

## Использование геохимических барьеров для защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения

Максимович Н.Г., Блинов С.М.  
Пермский университет

Защита подземных и поверхностных вод от загрязнения часто осуществляется с использованием геохимических методов. Большую роль в этом сыграло исследование процессов техногенной миграции элементов и введение А.И. Перельманом в науку понятия «геохимический барьер». Сущность методов защиты окружающей среды от загрязнения с помощью геохимических барьеров заключается в переводе загрязняющих компонентов в малоподвижные формы. При этом возможно использование, как существующих природных геохимических барьеров, так и целенаправленное создание искусственных барьеров. В качестве материалов для создания барьеров в зависимости от состава загрязнителей могут применяться природные образования (грунты, горные породы и т.д.) или иные вещества, например, производственные отходы. В ряде случаев локализация загрязнителей может осуществляться за счет учета природных геохимических особенностей грунтовой толщи при выборе участков складирования или сброса отходов. Опыт работы лаборатории Геологии техногенных процессов, Естественнонаучного института при ПГУ показал возможность использования геохимических барьеров в различных ситуациях.

**Очистка сточных вод от взвешенных частиц.** При разработке россыпных месторождений дражным способом значительный ущерб окружающей среде наносит сброс сточных вод с большим количеством взвешенных частиц. Для очистки дражных стоков от взвешенных частиц на месторождении алмазов в Красновишерском районе (Пермская область) предложено использовать грунтовые фильтры, укладываемые в русле реки (механический барьер). В качестве материала для фильтров использовались дражные отвалы, находящиеся здесь же в долине реки. Опытные натурные работы показали, что в зависимости от длины пути фильтрации концентрация взвешенных частиц в стоках может снижаться в десятки и сотни раз (рис. 1).

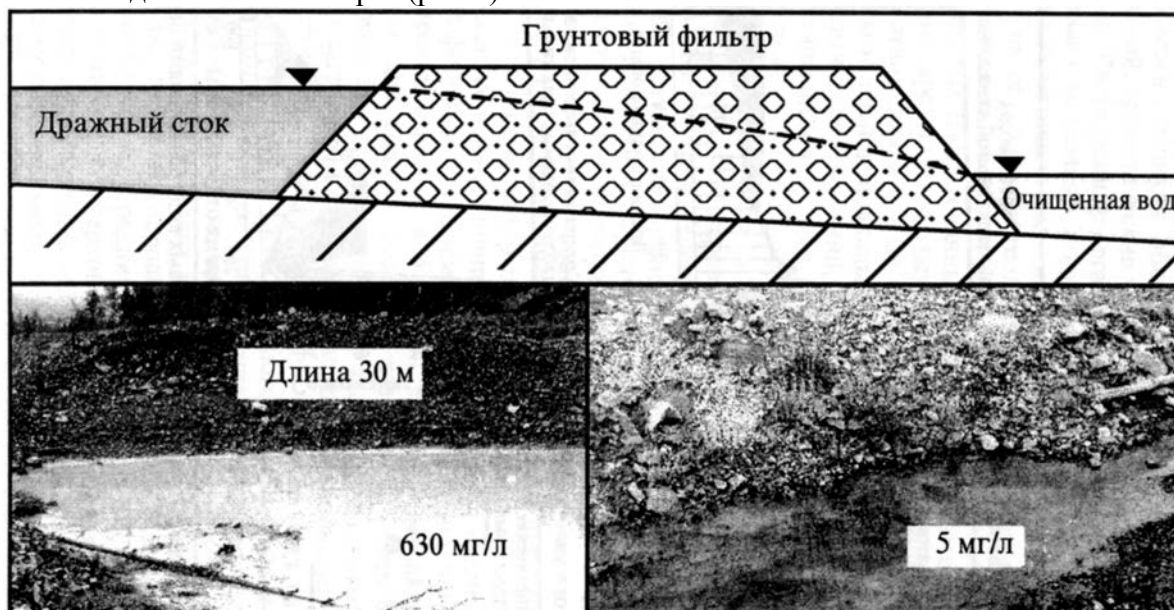


Рис. 1. Схема очистки дражных стоков от взвешенных веществ с применением грунтовых фильтров

Основываясь на проведенных работах и путем решения обратной задачи, авторами вычислены оптимальные параметры грунтовых фильтров, учитывающие максимальную

начальную концентрацию взвешенных веществ, гранулометрический состав используемых грунтов, расход реки и продолжительность эксплуатации фильтров. Применение грунтовых фильтров не требует высоких затрат и способно снижать содержание взвешенных частиц до значений близких к фоновым.

**Нейтрализация кислых стоков.** Шахты Кизеловского угольного бассейна (Пермская область) сбрасывают практически без очистки в гидрографическую сеть кислые ( $\text{pH}=2-4$ ) высокоминерализованные сульфатные воды, имеющие в составе повышенные содержания железа, алюминия, тяжелых металлов. Нейтрализацию кислых шахтных вод возможно проводить с использованием отходов щелочного состава (щелочной барьер D). Лабораторные работы показали, что при использовании щелочных отходов ПО "Сода" (г. Березники) водородный показатель шахтных вод можно повышать с 2,5-2,7 до 6,0-6,5. При этом содержание общего железа снижается с 240 до 0,5 мг/л. Содержание алюминия после опыта ниже пределов чувствительности анализа, при исходной концентрации 98 мг/л. Содержание сульфатов снижается на 300 мг/л. Реагент может добавляться непосредственно в водоотлив без строительства классических очистных сооружений.

**Снижение интенсивности загрязнения подземных вод в районах шахтных отвалов.** Складирование отходов угледобычи в Кизеловском бассейне приводит к интенсивному загрязнению подземных вод. В районах породных отвалов воды первого от поверхности водоносного горизонта имеют низкие значения  $\text{pH}$ , повышенную минерализацию, а также высокие содержания сульфатов, железа, алюминия, тяжелых металлов. Для нормализации состава подземных вод в районах отвалов в качестве реагента предложено использовать гидроксид бария, а также дробленые карбонатные породы, укладываемые в траншеи в зоне стока с отвалов (щелочной барьер D). Опытные натурные исследования показали, что в результате применения метода на опытном участке водородный показатель подземных вод повысился с 1,8-1,9 до 6,4 и сохранял близкие значения в течение года наблюдений. Минерализация воды, которая перед опытом составляла 19-24 г/л, снизилась до 3,5-4,0 г/л. Значительно снизилось содержание основных загрязняющих компонентов, мг/л: сульфаты – с 15000-17000 до 1600-1800, железо – с 3900-4600 до 1-2. Содержание алюминия в конце опыта находилось ниже пределов чувствительности анализа, при начальной концентрации 464 мг/л.

**Снижение сульфатной агрессивности подземных вод.** При планировочных работах на промплощадке Губахинского химического завода (Пермская область) использовались породы отвалов угольных шахт Кизеловского бассейна, характеризующиеся высоким содержанием различных форм серы. В результате подтопления в насыпных грунтах, на отметках выше заложения фундаментов, сформировались подземные воды, обладающие сульфатной агрессивностью к бетону. Снижение содержания сульфатов в подземных водах проводилось путем применения реагентов, содержащих барий.

Опытные работы проводились на двух участках (рис.2). На первом участке хлорид бария вносился в скважины. Ниже по потоку грунтовых вод оборудовались наблюдательные скважины. На втором участке гидроксид бария вносился в канаву. Наблюдения за составом подземных вод, как и на первом участке, велись в скважинах, расположенных ниже по грунтовому потоку.

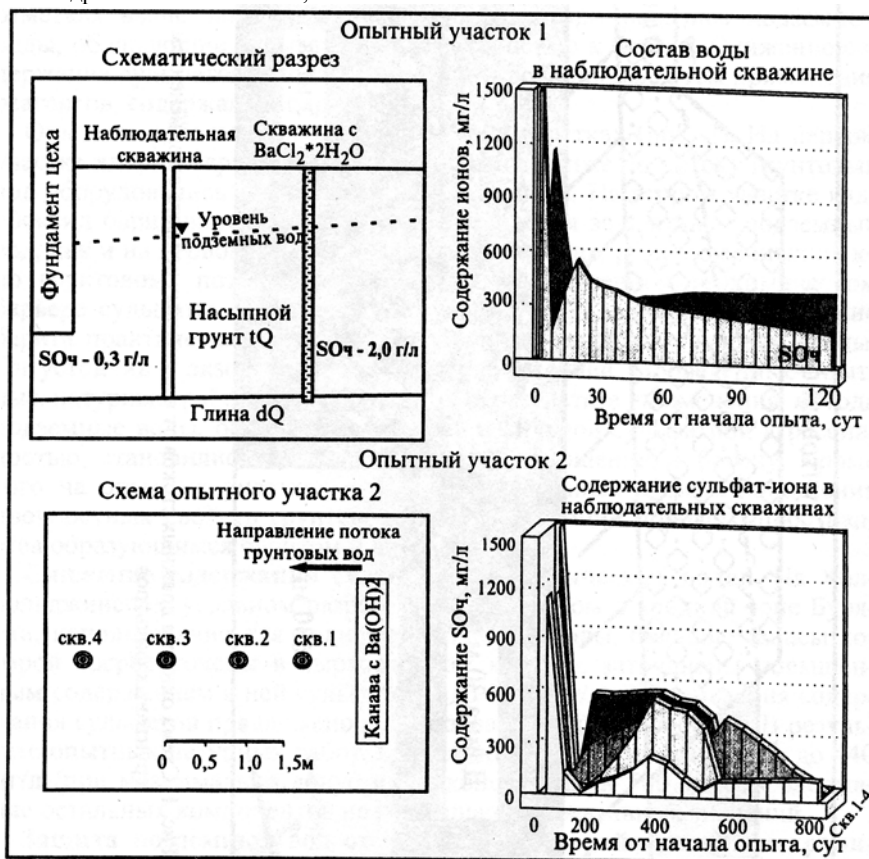


Рис. 2. Снижение сульфатной агрессивности грунтовых вод соединениями бария

На созданном искусственном геохимическом барьере сульфаты связываются в сульфат бария – барит. Образование барита практически не зависит от кислотно-щелочных условий среды. Он устойчив в экзогенных условиях, не токсичен.

Проведенные опытные натурные работы показали, что в результате применения метода подземных вод, обладавшие средней и сильной сульфатной агрессивностью, становились неагрессивными по отношению к бетону. Кроме того на опытных участках наблюдался побочный эффект повышения прочностных свойств грунтов, за счет цементации порового пространства образующимся баритом и витеритом.

**Снижение содержания сульфатов в технических водах.** На Холбольджинском угольном разрезе, расположенном в аридной зоне Бурятии, использование для полива технической воды, большие запасы которой сосредоточены в выработанном карьере, затруднены повышенным содержанием в ней сульфатов – до 1200 мг/л. Для снижения содержания сульфатов предложено использовать соединения бария. В результате опытных натурных работ, содержание сульфатов снизилось до 440 мг/л (при максимально допустимой концентрации 500 мг/л). Содержание остальных компонентов не превышало нормативных значений.

**Защита подземных вод от загрязнения в районах шламохранилищ.** Многолетнее складирование отходов газоочистки Пашийского металлургического-цементного завода (Пермская область) в необорудованном шламохранилище привело к загрязнению подземных вод и р. Пашийки. Отходы представлены пульпой, содержание жидкой фазы в которой составляет не менее 90 %. Исследование состава пульпы показало высокую минерализацию жидкой фазы – 34-42 г/л и щелочную реакцию среды (pH=8,9-9,4). В макрокомпонентном составе пульпы преобладают гидрокарбонатный (до 18,2 г/л) и карбонатный (до 5,2 г/л) ионы, хлорид-ион (до 7,8 г/л), а также ионы натрия и калия (до 14 г/л). В микрокомпонентном составе выявлены высокие концентрации Cu, Cd, Pb, Zn, Ni, Mo, As, Ti, Be. Определение химической потребности кислорода указывает на присутствие большого

количества органики. В составе органических веществ обнаружены предельные углеводороды высоких фракций, ароматические углеводороды и их оксипроизводные (полифенолы). Растворенные органические вещества образуют устойчивые комплексы с металлами, подвижные в щелочной среде.

Высокая интенсивность загрязнения подземных и поверхностных вод в районе шламохранилища обусловлена геолого-гидрогеологическими условиями участка складирования отходов (рис.3). Подземные воды распространены в трещиноватых закарстованных известняках верхнего девона. Разгрузка трещинно-карстовых вод осуществляется в р. Пашийку через аллювиальные отложения и в виде родников. Водовмещающие известняки перекрыты толщей делювиальных, аллювиальных и пролювиальных неоген-четвертичных отложений, представленных глиной и суглинками со щебнем, галькой и валунами. Мощность покровных отложений на приводораздельных участках достигает 20-30 м. Карта шламохранилища размещена в старом карьере, где глинистые грунты выработаны и дно карьера представляет собой неровную поверхность кровли закарстованных известняков, местами перекрытых маломощными глинистыми отложениями. В результате интенсивная инфильтрация жидкой составляющей пульпы в коренные породы приводит к загрязнению горизонта трещинно-карстовых вод. Разгрузка загрязненных подземных вод в р. Пашийку, несмотря на многократное разбавление, изменяет состав воды в реке. Содержание большинства компонентов в подземных водах и речной воде, источником которых являются отходы металлургического-цементного завода, в зоне влияния шламохранилища увеличивается по сравнению с фоновым. В подземных водах содержание  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Ti$ ,  $Mn$  и органических веществ, а в речной воде  $Ti$  превышают ПДК, установленных для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.



Рис. 3. Схематический геолого-гидрогеологический разрез участка складирования отходов металлургического-цементного завода

Для защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения на новом участке складирования отходов авторами, совместно с лабораторией Охраны геологической среды МГУ предложено создание комплексного, многослойного экрана-барьера в основании шламохранилища. Конструкция экрана включает три слоя (рис.4). Верхний слой, мощностью 0,1 м, создается из местной глины с добавкой гипса. Это приводит к уменьшению щелочности фильтрующегося раствора, а также гидролизу и осаждению части тяжелых металлов (кислый барьер E). Средний слой, мощностью 0,1 м, выполнен из смеси торфа и пиритных огарков. Этот слой выполняет основную функцию перехвата

загрязнителей – связывание металлов в сульфиды в анаэробных восстановительных условиях (восстановительный сульфидный барьер В). Нижний слой состоит из местных глин и является дополнительным сорбционным экраном (сорбционный барьер G).

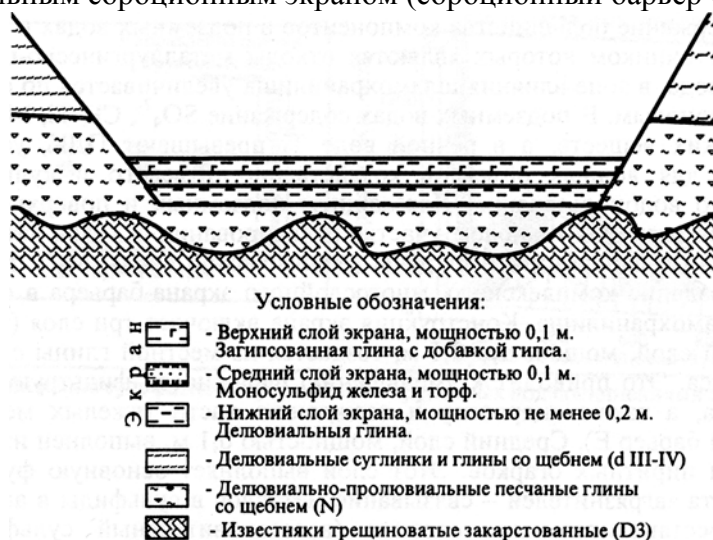


Рис. 4. Конструкция барьера-экрана в основании шламохранилища

Роль верхнего и нижнего слоев глины в структуре экрана заключается также в уменьшении и рассредоточении фильтрационной нагрузки на всю территорию шламохранилища и в консервации промежуточного слоя  $FeS$  и торфа для создания в нем анаэробных восстановительных условий. Меньшая мощность верхнего слоя глин обеспечивает фильтрационную задержку растворов в среднем слое. Искусственный геохимический барьер такой конструкции не препятствует миграции железа в подземные воды. Однако, учитывая, что инфильтрация растворов происходит в закарстованные известняки, отличающиеся промывным режимом и окислительной обстановкой, предполагается окисление растворенного  $Fe^{2+}$  и осаждение в виде аморфного  $Fe(OH)_3$ . Гидроокислы железа будут выполнять функцию дополнительного адсорбента для Hg и оксианионов As, Se, Ti, V, Mo, а также анионных гидрокомплексов Be и Zn. Лабораторные исследования показали, что применение метода обеспечивает защиту подземных вод от поступления указанных загрязнителей на весь период запланированной эксплуатации.