

2. Развитие карста на рассматриваемом объекте определяется наличием зон повышенной трещиноватости, раздробленности пород, контактами пород различного петрографического состава.
3. Количественная оценка степени закарстованности позволила провести районирование массивов карбонатных пород и выделить три блока, различающиеся по степени и характеру закарстованности.
4. Анализ инженерно-геологических особенностей карбонатной толщи позволил построить инженерно-геологическую модель месторождения и рассчитать углы наклона бортов и уступов проектируемого карьера.

## Б И Б Л И О Г Р А Ф И Ч Е С К И Й С П И С О К

1. Аносова Л.А., Зиангиров Р.С. Инженерно-геологические особенности элювия карбонатных пород. - М.: Наука. - 1986. - 110с.
2. Лыкошин А.Г., Мальков Л.А. Карст и строительство гидротехнических сооружений. - М.: Гидропроект, 1992. - 320с.
3. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Л.: ВНИМИ, 1972. - 163с.
4. Плотников И.И. Инженерно-геологические и гидрогеологические проблемы освоения бокситовых месторождений Урала: Автореф.дис. ... д-ра геол.-мин.наук. - Л., 1987. - 35с.
5. Шабурников А.В. Разработка методики определения углов наклона бортов и уступов карьеров в условиях закарстованных месторождений (на примере Ачинской группы): Дис. ... канд.техн.наук.-Фонды УГГА, 1968.

УДК 624.438:622.271

В.Г.Зотеев, Т.К.Костерова, С.Н.Тагильцев

### ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ЗАХОРОНЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

За более чем 250-летнюю историю развития горно-металлургической базы территория Свердловской области заплатила дорогую цену: около 1500 кв.км ее территории заняты отвалами пород и некондиционных руд, хвосто- и шламохранилищами, шлако- и золоотвалами и свалками промышленных отходов с весьма пестрым химическим составом. Поскольку основная часть этих образований представлена отходами горно-металлургического производства, объем которых превышает  $30 \cdot 10^9$  т, то с экологических позиций именно они представляют наибольшую угрозу для флоры и фауны. Более того, именно наличием этих техногенных образований Урал и, прежде всего, Свердловская область обязана аномально высоким фоновым загрязнениям подземных и поверхностных вод солями тяжелых металлов (медь, цинк, железо, марганец и т.п.) [2].

Обстоятельства, из-за которых техногенные образования горно-металлургической промышленности послужили основной причиной не только локального, но и регионального загрязнения подземных и поверхностных вод, сводятся к следующему:

1. Фоновая минерализация грунтовых и поверхностных вод определяется минеральным составом пород, слагающих гидравлически активную часть литосферы. В пределах этой зоны идет активная циркуляция воды, связанная с выпадением атмосферных осадков, их инфильтрацией в почву и подстилающую породу с последующей разгрузкой в поверхностные источники. Поскольку в естественных условиях за сотни тысяч лет минералы с высоким произведением растворимости в пределах зоны активного водообмена оказались практически полностью растворены, то общая минерализация воды (за исключением районов с обнажениями сульфатов и хлоридов) относительно мала и тяжелые металлы в ней практически отсутствуют.

2. При разработке месторождений полезных ископаемых вместе с кондиционной рудой извлекаются большие объемы вмещающих пород и некондиционных руд, складированных в отвалы. Кондиционные руды после их измельчения проходят цикл обогащения, при котором из них извлекается большая часть рудных минералов, а оставшаяся часть вместе с хвостами и шламами складирована на земной поверхности.

3. Эти отходы коренным образом отличаются по геохимическому и гранулометрическому составу от пород, слагающих зону активного водообмена, поскольку:

извлеченные на земную поверхность с большой глубины, они содержат значительную часть минеральных зерен с высоким произведением растворимости;

даже после извлечения основной части полезных компонентов содержание различных металлов в хвостах и шламах остается на уровне 10-20% от содержания в исходной руде;

в процессе взрывания, дробления и измельчения активная поверхность отходов на 1 куб. м ее объема резко возрастает по сравнению с исходной породой (в отвалах 5-10, а в хвосто- и шламохранилищах в  $10^3 - 10^4$  раза выше, чем в условиях естественного залегания);

коэффициент фильтрации скальных пород в отвалах достигает 200 м/сутки и более, а в хвостохранилищах 10 м/сутки, в то время как в массиве за пределами зоны интенсивного водообмена, за исключением зон дробления, он обычно не превышает 0,01 м/сутки;

так как и отвалы, и хвостохранилища располагаются выше земной поверхности, то фильтрация воды через них происходит при градиенте  $J \approx 1$  (отвалы) или  $J \geq 10$  (хвосто- и шламохранилища), тогда как в естественных условиях движение подземных вод в сторону поверхностных источников происходит при градиентах  $J \leq 0,1$ ;

из-за интенсивного перемешивания пульпы при движении по пляжной зоне содержание в ней свободного кислорода и углекислого газа существенно выше, чем в подземных водах, что значительно активизирует окислительные процессы.

4. Поскольку скорость растворения того или иного минерала определяется произведением его растворимости, удельной активной поверхностью, скоростью фильтрации, то несложно подсчитать, что количество растворимых веществ, поступающих в грунтовые воды из техногенных образований, в  $10^3 - 10^5$  выше по сравнению с естественными условиями. Если учесть, что площадь ореола загрязнения почв и грунтовых вод в 10-80 раз больше самого источника загрязнения [1, 2], то общую территорию, на которой в Свердловской области грунтовые воды подвержены интенсивному техногенному воздействию, можно оценить в 150-300 тыс. кв. км. Следовательно, можно считать, что в прихребтовой части территории области сформировалась единая техногенная геохимическая зона, полностью изменившая исходный состав грунтовых и поверхностных вод. Учитывая гигантские объемы техногенных образований, можно ожидать, что аномальное загрязнение подземных вод сохранится по промзоне Свердловской области на десятки и сотни лет даже при полном прекращении горных работ. Именно этим объясняется тот факт, что если по мере спада промышленного производства содержание пыли и вредных выбросов в атмосфере за пределами крупных городов с большим количеством автотранспорта снизилось в 2-3 раза, то содержание солей тяжелых металлов в основных водных артериях области, в том числе и в питьевых водозаборах г. Екатеринбурга, продолжает нарастать и в 1994 г. превысило ПДК по меди в 34-59 раз, по марганцу в 21-27 раз, по цинку в 5,3-5,6 раза, по железу общему в 4,3-10,6 раза [3]. Максимальная концентрация этих веществ в водозаборах достигла соответственно 100; 25; 9,8 и 15,5 ПДК.

Можно не сомневаться, что интенсивность загрязнения грунтовых вод за счет инфильтрации воды из золоотвалов еще выше, чем на хвостохранилищах, из-за большого содержания растворимых веществ и тонких фракций. Потери воды из хвостохранилищ определяются наличием и эффективностью противофильтрационных экранов их ложа и ограждающих дамб (они отсутствуют практически на всех хвостохранилищах Свердловской области, за исключением шламохранилищ УАЗа), поскольку наличие воды в прудковой зоне обеспечивает практически постоянный напор в течение всего года. Вынос же солей тяжелых металлов из отвалов и складов некондиционных руд реализуется только за счет инфильтрации дождевых и талых вод. Из выше сказанного следует, что для ликвидации или резкого снижения выноса токсичных веществ из консервируемых хвостохранилищ и отвалов необходимо свести к минимуму количество фильтрующихся через заскладированные отходы атмосферных осадков и время их инфильтрации.

При переработке техногенных отходов вполне реально резкое ухудшение экологической ситуации, поскольку:

при переработке хвосто-, шлаго- и шлакоотвалов их содержимое будет подвергаться дополнительному дроблению, а для извлечения полезных компонентов будут использоваться более эффективные и, как правило, более токсичные реагенты;

так как доля вторичных отходов в большинстве случаев будет весьма значительной (от 80 до 97% исходного объема перерабатываемых техногенных отходов), то для их размещения потребуются



новые отвалы и хвостохранилища, т.е. площадь загрязнения будет постоянно возрастать;

дополнительное рыхление отходов в процессе их переработки и нового складирования приводит к увеличению их дисперсности и пористости, что еще более активизирует вынос из них токсичных веществ.

Экономичность и безопасность переработки техногенных образований может быть повышена, если при проектировании таких производств будут жестко выдерживаться следующие условия:

1. Вся вода, контактирующая с техногенными образованиями в процессе их переработки и поступающая с атмосферными осадками, должна быть включена в замкнутый производственный цикл, а ее частичный сброс на рельеф или в местные водотоки допустим лишь после предварительной очистки в прудах-нейтрализаторах.

2. Складирование вторичных отходов по возможности должно производиться в отработанные карьеры и зоны обрушения шахт с предварительной гидроизоляцией массива пород, слагающих борта и дно полигонов.

3. Заполнение выемок токсичными отходами должно производиться до отметок, соответствующих зимней межени восстановленного (естественного) уровня грунтовых вод и затем перекрываться противофильтрационным экраном, сводящим к минимуму инфильтрацию атмосферных осадков в захоронение.

4. Остаточную емкость выемки (выше уровня грунтовых вод) следует заполнять нейтральным крупнообломочным грунтом, препятствующим разрушению экрана за счет сезонного промерзания и корневой системы растений.

5. При невозможности создания прибортовых и донных экранов в карьерных выемках, используемых для захоронения токсичных отходов, а также при использовании гидротранспорта для перемещения отходов в карьер необходимо обеспечить понижение уровня воды в прибортовой зоне до отметок, исключающих отток фильтрата за пределы депрессии.

6. При наличии большого числа разрывных нарушений, карста или высокого коэффициента фильтрации пород, слагающих борта карьера, необходимая степень гидроизоляции может быть достигнута за счет формирования системы горизонтальных экранов. В этом случае противофильтрационные экраны формируются за счет периодического смыва в водоем расчетного количества глинистого грунта с последующим запуском коагулянта. Создаваемый таким образом экран по своему строению аналогичен обратному фильтру и может противостоять градиентам (отношению столба воды к мощности экрана) до 50 и более. Формируемое таким образом захоронение освобождается от фильтрата по каждому перекрытому слою уже в период заполнения выемки, а его обводнение после консервации может реализоваться лишь за счет боковых подтоков подземных вод, что исключает вынос из захоронения токсичных веществ.

7. При заполнении зон обрушения шахт может быть использован опыт Гумешевского и Березовского рудников, где применяется следующая схема:

техногенные отходы (пульпа) подаются по шламопроводам непосредственно в зону обрушения, откуда через воронки обрушения и трещины пульпа растекается по всем пустотам;

по мере проникновения на нижние горизонты твердая фаза пульпы заливает имеющиеся пустоты, а осветленная вода по горизонтальным выработкам и трещинам стекает к зумпфу, откуда шахтным водоотливом вновь подается на обогатительную фабрику (Березовский рудник);

после замыва подземных пустот на нижнем горизонте доступ воды к зумпфу отсекается специальными перемычками (для предотвращения возможности заиливания зумпфа) и начинается замыв пустот вышележащего горизонта.

Для предотвращения возможности загрязнения подземных вод токсичными веществами из захоронения после прекращения работы водоотлива на заключительной стадии замыва зоны обрушения в нее подается глинистая пульпа, а затем расчетная масса коагулянта, что обеспечивает создание эффективного приповерхностного противофильтрационного экрана.

8. При отсутствии отработанных карьеров и зон обрушения складирование отходов приходится производить на естественный рельеф. В этом случае для снижения экологического ущерба нужно обеспечить выполнение следующих мероприятий:

при складировании отходов с использованием автомобильного транспорта отвал предпочтительнее формировать одноярусным, так как в этом случае за счет сегрегации складированных отходов их коэффициент фильтрации будет закономерно увеличиваться сверху вниз, что сведет к минимуму время контакта атмосферных осадков с отходами и уменьшит вынос растворимых веществ;

для уменьшения количества фильтрующихся через отвал атмосферных осадков по мере его развития необходимо производить гидроизоляцию его верхней площадки слоем укатанного глинистого грунта мощностью не менее 0,1-0,2 м, что обеспечит увеличение доли испарения;

при отсыпке отвалов токсичных отходов на склонах они должны быть ограждены нагорными канавами для перехвата и отведения дождевых и талых вод;

складирование некондиционных колчеданных руд и пород ореольной зоны должно осуществляться на подотвальном экране, обеспечивающий перехват, сбор и отвод инфильтрата в прудки-нейтрализаторы, где за счет добавки известкового молока обеспечивается осаждение тяжелых металлов в виде карбонатных солей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кривошеев В.Я., Угрюмов В.А., Зотеева Н.Ф. Оценка влияния хвостохранилища Лебединского ГОКа на режим и качество подземных и дренажных вод // Вопросы эксплуатации хвостохранилищ: Темат. сборник трудов / ВИОГЕМ. - Белгород, 1988. - С.119-122.

2. Полищук О.Н. О необходимости проведения исследований водного баланса хвостохранилищ // Вопросы эксплуатации хвостохранилищ: Темат. сборник трудов / ВИОГЕМ. - Белгород, 1988. - С.21-25.

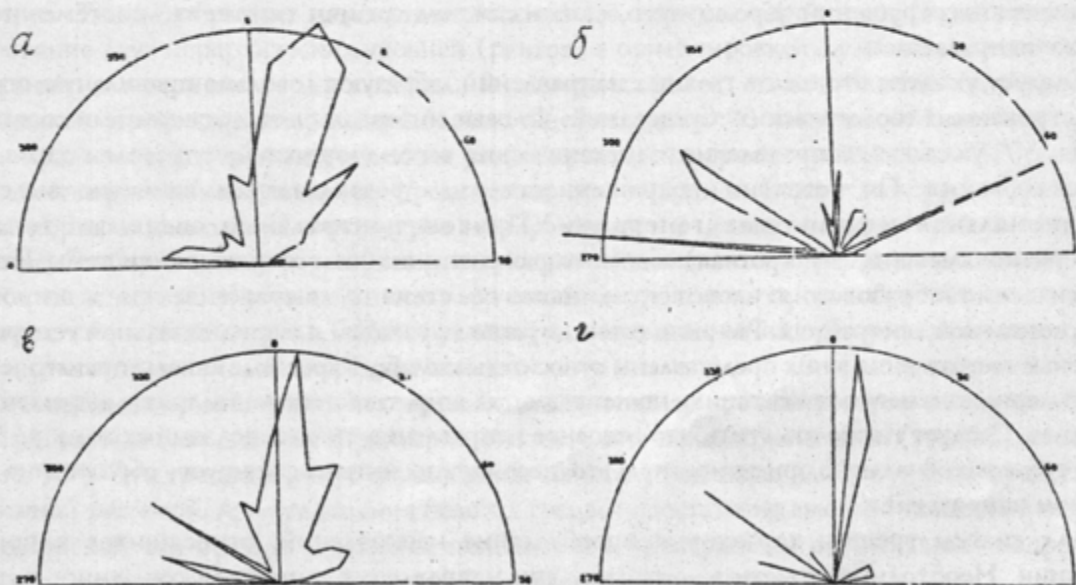
3. Солобоев И.С. Проблемы в области охраны природы, вызванные загрязнением воды тяжелыми металлами и органическими веществами // К здоровой воде - совершенствуя управление: Матер. Международного семинара. - Екатеринбург, Riza / РосНИИВХ, 22-25 апреля 1996. - С.99-101.

УДК 551.24 + 622.831.24

С.Н.Тагильцев А.И.Зевахин М.Г.Морозов

### ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ИЗВЕСТНЯКОВ НА РАЗВИТИЕ КАРСТА

Месторождение флюсовых известняков разрабатывается открытым способом вблизи поселка Билимбай Свердловской области. Месторождение расположено в водораздельной части Среднего Урала, на южном берегу р.Чусовой. Известняки относятся к силурийскому возрасту и слагают



Розы - диаграммы простираения геологических образований :  
а - разломов, б - трещин, в - карста, г - взаимосвязанного карста

центральную часть Билимбаевского синклиналии. Довольно интенсивное развитие карста определяет высокую обводненность месторождения. Средние водопритоки составляют 3000 м<sup>3</sup>/ч. Заполнитель