

## О ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА И ОСВОЕНИЯ ГАЙСКОГО РАЙОНА

В статье раскрывается процесс преобразования геологической и экологической сред /4/ в процессе освоения Гайского медно-колчеданного месторождения. Выполнена схема типизации эколого-геологических условий строительства на территории Гайского района /5/.

### 1. Постановка задачи

В Гайском районе осуществляется разнообразное строительство: промышленное, горнотехническое, энергетическое, транспортное, дорожное, сельскохозяйственное, жилищное, гражданское и др. Строительные объекты оказывают значительное воздействие на все компоненты окружающей среды, изменяя и нередко ухудшая условия строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Наиболее глубокое воздействие на природную среду оказывают горнотехнические сооружения – карьеры и шахты. Наиболее крупными из них служат горные выработки Гайско-медно-колчеданного месторождения. Оно открыто в 1954 году и является крупнейшим в мире месторождением этого типа.

В геологическом отношении район характеризуется складчатым основанием, представленным вулканогенно-осадочными образованиями от рифейских до нижнекаменноугольных. С вулканогенными породами среднего девона связаны месторождения сульфидных руд. Породы платформенного этапа развития представлены корами выветривания, континентальными и морскими толщами юры, нижнего мела, палеогена и неогена, 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/.

На его базе с 1959 г. создан и работает Гайский горнообогатительный комбинат. Он расположен на восточном склоне Южного Урала, в бассейне реки Урал, в пределах Оренбургской области, где имеются и другие аналогичные месторождения (рис. 1).

Физико-географические условия района способствовали пенеппенизации Восточного склона Южного Урала. Вот почему уже в естественных условиях процессы гипергенеза медно-

колчеданных и серно-колчеданных руд привели к формированию минеральных вод Купоросного озера, известного по литературным источникам с 1902 г. Воды этого озера сыграли роль поискового признака при открытии месторождения. В условиях эксплуатации месторождения начали развиваться процессы техногенеза (Ферсман, 1934), которые привели в понимании Е. М. Сергеева и А. И. Перельмана соответственно к формированию геологической среды и сернокислотных ландшафтов специфического облика. В зоне влияния карьеров глубиной до 300 м и бо-

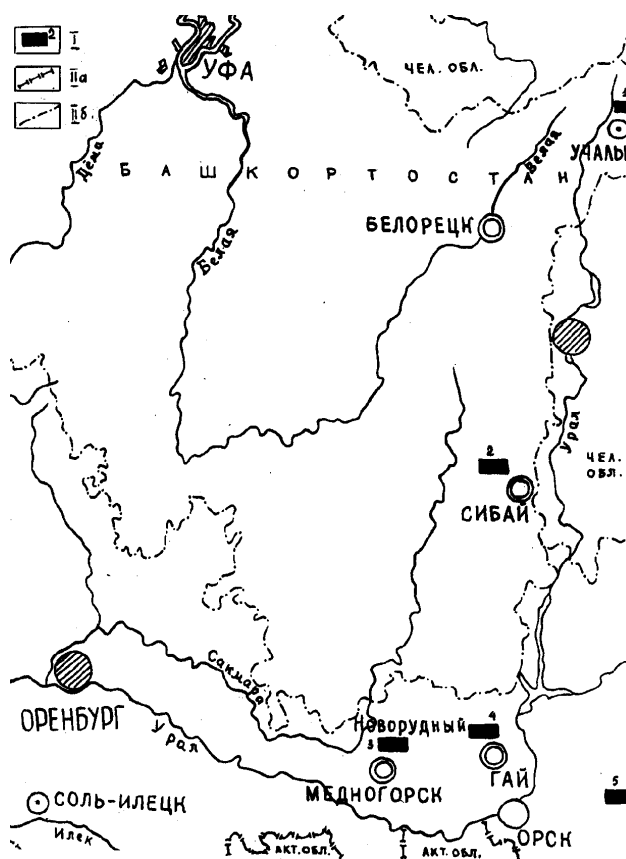


Рисунок 1. Схема расположения крупных медно-колчеданных месторождений Южного Урала  
 I – медно-колчеданные месторождения: 1 – Учалинское; 2 – Сибайское; 3 – Медногорское; 4 – Гайское; 5 – Летнее.  
 II – границы: Па – государств; Пб – республик, областей

лее и диаметром до 1,5-2 км, отвалов руд и пород высотой до 100 м и более, шламохранилищ, хвостохранилищ диаметром 800 м и глубиной в 20 м и других объектов, сернокислотные процессы достигли невиданной интенсивности. В приповерхностной зоне и на поверхности земли сформировались сернокислые растворы тяжелых металлов. Они способствуют образованию техногенных солончаков и неизвестных в природе сернокислых растворов с минерализацией до 300 г/л. В хвостохранилищах скопились вторичные техногенные руды с крупными запасами халькофильных элементов благородных металлов и др. элементов.

При изучении этих уникальных объектов и явлений авторы решали следующие основные задачи:

- изучить интенсивность и масштабы развития процессов техногенеза;
- моделировать процессы и условия развития этих процессов с построением схем ее типизации;
- оценить качественно и количественно преобразования геологической среды и элементарных геохимических ландшафтов с целью прогноза дальнейших их преобразований в ходе реализации различных вариантов проектов социально-экономического развития территории;
- использовать установленные закономерности для оценки условий строительства и перехода на модель устойчивого развития территории с управлением качеством геологической и географической сред.

При выполнении этой работы авторы в составе полевых экспедиций Оренбургского политехнического института (ныне университета) и Оренбургского отдела УрО РАН выполнили исследования на площади более 2000 км<sup>2</sup>. За 20 летний период здесь отобрано и проанализировано более 2500 проб поверхностных, подземных и сточных вод; опробованы также почвы, аллювиальные, пролювиальные и элювиально-делювиальные отложения, отвалы горных пород, шламов, шлаков, золы. Физико-химические анализы выполнялись в академических, производственных лабораториях и в лабораториях университета (ранее ОрПИ). Они сопровождались внутренним и внешним контролем /3/.

## 2. Характеристика района в работах исследователей

Первые научные сведения об условиях строительства в районе получены академическими

экспедициями XVIII-XIX веков. В 1902 г. появились первые литературные сведения о Купоросном озере и целебных свойствах его воды и грязей. Они уже тогда использовались местным населением для лечения кожных заболеваний. В 1932 г. И. Л. Рудницкий обнаружил в водах озера медь. Он впервые высказал мысль о связи озера с колчеданным оруднением или с сульфидной минерализацией. В 1949 г. Е. А. Пислегинной выявлено несколько гидрогеохимических аномалий, проверка которых поисковым бурением привела в 1954 г. к открытию Гайского месторождения /2/.

Среди многочисленных организаций и исследователей, которые способствовали изучению и освоению Гайского месторождения, следует отметить: ВСЕГИНГЕО (А. А. Бродский, 1955; Г. А. Голева, 1964 и др.), МГУ (М. А. Глазовская, 1959; А. А. Макунина, 1961), Оренбургское геологическое управление (Л. Д. Герман-Русакова, 1962; А. М. Черняев, Е. И. Токмачев, Л. Е. Черняева, 1962-1968; В. Б. Черняхов, 1968-1970), ЦНИГРИ (М. Б. Бородаевская и др., 1956-1973) и УрО РАН (В. А. Пшеничный, 1975, В. А. Прокин, 1989-1992; В. В. Зайков, 1989-1992) и др. Установлено, что Гайское месторождение сложено вулканогенными породами андезито-дацитовой формации (D -Dgv), залегающими среди терригенных толщ улутауской свиты (Dgv) (рис. 2).

**Эндогенные условия.** Гайская структура ассимметрична – с крутым восточным и более пологим западным крыльями. Выделяются две зоны глубинных разломов – Гайская и Калиновская, которые контролировали проявление девонского вулканизма и поствулканических преобразований. В вертикальном геологическом разрезе в соответствии с двумя циклами вулканизма выделяются две группы толщи: андезито-дацитовая и андезито-базальтовая. В Гайской структуре гидротермально-метасоматические преобразования пород сопровождаются их рассланцеванием. Рудные тела приурочены к этим зонам и характеризуются геолого-геохимической зональностью: серно-колчеданные руды в центре сменяются к периферии медно-колчеданными и далее – полиметаллическими.

**Техногенные и экзогенные условия.** В 1962 г. в результате работ геологов Свердловского горного института Н. Н. Мочалова, Е. С. Турова и др. на карьере №1 Гайского ГОКа была определена степень устойчивости пород в бортах карьера, получены данные по формированию

воронки депрессии и дан расчет водопритоков в карьер при глубине 380 м по данным фактического водоотлива в количестве 5780 м<sup>3</sup> /сут /11/. В статье /13/ рассмотрены зоны гипергенеза Гайского медно-колчеданного месторождения. Ими подчеркивается, что подземные воды зоны активного водообмена, несущие активные газы (кислород, углекислоту), являются главным фактором экзогенных процессов и играют роль окисляющего, выщелачивающего и транспортирующего агента. Вследствие этого в рудных телах возникла мощная, хорошо проработанная зона окисления и цементации. Подзона полного окисления имеет нижнюю границу на глубине 33-84 м и представлена по сплошным рудам – бурым железняком; по вкрапленным рудам – охристо-кварцевым щебнем, пористыми вторичными кварцитами с примазками ярозита; по основным породам – плотным бурым железняком, охрами и охристыми глинами. Подзона выщелачивания распространена до глубины 90-107 м, а в центральной и южной части

месторождения – более чем на 220 м. Она представлена сплошными и вкрапленными сульфидными рудами со вторичными сульфидами и сульфатами.

Химический состав вод формировался в связи с геохимической зональностью, которая, в свою очередь, обусловила формирование в центре чистых сульфатных вод, а по периферии сульфатно-хлоридных. Последние постепенно при удалении от месторождения переходят в хлоридно-сульфатные и хлоридные /14/. Отмечено, что, выходя из зоны окисления, подземные воды нейтрализуются. Быстро нарастают концентрации в водах гидрокарбонат-иона. В зоне цементации протекают процессы осаждения из раствора металлов. Однако есть данные, что на глубинах 300-700 м содержание тяжелых металлов в подземных водах значительно превышает фоновые концентрации, что говорит о самостоятельном окислении сульфидов водами, циркулирующими по тектоническим трещинам на значительной глубине. Гайское месторождение по минеральному составу несколько отличается от других широким развитием борнита и блеклых руд, повышенным содержанием золота и примесью полиметаллической минерализации. Здесь обнаружено 80 минеральных видов.

А. М. Черняев делает два основных вывода:

– в пределах месторождения сульфат-ион мигрирует по всему разрезу и, поступая в воды грунтового стока, образует четко выраженные ореолы рассеяния. Площади развития сульфатных вод полностью оконтуривают рудные тела, залегающие даже на больших глубинах;

– основные металлы, типоморфные для медно-колчеданных оруднений, образуют в подземных водах четкие ореолы рассеяния вокруг месторождения.

В томе 43 Гидрогеологии СССР /6/ отмечено, что залежи медного колчедана приурочены к наиболее приподнятой части сопки, выходя здесь на поверхность земли. Экзогенными процессами она превращена здесь в образования «железной шляпы». Сток подземных вод от пяти залежей месторождения происходит к северу, востоку и юго-востоку от месторождения. Непосредственно над контуром медных сульфидных руд располагается контур кислых рудных вод с рН 3-4 и высокими концентрациями сульфатов меди, железа, цинка, свинца и др. металлов. Их минерализация в первый период разработки достигала 277 г/л.

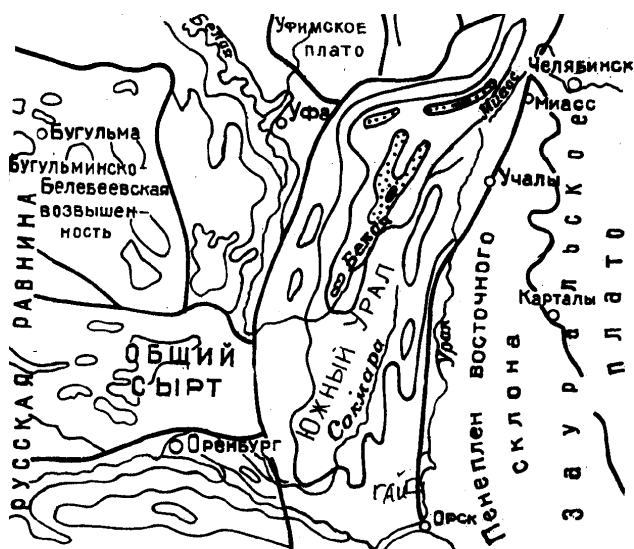


Рисунок 2. Геологическая карта района Гайского медно-колчеданного месторождения

- 1 – современные техногенные отложения – отвалы горных пород; 2 – ложковые отложения верхнего плейстоцена-голоцена, глины, гравий и щебень;
- 3 – верхний плиоцен – глины и суглинки; 4 – плиоцен – глины загипсованные; 5 – верхний олигоцен – глины;
- 6 – нижняя, средняя юра – глины с прослоями песка и галечников; 7 – улутауская свита верхнего живета;
- 8 – бугулыгырский горизонт нижнего живета;
- 9 – нижний живет нерасчлененный; 10 – вторая толща гайского вулканогенного комплекса (верхний эйфель); породы девона; 11 – вулканомиктовые песчаники, гравелиты и аргиллиты; 12 – кремнистые, глинисто-кремнистые, гематитово-кремнистые породы, яшмы;
- 13 – эффузивы основного состава (долерито-базальты, базальты) с кремнистыми прослоями; 14 – эффузивы кислого состава с серицит-кварцевыми метасоматитами и линзами сульфидных руд; 15 – границы города и поселков.

В. Н. Родионова (1972), исследуя формирование гайских минеральных вод, установила, что уже к 1970 г. в результате эксплуатации медно-колчеданных руд и рудничного водоотлива изменилось направление стока рудных вод. Разгрузка осуществляется в центре депрессионной воронки. Сравнение карт гидроизогипс Е. А. Пислегиной (1951) и В. Н. Родионовой (1972) свидетельствует о понижении уровня подземных вод в районе курорта на 6 м. Эта тенденция к понижению уровня подземных вод на курорте прослежена вплоть до конца XX столетия. Водовмещающими служат породы палеозоя, мезозойские и кайнозойские отложения. Минерализация вод не превышает 9. 5-10 г/л, а самые низкие значения рН составляют 2. 8-5. 2, то есть это рудные и частично ореольные воды, формирующиеся в естественных условиях.

К минеральным водам, обладающим бальнеологическими свойствами, относятся воды с минерализацией 206 г/л и рН 4. 0, содержащие повышенные концентрации железа и меди. В. Б. Черняхов (1968-1970) установил, что уже к 1970 г. содержание натрия и калия в минеральных водах возросло в 9 раз, а кальция и хлора – в 2,5 раза.

За 40-летний период эксплуатации медно-колчеданного месторождения и 70-летний период эксплуатации месторождения Гайских минеральных вод произошло полное истощение минеральных вод, сформировавшихся в естественных условиях путем растекания рудных вод в юго-восточном направлении от медно-колчеданных залежей. Одновременно в зоне рудничного водоотлива сформировались рудничные серно-кислые воды, которые могут и уже применяются в бальнеологических целях. В 1968-1990 гг. геологами Круторожинской партии (В. А. Гельдт и др. , 1990) произведена предварительная разведка этих техногенных минеральных вод. Существенно изменились условия бальнеологического строительства.

### 3. О геологической среде района

Наши исследования показали, что техногенные условия строительства определяются особенностями технологии горнодобывающего и других производств и геологическими условиями строения территории. Оба эти фактора проявляются через тип геолого-геохимического разреза. На исследуемой территории нами выделены три типа разреза и выполнена схема типизации эколого-геологических условий. Изучение

особенностей проявления техногенеза связано с анализом всех фаз геологической среды, и прежде всего водной фазы, наиболее подвижной в миграционном отношении. Процессы загрязнения геологической среды проявляются во всех фазах. Глубокие преобразования ее состава улавливаются по метаморфизации химического состава вод. Напомним, что метаморфизация эта может быть полной – с изменением химического типа воды и неполной – с изменением только подтипа или группы химического состава /5/.

По своему генезису водная составляющая геологической среды всех геологических подразделений питается главным образом за счет атмосферных осадков. Атмосферные осадки весьма интенсивно загрязнены сульфатами, по химическому подтипу относятся преимущественно к сульфатно-натриевым, нередко имеют минерализацию до 0. 1-0. 2 г/л. Принадлежность к сульфатно-натриевому подтипу определяется системой  $\text{NaCl-MgSO}_4\text{-Na}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ . Химический состав инфильтрационных вод формируется при выщелачивании атмосферными осадками пород в соответствии с формулой: порода (в том числе техногенные накопления) – вода – газ (естественного и техногенного происхождения) – живые организмы. Реализация этой формулы в конкретных условиях приводит в нашем районе к образованию трех основных химических типов (и подтипов) подземных вод: хлоридно-магниевых, сульфатно-натриевых и кислых железисто-алюминиевых; подчиненное развитие имеют воды содового и хлоридно-кальциевого типов (рис. 3) /10/.

Воды хлоридно-магневого подтипа, характеризующие сток с западной части исследованной территории, отличаются низкой минерализацией, преобладанием среди катионов магния и очень невысоким содержанием натрия. Известно, что приуроченность к хлоридно-магневому подтипу определяется системой  $\text{NaCl-MgSO}_4\text{-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ . Метаморфизация сульфатно-натриевого подтипа вод в хлоридно-магний осуществляется за счет увеличения количества магния и хлора и связана как с естественными, так и с техногенными процессами. В нашем районе их формирование обусловлено повышенным содержанием магния в Халиловском и Ишкининском массивах серпентинитов /7/.

Подземные воды сульфатно-натриевого подтипа в Гайском районе развиты в северной части и занимают его восточную половину.

Воды принадлежат к пресным и солоноватым (до 5.1 г/л), пестры по анионному и катионному составу, но на фоне пестроты отчетливо выражены повышенные содержания в них натрия, в солоноватых водах – сульфат-иона; в отдельных случаях в пресных водах больше всего ионов хлора. Итак, формирование сульфатно-натриевого подтипа вод в районе – это преимущественно естественный процесс, развивающийся благодаря взаимодействию атмосферных осадков с вмещающими породами, протекающий без метаморфизации состава исходных (атмосферных) вод. При удалении от р. Урал на отдельных участках минерализация вод аллювия повышается до 3.5 г/л, а содержание сульфат-иона в них достигает 2 г/л и более. Интенсивное

загрязнение сульфатами связано с потоками вод, состав которых формируется при выщелачивании техногенных сульфатно-хлоридных солончаков, широко развитых в районе промпредприятий. Формирование кислых подземных вод укладывается в следующую схему: разрушение «железной шляпы» месторождения в процессе ее выветривания → окисление сульфидных руд под воздействием инфильтрационных вод и кислорода воздуха → накопление в подземных водах сульфатов, свободных ионов водорода и металлов: алюминия, железа, меди, цинка и др. Итак, формирование кислых вод, для которых характерна система  $H-FeSO_4; Fe_2(SO_4)_3-Al_2(SO_4)_3-H_2O$ , на первом этапе (до начала эксплуатации Гайского месторождения) можно рассматривать как естественный процесс метаморфизации исходных вод (атмосферных осадков) в соответствии с формулой порода – вода – газ – живые организмы, причем все компоненты этой системы имели природный генезис [2].

С началом эксплуатации месторождения, когда из-за шахтного водоотлива стала образовываться и постепенно расширяться воронка депрессии и когда на поверхности земли начали накапливаться твердые техногенные образования – отвалы пород, шламы и пр., начался второй этап «жизни» кислых вод. Техногенная метаморфизация химического состава водной составляющей геологической среды в районе месторождения пошла по двум направлениям:

– «разрушение» кислых вод при растекании от месторождения. Оно усилилось при образовании воронки депрессии, что привело к интенсивному «наступлению» на кислые воды вод окружающего фона. В результате смешения различных вод и участия вмещающих пород кислые воды преобразуются до нейтральных и слабощелочных, вследствие чего из раствора выпадают металлы, вода приобретает сульфатный тип хлоридно-магниевый и сульфатно-натриевый подтипы, в зависимости от особенностей состава фоновых вод и вмещающих пород;

– формирование кислых вод путем выщелачивания атмосферными осадками отвалов Гайского рудника. Формирующиеся при этом техногенные кислые подотвальные воды приобретают повышенную минерализацию, низкое рН и сульфатно-алюминиево-железистый состав.

Подземные воды содового и хлор-кальциевого типа пользуются в районе локальным развитием.



- |    |     |    |   |    |   |    |                                |    |                               |
|----|-----|----|---|----|---|----|--------------------------------|----|-------------------------------|
| 1  | IV  | 2  | III-IV  | 3  | N <sub>2</sub>                                | 4  | N <sub>2</sub>                 | 5  | IV                            |
| 6  | I-2 | 7  | D <sub>2</sub> ZV <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | 8  | D <sub>2</sub> ZV <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | 9  | D <sub>2</sub> ZV <sub>1</sub> | 10 | D <sub>2</sub> e <sub>2</sub> |
| 11 |     | 12 | " "   | 13 | Г Г Г   | 14 | >1                             | 15 | —                             |

Рисунок 3. Гидрохимическая карта района горно-обогатительного комбината  
 I – водопункты, их номер(по каталогу), возраст пород, минерализация воды, г/л. 1 – скважины, 2 – родники, 3 – колодцы;  
 II – химические типы(подтипы) вод – гидрогеохимические поля в отдельных водопунктах. 4 – сульфатный (SO<sub>4</sub>-Na подтип), 5 – сульфатный (Cl-Mg подтип), 6 – содовый (HCO<sub>3</sub>- Na), 7 – хлоридный (Cl-Ca), 8 – кислые воды (рН<5)  
 III – минерализация воды, г/л: 9 – < 0.6; 10 – 0.6-1.0; 11 – 1.0-1.3; 12 – 3.0-5.0; 13 – > 5;  
 IV – химический состав воды(по первым двум преобладающим компонентам): 14 – HCO<sub>3</sub><sup>3</sup><sub>76</sub>SO<sub>4</sub><sup>4</sup><sub>11</sub> / Mg<sub>92</sub>Ca<sub>7</sub>  
 V – границы: 15 – между гидрогеохимическими полями (водами различного химического типа), 16 – между водами с различной минерализацией, 17 – контур карты врезки по Гайскому курорту.

Изложенная концепция метаморфизации химического состава водной фазы геологической среды в пределах междуречья Урал – Губерля свидетельствует о том, что ее техногенная метаморфизация в районе связана пока главным образом с воздействием разработки месторождения медно-колчеданных руд на окружающую среду (рис. 4) Определенное значение имеют и другие загрязнители: ТЭЦ, предприятия, птицефабрики, различные фермы и т. д. Большую роль играют и естественные процессы формирования химического стока. Подчеркнем, что весьма характерная для района прерывистость геохимических полей обусловлена наложением друг на друга различных процессов, протекающих при формировании химического стока в породах фундамента и в осадочном чехле.

На нашей схеме метаморфизации химического состава и загрязнения водной составляющей геологической среды (рис. 4) выделяются следующие геохимические поля с различным качеством и глубиной преобразования геологической среды: полной метаморфизации химического состава водной фазы; неполной метаморфизации; загрязнения различных фаз вещества геологической среды, но в пределах ПДК; с незначительными качественными преобразованиями.

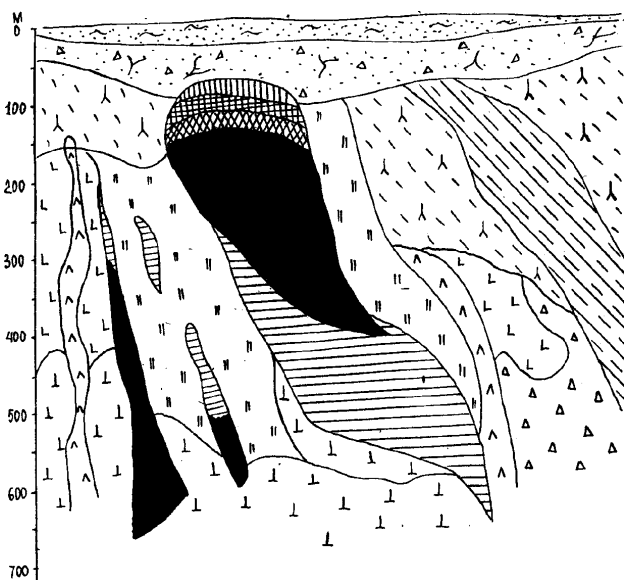


Рисунок 4. Карта-схема состояния геологической среды. Район Гайского горно-обогатительного комбината. Виды техногенеза: 1 – извлечение элементов из недр, 2 – перегруппировка элементов на поверхности земли, 3 – инженерное и с/х перераспределение элементов на поверхности земли, 4 – полная, 5 – неполная, 6 – отсутствует; участки загрязнения: 7 – непригодные для внепроизводственного использования, 8 – пригодные с ограничениями; геохимические барьеры: 9 – природный, 10 – техногенный, 11 – природно-техногенный.

Взаимоотношения полей с различным уровнем и качеством преобразования геологической среды весьма разнообразны. Однако участки геологической среды, испытывающие достаточно глубокие изменения в виде полной или неполной метаморфизации химического состава водной фазы, как правило, загрязнены. Это не является строгим правилом, то есть участки загрязнения могут содержать воды, химический состав которых не метаморфизирован, и наоборот, участки с метаморфизованными водами могут быть не затронуты глубоко процессами загрязнения. Это, прежде всего, относится к участкам развития маломинерализованных вод содового типа или сульфат-натриевого подтипа (рис. 4). Выявленные закономерности определяют условия разнообразного строительства, и прежде всего связанного с водоснабжением и охраной природных ресурсов.

#### 4. Ноосистемный подход к загрязнению атмосферы

В настоящее время в процессе хозяйственной деятельности человека нарушается биологический и геохимический круговорот веществ за счет вовлечения огромных природных ресурсов в постоянно возрастающий по масштабам техногенный процесс производства. Загрязнение атмосферы принимает угрожающие масштабы не только в отдельных районах, но и на планете в целом.

Установлено, что чем крупнее производственные объекты и расположенные рядом с ними населенные пункты, чем продолжительнее период их эксплуатации, тем существеннее преобразование окружающей среды, рельефа территории, грунтов, почв, подземных и поверхностных вод, растительности и пр. Интенсивность развития процессов загрязнения среды зависит в большей степени от совершенства технологии и культуры производства, от уровня экологичности планировки, застройки и освоения территории и производственной деятельности людей. Для ограничения зоны вторжения человека в природную среду установлены санитарно-защитные зоны, которые выделяются между промышленным предприятием, жилыми и общественными зданиями для защиты населения от влияния вредных факторов производства (запыленность, загазованность, шум, вибрация и пр.). Жилые массивы размещаются с подветренной стороны от промышленных объектов.

Многие программы и проекты охраны окружающей среды, которые принимались и реализовывались на глобальном, региональном и локальном уровнях в последние десятилетия, оказались недостаточными и неэффективными, так как не повлияли на значительное изменение состояния окружающей среды в сторону ее улучшения, поскольку они, по-видимому, исходили из неверных предпосылок и оценок реальной экологической ситуации.

В развитие концепции превращения биосферы в ноосферу нами впервые выделены ячейки ноосферы, названные ноосистемами, под которыми понимаются экосистемы, включающие в себя техногенные звенья (нооценозы), преобразованные под влиянием хозяйственной деятельности человека. По характеру расположения в пространстве ноосистемы могут быть: надземные, наземные, наводные и подземные. По отраслевому принципу ноосистемы можно разделить на: промышленные (с механическими, химическими, биологическими и комплексными технологиями); сельскохозяйственные (агрехимические, зоотехнические); геотехнологические (горные выработки, шахты, карьеры, буровые скважины с буровзрывными, добычными и прочими работами); военные; энергетические (ГЭС, ГРЭС, ТЭС, АЭС и др.); водохозяйственно-гидротехнические (-водозаборы, водохранилища, плотины, каналы, мелиоративно-ирригационные системы и пр.); коммуникационно-транспортные (в т. ч. и трубопроводный транспорт); бытовые; лесохозяйственные и др.

Ноосистемы и обусловленные ими очаги техногенеза определяют типы преобразования окружающей среды:

– инженерно-строительные со смещениями в пространстве огромных масс горных пород и природных вод или с изменениями их параметров, объема, плотности, консистенции и пр. ;

– сейсмо-геофизические, сопровождающиеся землетрясениями, провалами, изменениями физических и радиационных полей и пр. ;

– геохимические, выражающиеся в техногенной метаморфизации химического состава в загрязнении вод, почв, горных пород, растительности, пищевых цепей;

– биологические, выражающиеся в деградации и вымирании растений, животных, микроорганизмов в форме разнообразных мутаций, особенно опасных в случае эпидемиологических ситуаций.

Для количественной оценки ноосистем и характеристики процессов техногенеза можно использовать параметры технофильности, показатели преобразования окружающей среды, как-то степень метаморфизации химического состава наиболее подвижной флюидальной фазы вещества, а также количественные характеристики загрязнения природной среды: модульные параметры, а также величины ПДУ, ПДК, ПДВ, ВСВ.

Подавляющее большинство ноосистем создавалось на поверхности Земли. Нооценозы (здания, сооружения, коммуникации и др.) испытывают воздействия природных и техногенных процессов, происходящих в оболочках Земли. Устойчивость здесь зданий и сооружений и степень их вредности для окружающей среды мы рассматриваем как систему: здание – природная среда.

После Международного конгресса по вопросам окружающей среды, проведенного в 1992 году в г. Рио-де-Жанейро, идет переосмысление экологических проблем. Стало очевидным, что разрушительная деятельность человека и ее последствия не могут быть решены хозяйственными природоохранными мероприятиями и простым вложением капитала. Необходимо подключение к этой важнейшей проблеме большого числа ученых и специалистов для того, чтобы привести в соответствие с экологическими требованиями каждое звено ноосистемы, каждую ноосистему и только тогда окружающая среда станет отвечать потребностям человечества.

Таким образом, преобразование биосферы в ноосферу произойдет тогда, когда мы приведем параметры производства (звенья ноосистем, ноосистемы) в соответствие и состояние устойчивого равновесия с параметрами окружающей среды.

Такую задачу следует решить в ближайшее время Гайскому горно-обогатительному комбинату, другим промышленным предприятиям и коммунальной службе города для того, чтобы прекратить загрязнение окружающей среды /9/.

## **5. Типизация территории по экологическим условиям**

А. Я. Гаевым (1989) в Магнитогорско-Орском районе Южно-Уральского региона выделено три типа геолого-геохимических разрезов, которые, как установлено в процессе детализации, хорошо проявляются в районе Гайского горно-обогатительного комбината.

Первый тип имеет место на площадях развития палеозойских пород, которые, в силу их гипсометрически приподнятого положения, хорошо отмыты от солей морского комплекса. Перекрывающие их рыхлые отложения мезозойского и кайнозойского возраста здесь полностью или почти полностью отсутствуют. Химический состав формирующихся здесь трещинных и трещинно-жильных вод обусловлен процессами выщелачивания алюмосиликатов, а минерализация вод растет с глубиной (рис. 5).

Второй тип разреза приурочен к площадям, на которых особенно развиты процессы вторичного засоления (рис. 5). Это происходит благодаря сохранившимся здесь рыхлым отложениям мезозойского и кайнозойского возраста, слабодоносным, обычно с реликтами солей морского комплекса. Процессы вторичного засоления почв и грунтов обусловили развитие солончатых вод, реже соленых с преобладанием хлоридно-натриевого и сульфатно-хлоридно-натриевого состава. В центральных частях эрозионно-тектонических депрессий и на их бортах, на глубинах 20-25 м минерализация вод может составлять 10-20 г/л. Во втором типе разреза мезозойские и кайнозойские осадки не имеют больших мощностей и под ними развиты палеозойские породы с трещинными и трещинно-жильными водами, достаточно хорошо отмытыми от реликтов солей морского комплекса.

Третий тип геолого-геохимического разреза приурочен к породам, отличающимся повышенной физико-химической активностью, высо-

кой трещиностойкостью и закарстованностью. Это, прежде всего, карбонатные толщи нижнекаменноугольного возраста Аккермановской депрессии, а также серпентинизированные гипербазиты в зоне сочленения западного борта Магнитогорского прогиба с Центрально-Уральским поднятием. Здесь достаточно высокая динамичность трещинных и трещинно-карстовых вод сочетается с их весьма высокой минерализацией.

Активные в физико-химическом отношении породы третьего типа геолого-геохимического разреза (известняки, серпентинизированные гипербазиты и пр.) представляют собой природный геохимический барьер. Кислые и сульфатные воды, стекая в трещинные и трещинно-карстовые коллекторы этих пород, быстро нейтрализуются за счет их повышенной карбонатной емкости. Эти породы служат как бы естественным фильтром, пройдя через который, вода подвергается самоочищению, приобретая взамен повышенную жесткость. В качестве примера приведем воды карбонатных пород Аккермановской депрессии, вскрытые буровой скважиной глубиной 220 м на казахском левобережье Урала. Воды этой скважины не содержали загрязнителей, характерных для вод аллювиальных отложений Урала (селен, соединения азота, железо и др.). Но жесткость воды составила 8 мг-экв/л. Такого же рода эффект характерен для серпентинизированных гипербазитов Халиловского и Хабарнинского массивов /8/.

Нашими исследованиями установлено, что нарушения геологической среды в условиях охарактеризованных выше трех типов геолого-геохимических разрезов, например при строительстве и эксплуатации горнодобывающих предприятий, приводят к крайне неодинаковым экологическим последствиям. С целью прогноза и регламентации этих последствий нами построена схема типизации эколого-геологических условий строительства на территории (рис. 6). На ней выделены три типа районов, из них в пределах каждого имеет место соответствующий тип геолого-геохимического разреза (рис. 5).

Наблюдающийся здесь первый тип геолого-геохимического разреза (рис. 5) приурочен к возвышенным участкам, а геохимический сток формируется главным образом за счет процессов выщелачивания алюмосиликатов в процессе инфильтрации атмосферных осадков. Эти районы развиты, например, в северо-восточной части территории: в бассейне р. Колпачка и вдоль це-

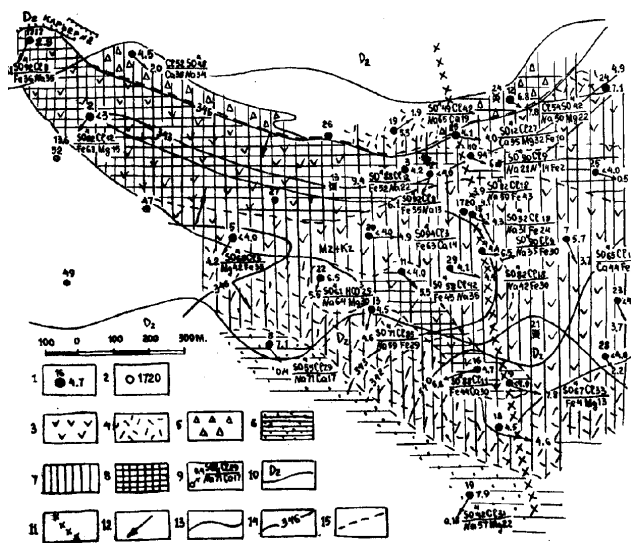


Рисунок 5. Эколого-геологические разрезы



почек возвышенностей, преимущественно субмеридионального простирания, например, вдоль р. Елшанка от Саверовки до Репино, вдоль р. Урал и пр.

Второй тип районов приурочен к заливам Орской, Таналыкской, Баймакской и других мезо- и кайнозойских депрессий. Здесь на породах палеозойского фундамента залегают осадочные породы мезозойского и кайнозойского возраста. В исследуемом районе за пределами собственно Орской и Таналыкской депрессий мощность осадочных пород обычно не превышает 30-50 м. Этим районам свойственен второй тип геолого-геохимического разреза (рис. 5, 6). Слабая проницаемость верхней части разреза обусловлена низкой проницаемостью глинистых юрских кор выветривания, мезозойских и кайнозойских осадков. Непосредственно на Гайском месторождении мощность этих осадков и кор выветривания достигает 60-80 м. В связи с низкой проницаемостью и незначительной емкостью коллектора повышенная минерализация этих вод не оказывает существенного влияния на геохимический сток района и прежде всего Елшанки и Сухой Губерли. Второй тип районов развит в неглубоких депрессиях.

В случаях нарушения геологической среды, как это было на Гайских карьерах и шахте, огромная масса вскрышных (мезо-, кайнозойских осадков, юрских кор выветривания с реликтами морского солевого комплекса, продуктами вторичного засоления, гипсовыми розами, жел-

ваками и другими формами загипсованности), рудовмещающих горных пород и руд с миллионами тонн сульфидных минералов попадает в условия зоны аэрации и в переработку на обогатительной фабрике. Наряду с горными выработками, по которым перемещаются малоустойчивые минералы из недр на поверхность земли, на предприятиях района производится не только их перераспределение, но и достаточно глубокая инженерная переработка. Предприятия района, относящиеся к самым разнообразным отраслям народного хозяйства, в Гае, Орске, Новотроицке, сельской местности служат поставщиками многочисленных загрязнений в геологическую среду. Но основная их масса тесно связана с горнодобывающими предприятиями и со вторым типом разреза. При этом совершенно очевидно, что районы второго типа наиболее подвержены загрязнению и засолению. Именно в районах этого типа расположены горные выработки Гайского месторождения, шламохранилища, обогатительная фабрика, отстойники сточных вод, очистные сооружения и др. Основная масса загрязнений в виде сточных вод и отвалов приурочена к верховьям бассейнов рек Елшанки и Сухая Губерля.

Третий тип районов выделен в пределах Аккермановской депрессии, сложенной нижнекаменноугольными известняками, и серпентинизованных массивов гипербазитов, развитых в зоне сочленения Магнитогорского прогиба с Центрально-Уральским поднятием.

Как уже отмечалось, именно в районах этого типа есть природные геохимические барьеры, нейтрализующие кислые и сульфатные воды, способствующие самоочищению сточных и загрязненных вод. Основные объемы загрязняющих веществ с Гайского медно-колчеданного месторождения вместе с хвостами и сточными водами обогатительной фабрики после нейтрализации известью сбрасываются в овраг Ялангаз и ручей Ташкут, впадающий слева в р. Сухая Губерля. Подщелачивание сточных вод обусловило щелочную реакцию среды не только в Сухой Губерле, но и ниже ее устья, в Губерле. Щелочная среда с pH=8,6-9 обнаружена в аллювиальных водах Губерли и в трещинно-жильных водах под руслом реки на глубинах 26-30 м. В нижнем течении, за 5-6 км до устья, р. Сухая Губерля изменяет направление своего течения с субмеридионального на субширотное и пересекает зону сочленения Магнитогорского прогиба с Центрально-

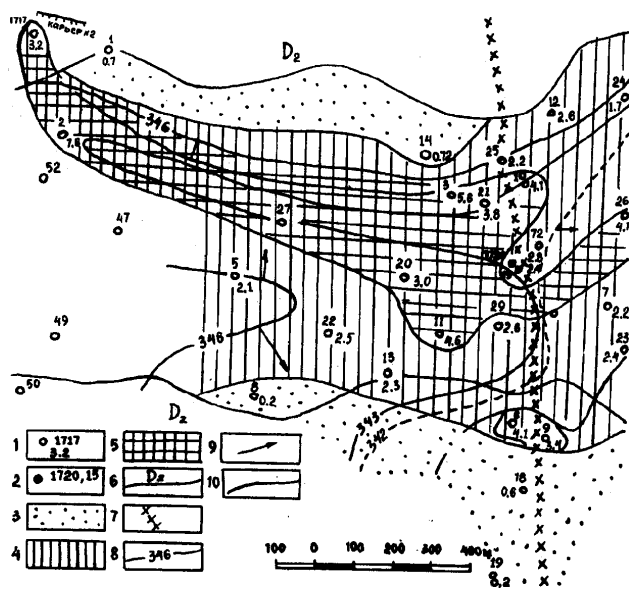


Рисунок 6. Схема типизации эколого-геохимических условий строительства Гайского района

Уральским поднятием. Наличие здесь своеобразной геолого-тектонической обстановки – палеоаллювия, повышенной трещиноватости пород на стыке структур разного порядка и своеобразного тектонического режима – обусловило перевод до 50% поверхностного стока р. Сухая Губерля в подземный. Ниже по течению р. Губерля, видимо, вновь принимает подтоки этих вод при пересечении Губерлинских гор. Естественный геохимический барьер дренируемого ей блока земной коры усиливается щелочным барьером, в результате чего сформировался природно-техногенный барьер. Показателями его эффективности служат практически полное выпадение металлов из вод, снижение массы солей от 0.99 г/л в устье Сухой Губерли до 0.66 г/л в устье Губерли. По основным показателям качество воды в устье Губерли значительно выше, чем в Урале, т. е. эффективность природно-техногенного геохимического барьера достаточна, чтобы очистить основную массу загрязняющих веществ, сбрасываемых с Гайского медно-колчеданного месторождения.

Охарактеризованные выше эколого-геологические типы разрезов и районы, в пределах которых они развиты, определили характер геохимического стока в районе Гайского месторождения. По бассейнам рек определяющую роль играет один из охарактеризованных типов разрезов: по р. Колпачке – первый тип, по р. Елшанке – второй и по рекам Сухая Губерля – Губерля – третий тип разреза и наличие здесь природно-техногенного типа геохимического барьера. Это в конечном итоге определило характер влияния эксплуатации месторождения на экологию р. Урал и максимальный характер этого влияния через р. Елшанку.

Выполнена схема типизации эколого-геологических условий строительства на территории Гайского района с выделением трех основных типов геологических разрезов:

- первый тип районов достаточно благоприятен для застройки;
- второй тип районов неблагоприятен для застройки;
- третий тип районов наиболее благоприятен с геоэкологических позиций для застройки; здесь возможно размещение и таких экологически опасных производств, как Гайский ГОК. К сожалению, само Гайское медно-колчеданное месторождение приурочено к району второго типа разрезов.

Рудничный водоотлив на месторождении приводит к увеличению депрессионной воронки вокруг карьеров; более глубокие хлоридные воды вторгаются в контур истощенных залежей минеральных купоросных вод, в результате чего последние теряют свои целебные свойства. Это обстоятельство наносит определенный ущерб курортному строительству. В связи с рудничным водоотливом растет мощность зоны окисления рудных тел, формируется техногенная вторичная зональность, интенсифицируются сернокислотные процессы на 5-6 порядков. В условиях комбинированной разработки рудных тел глубина развития зоны окисления увеличилась с 53-66 м до 500 м и более. Сернокислотные процессы проникли под отвалы горных пород, сформировав здесь техногенный водоносный горизонт подотвальных вод, собираемых в искусственные водоемы, где они подщелачиваются известью и известковым молоком (Якшина, Акулов, 1992). Та же технология нейтрализации применяется для вод шламохранилища обогатительной фабрики, ливневых стоков с промплощадки ГОКа, стоков ЗЭПа и ЗОЦМа.

С учетом максимально- и среднеаномальных концентраций микроэлементов (медь, цинк, свинец, кобальт, хром, марганец) территория делится на две части: северо-восточную и юго-западную. Особенности техногенеза северо-восточной части района определяют объекты рудодобычи и ее твердые и жидкие отходы. Главными компонентами-загрязнителями отвалов в твердой фазе являются медь, цинк, железо, связанные с наличием здесь пирита, халькопирита, борнита, сфалерита и др. Сопутствующие элементы представлены свинцом, молибденом, мышьяком; в сильноокислой среде подотвального техногенного водоносного горизонта высокую подвижность в растворах приобретает также алюминий и железо. К западу от объектов рудодобычи располагаются обогатительная фабрика, шламохранилище, завод цветных металлов. Распределение металлов в твердой фазе образцов покровных отложений почв, илов, отходов становится более пестрым. Значительную роль в аномалиях начинают играть марганец, железо, свинец.

Анализ содержания микрокомпонентов свидетельствует о высокой загрязненности речек Елшанки и Колпачки, особенно медью, цинком, железом и органическими соединениями, что связано со вторым типом геологического разреза. Созданные в верховьях этих речек ис-

кусственные водоемы систематически (но не постоянно) подщелачиваются известковым молоком и служат геохимическим барьером на путях миграции тяжелых металлов и их раствори-

мых сернокислотных соединений. В связи с этим строительство гражданских сооружений в бассейнах рек Колпачки и Елшанки с геоэкологических позиций недопустимо.

**Список использованной литературы:**

1. Бородаевская М.Е., Требухин В.С., Никешин Ю.В. Рудная зональность и условия образования Гайского медно-колчеданного месторождения (Южный Урал) // Сов.геология, 1981. №1 - С.50-58
2. Буданов Н.Д. Гидрогеология Урала. М.: Наука. 1964. – 304 с.
3. Гаев А.Я. Охрана и преобразование природы на Гайском ГОКѐ // Горный журнал, 1980. №9 – С.20-22
4. Гаев А.Я., Карпов Г.Н. Охрана окружающей среды. (Геологические проблемы экологии) Книга 1. Оренбург, ОГУ. Учеб.пособие – 2000, - 223 с.
5. Гаев А.Я., Якшина Т.И. Техногенез и формирование геологической среды на примере объектов Гайского горно-обогатительного комбината. Пермь: Изд-во Перм.ун-та. 1996 – 200 с.
6. Гидрогеология СССР. Т.43: Оренбургская область. М.: Недра. 1972 – 272 с.
7. Герман-Русакова Л.Д. Миграция элементов в зоне окисления Блявинского медно колчеданного месторождения на Южном Урале. М.: Изд-во АН СССР, 1962 – 128 с.
8. Зайков В.В., Масленникова С.П. О строении и составе зоны окисления Гайского медно-колчеданного месторождения // Минералы и минеральное сырье Урала. Екатеринбург. 1992 – С.99-117
9. Королев Г.А. Опыт работы Гайского ГОКѐ по охране окружающей среды // Горный журнал. 1979. №4 – С.24-26
10. Нестеренко В.С. Основные черты геологического строения и вопросы генезиса Гайского медно-колчеданного месторождения на Южном Урале // Геология рудных месторождений. 1978. №3 – С.24-35
11. Пшеничный Г.Н. Гайское медно-колчеданное месторождение Южного Урала (минералогия, геохимия, строение и условия формирования руд). М.: Наука. 1975 – 187 с.
12. Сибирская Н.А. Гайское медно-колчеданное месторождение // Геология и полезные ископаемые Оренбургской области. Оренбург-Свердловск. 1960 – С.80-89
13. Черняев А.М. Оценка гидрогеохимических условий района для правильной интерпретации аномалий // Разведка и охрана недо. 1962. №3 – С.34-41
14. Черняев А.М., Черняева Л.Е. Очерки по гидрохимии подземных вод (Южный Урал и Зауралье) // тр.УралНИИВХ. Свердловск. 1973. Вып.2 – 196 с.