

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЧЕСКИХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ



Н. Г. МАКСИМОВИЧ,  
зам. директора,  
канд. геол.-минерал. наук  
(ФГНУ «Естественнонаучный институт»)

Значительный ущерб окружающей среде при разработке россыпных месторождений наносит сброс сточных вод с большим количеством взвешенных частиц. Технологический процесс извлечения ценных компонентов основан на максимальной дезинтеграции вещества россыпи с использованием больших объемов воды. Образующиеся при промывке сточные воды содержат большое количество взвешенных частиц разного гранулометрического состава, включая коллоидные. Эти взвеси в большинстве случаев практически без очистки сбрасываются в ближайшие водотоки. Дезинтеграция вещества залежи в процессе добычи способствует переходу в сточные воды различных растворимых макро- и микрокомпонентов [1].

Учитывая большие объемы сточных вод, отсутствие эффективных технологий их очистки, довольно частые перемещения участков добычи при дражной обработке месторождений, строительство очистных сооружений в районах добычи является сложной задачей. Использование коагулянтов для осветления промстоков возможно только в замкнутых системах, так как большинство реагентов оказывают вредное воздействие на жизнедеятельность водо-

емов. Решение проблемы очистки сточных вод требует создания простых, экономически и экологически эффективных методов, теоретической основой которых может стать учение о геохимических барьерах [2, 3]. Одним из таких способов удаления взвешенных частиц могут быть искусственные, а в ряде случаев и естественные механические геохимические барьеры, предусматривающие пропускание сточных вод через фильтры из местных грунтов. Возможность создания таких барьеров изучена на примере бассейна р. Вишера (Пермский край), где ведется добыча алмазов.

Бассейн р. Вишеры сложен отложениями рифея, венда, ордовика, силура, девона, карбона и перми. В районе проявляется современный и древний карст. Закарстованы трещиноватые карбонатные породы силура, девона, карбона и нижней перми общей мощностью до 4000 м. С перекрытым подальювиальным и подфлювиогляциальным карстом связаны образовавшиеся на механических барьерах погребенные месторождения алмазов в эрозионно-карстовых депрессиях. Заполняющие отложения депрессии включают песчаник, кварцито-песчаник, кварц, кремль, известняк, доломит.

Россыпные месторождения разрабатывают дражным и гидромеханическим способами. Драгами и сезонными обогатительными

фабриками (СОФ) извлекают часть тяжелой фракции, содержащей алмазы. В реки сбрасывают валунно-галечные и песчано-глинистые фракции, образующие отвалы высотой несколько метров. С целью поддержания необходимого для плавучих драг уровня на реках сооружаются плотины.

Экологические последствия горных работ обусловлены генетической связью россыпного месторождения с речной сетью и особенностями технологии добычных работ, заключающимися в извлечении тяжелой фракции посредством промывки рыхлой вмещающей породы водой в месте ее залегания. Промывка россыпи – один из наиболее водоемких технологических процессов горных работ.

По данным анализов водных вытяжек из грунтов, в отвалах наблюдается высокое содержание железа (до 9,9 мг/кг), нитритов (до 1,6 мг/кг), аммония (до 11 мг/кг). Содержание железа в водных вытяжках тем больше, чем моложе возраст отвала. Источником железа служат железосодержащие минералы отвалов, что подтверждается рентгеноструктурным анализом грунта, отобранного из отвала драги в месте слияния рек Большой Колчим и Чурочная. В составе тяжелой фракции присутствуют гетит (31%), гематит (35%) и магнетит (4%).

Донные отложения максимально загрязнены на участках

### Снижение концентрации взвешенных веществ в стоках драги при фильтрации через грунтовые плотины

Длина пути фильтрации, м	Исходная концентрация, мг/л	Концентрация ниже грунтовых фильтров, мг/л	Снижение концентрации, раз
30	183	8	22,9
30	630	5	126,0
10	630	161	3,9
30	3220	286	112,6
5	12000	6750	1,7

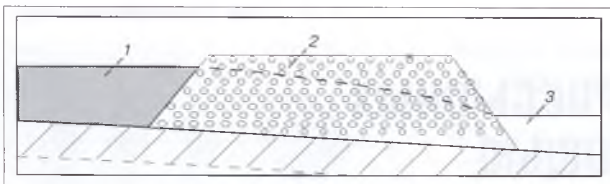


Схема очистки дренажных стоков от взвешенных веществ с помощью фильтрующей грунтовой плотины:

1 — дренажный сток (содержание взвешенных веществ 630 мг/л); 2 — плотина; 3 — очищенная вода (содержание взвешенных веществ 5 мг/л)

рек, находящихся вблизи места работы драг. Вниз по течению концентрация загрязняющих компонентов уменьшается. Так, для р. Колчим содержание железа в водной вытяжке донных отложений уменьшается в пять с лишним раз. Химический анализ пульпы драг и СОФ указывает на повышенные содержания железа, в 6–12 раз превышающие ПДК. В реках ниже драг отмечается увеличение концентрации сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, кальция, натрия и калия, аммония, кремния. Содержание железа в воде до 25 раз превышает ПДК [4].

Для очистки сточных вод от взвешенных частиц автором предложено использование грунтовых плотин — классического механического геохимического барьера. Подобные фильтры применяют для очистки вод, образующихся при угледобыче [5]. Эффект частичной очистки стоков отмечался при возведении низконапорных дамб при разработке россыпных месторождений [6]. Аналогом механического барьера в природе являются процессы кольматации, в результате которых поровое пространство грунта заполняется более мелкими частицами, находящимися во взвешенном состоянии в фильтрующейся воде [7].

Исследования возможности очистки сбрасываемой воды от взвешенных веществ с помощью грунтовых плотин были проведены на участке сброса драги на р. Рассольной. Для плотин использовались дражные отвалы, находящиеся здесь же в долине реки (см. рисунок). Концентрация взвешенных веществ в р. Рассольная в зоне влияния драги в зависимости от количества осадков изменяется от

0,183 до 12 г/л, что во много раз превышает фоновые значения.

Опытные работы показали, что в зависимости от длины пути фильтрации и материала плотин концентрация взвешенных веществ снижается в десятки и сот-

ни раз (см. таблицу). С уменьшением содержания взвешенных веществ следует ожидать снижения концентрации железа и других загрязняющих компонентов, поскольку их содержание, как было показано выше, находится в тесной связи со взвешенными веществами.

Проведенные эксперименты показали [5], что зависимость концентрации взвешенных частиц  $C_x$  от длины пути фильтрации  $x$  имеет вид  $C_x = C_0 \exp(-\eta x)$ , где  $C_0$  — начальная концентрация взвесей;  $\eta$  — показатель фильтрования, который характеризует интенсивность осаждения взвесей и определяется размером фракции грунтов, используемых в фильтрующей плотине, и скоростью фильтрации воды. По экспериментальным данным, для плотин из пород дражных отвалов минимальное значение этого показателя составило 0,015, максимальное — 0,170. Оптимальную длину фильтрующей плотины рассчитывали по среднему значению  $\eta = 0,091$ .

Установлено, что оптимальная длина фильтрующей плотины, позволяющая снизить содержание взвешенных веществ более чем на 90 %, составляет около 30 м. При такой длине плотины и начальной концентрации взвешенных веществ менее 600 мг/л очистка воды будет достигать значений ниже ПДК.

Заиливание нижних слоев при эксплуатации фильтрующей плотины приводит к повышению уровня воды в верхнем бьефе; в результате включаются в работу верхние слои плотины. Расчеты срока эксплуатации плотины (время заполнения порового пространства взвешенными веществами на 75 %) показывают, что при среднем расходе реки он состав-

ляет порядка 40 сут. На сезон добычи необходимо сооружение четырех таких плотин, что составляет около 3 тыс. м<sup>3</sup> перемещенного грунта.

В ряде случаев для очистки от взвешенных частиц возможно использование естественных механических барьеров. Сточные воды можно пропускать, например, через закарстованные массивы, аллювиальные отложения определенного гранулометрического состава и др. При строительстве плотин может быть использован опыт, накопленный в гидротехническом строительстве [8]. Учитывая низкую себестоимость и технологическую простоту конструкции, механические геохимические барьеры на основе грунтовых плотин могут использоваться во многих других отраслях промышленности для очистки вод от взвешенных частиц.

#### Список литературы

1. Новиков В. Н., Жукова Г. А., Буланов С. А. Геоэкологические исследования при разведке и освоении россыпей // Геоэкологические обследования и охрана недр: Обзор. — М.: МГП «Геоинформмарк», 1992.
2. Алексеенко В. А., Алексеенко Л. П. Геохимические барьеры: Учеб. пособие. — М.: Логос, 2003.
3. Перельман А. К., Касимов К. С. Геохимия ландшафтов: Учеб. пособие. Изд. 34-е, перераб. и доп. — М.: Астрей-2000, 1999.
4. Maximovich K. G., Blinov S. M. Hydrosphere transformation in the diamond placers mining area in the Vishera river basin, the Urals // Engineering Geology and the Environment. — Rotterdam, Brookfield, 1997. — V. 3.
5. Лесин Ю. В. Фильтры для очистки воды из крупнокусковых отходов угледобычи // Уголь. — 1986. — № 2.
6. Ершов В. А. Опыт возведения низконапорных дамб при разработке россыпных месторождений // Горный журнал. — 2005. — № 1.
7. Куприна Г. А. Кольматация песков. — М.: Изд-во МГУ, 1968.
8. Петров Г. Н., Радченко В. Т., Дубиняк В. А. Крупнообломочные грунты в гидротехническом строительстве. — СПб: Изд-во АО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 1994. **ГЖ**