудно–формационный и рудно–фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана / В. В. Зайков, В. В. Масленников, Е. В. Зайкова, Р. Херрингтон. - Миасс: ИМин УрО РАН, 2002. - 315 с.

62 Семячков, А. И. Спецметоды математики: учебное пособие к практическим занятиям / А. И. Семячков. - Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1995. - 38 с.

63 Шмакин, Б. М. Современные проблемы теоретической и прикладной геохимии / Б. М. Шмакин. - Новосибирск: Наука, 1987.

64 Таусон, Л. В. Геохимия редких элементов в гранитоидах / Л. В. Таусон. - М.: Изд–во АН СССР, 1961.

65 Тейлор С. Геохимия андезитов. Распространенность элементов в земной коре / С. Тейлор. - М.: Мир, 1972. С. 16–39.

66 Техногенная метаморфизация химического состава природных вод (на примере эколого–гидрогеохимического картирования бассейна р. Урал, Оренбургская область) / В. С. Самарина, А. Я. Гаев, Ю. М. Нестеренко, В. Я. Захарова, Г. Д. Мусихин, А. П. Бутолин. - Екатеринбург: Изд–во УрО РАН, 1999. - 444 с.

67 Фролова, Т. И. Геосинклинальный вулканизм (на примере восточного склона Южного Урала) / Т. И. Фролова, И. А. Бурикова. - М.: МГУ, 1977.

- 266 с.

68 Химический состав вод карьерных озер Южного Урала / К. А. Филиппова, П. Г. Аминов, В. Н. Удачин, А. Ю. Кисин., В. И. Гребенщикова, В. В. Дерягин, В. П. Петрищев, Г. Ф. Лонщикова, Л. Г. Удачина. - Екатеринбург: Вода: химия и экология. 2013. №7 (61) - С. 3–8.

69 Фортескью, Д. Геохимия окружающей среды / Д. Фортескью. - М.: Прогресс, 1985. - 359 с.

70 Цхай, А. А. Методы оценки гидрохимического стока и смыва загрязняющих веществ с различных ландшафтных элементов водосборного бассейна / А. А. Цхай. – Барнаул: СО РАН, 1995. - С. 95 - 43.

71 Черняева, Л. Е. Гидрохимия Урала / Л. Е. Черняева. - Свердловск, 1974. - 98 с.

72 Чибилев, А. А. Проблемы экологической гармонизации горнотехнических ландшафтов Оренбургской области / А. А. Чибилев, Г. Д. Мусихин, В. П. Петрищев. – Екатеринбург: Горный журнал, 1999. № 5–6 - С. 99 – 103.

73 Шварцев, С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев. - М.: Недра, 1978.

74 Янин, Е. П. Экологическая геохимия горнопромышленных территорий / Е. П. Янин. – М.: Обзор. инф. Геоинформмарк. 1993. № 2.

Фондовая литература

75 Гавриш, В. М. Отчет о гидрогеологических исследованиях по изучению обводнения территории п. Камейкино Гайского района Оренбургской области / В. М. Гавриш. – Орск: Фундаментпроект, 1997.

76 Гаев, А. Я. Пояснительная записка по результатам исследований по теме «Разработка системы контроля за качеством водной среды в районе Гайского промузла». Этап «Сохранение и внедрение элементов системы контроля и банка эколого–гидрохимических данных в районе Гайского промузла» / А. Я. Гаев, В.Я . Захарова. - Оренбург: Оренбургский отдел ОП и ОГС УрО РАН, 1993.

77 Устинова, З. Г. Заключение по прогнозу гидрогеологических условий затопления карьера №2 Гайского ГОКа кислыми водами. Орский район (Оренбургская область) / З. Г. Устинова.– М.: МКПУ Геоцентр, 1993.

78 Шарапов, А. Ф. Заключение экспертизы от 14.10.97 г. о причинах подтопления п. Камейкино Гайского района / А. Ф. Шарапов, В. Н. Кретов. – Оренбург: ПО Оренбурггеология, 1997.