© Е.В. Лычагин, И.В. Синица, 2007

УДК 622-17:622.807

Е.В. Лычагин, И.В. Синица

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПЫЛЯЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Семинар № 8

В современную эпоху необычайную сложность и важность приобрели вопросы взаимодействия человека с окружающей природной средой. Быстрый рост численности населения земного шара и индустриальное развитие многократно увеличили потребление природных ресурсов и масштабы воздействия человека на природу. Увеличение потребности народного хозяйства в металле вызывает непрерывный рост добычи и переработки руд и связанное с этим увеличение количества отходов обогащения - хвостов.

Современные хвостовые хозяйства ГОКов представляют собой сложный комплекс гидротехнических сооружений, включающий системы гидротранспорта и гидроукладки хвостов, очистки и отвода воды или возврата ее в оборот после осветления, строительство и эксплуатация которых неизбежно связаны с воздействием на окружающую среду. Хвостохранилища отрасли занимают огромные территории, исчисляемые квадратными километрами, высота дамб достигает 100 м и более. Годовой объем складирования хвостов мокрого обогащения по горнорудным предприятиям составляет около 300 млн. т, обеспечить на таких огромных объектах защиту от загрязнения подземных вод и атмосферы от пыления, несмотря на принимаемые меры, не удается.

Подобная ситуация характерна и для региона КМА, где действуют крупнейшие горнодобывающие предприятия: Лебединский и Стойленский ГОКи, комбинат КМА-руда, строятся Яковлевский и Белгородский подземные рудники. Из карьера Лебединского горно-обогатительного комбината ежегодно добывается около 47 млн. т. железной руды. При этом количество отходов обогащения составляет около 27 млн. т., которые сосредоточены на территории порядка 1500 га. Хвостохранилище Лебединского ГОКа балочного типа создано в 1972 г. в средней и верхней частях долины ручья Чуфичево, в непосредственной близости от заповедника «Ямская степь» на юге и промплощадки ЛГОКа на севере. Эта территория за годы эксплуатации превратилась в уникальный промышленный объект, и одним из важных и трудных вопросов стала защита воздушного бассейна от пылевыделения при его дальнейшем наращивании. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха хвостохранилищ и гидроотвалов являются пылящие поверхности сухих пляжей намывных отсеков, откосы дамб и плотин. В настоящее время естественный рельеф на рассматриваемой территории замыт хвостами до отметок 195-220 м, и наращивание а в высоту продолжается.

Опыт эксплуатации хвостохранилищ показывает, что обеспечить подводную укладку хвостов по всей площади хвостохранилища практически не удается. Как правило, даже в наливных хвостохранилищах образуются надводные пляжи, которые в сухую и ветреную по-

году являются постоянным источником пылеобразования. В летние месяцы, когда поверхность хвостохранилища нагревается до 40 - 50° С, она быстро теряет влагу и легко поддается ветровой эрозии. Изучение зависимости влажности поверхности хвостов от температуры окружающей среды показала, что хвосты при жаркой погоде за 7 дней практически полностью теряют влажность. Поэтому обезвоженные участки хвостохранилища уже при скорости ветра 4 -5 м/с и более становятся интенсивными источниками выделения пыли. Борьба с пилением техногенных грунтов хвостохранилищ комбинатов по переработке железных руд является остроактуальной проблемой. В зоне, подверженной пылению, находятся продуктивные земли, промплощадки ГОКов и другие объекты. Железорудная пыль отрицательно сказывается на продуктивности сельхозугодий, т.к. в почву вокруг хвостохранилища попадают в повышенных дозах такие металлы, как цинк, медь, марганец, хром, свинец, железо.

Наибольшую опасность представляет пыление законсервированных хвостохранилищ и находящихся в стадии наращивания. Основными источниками пиления являются поверхности гребней и низовых откосов дамб и плотин, намываемых из хвостов.

Радикальным решением проблемы борьбы с пилением на законсервированных хвостохранилищах является их рекультивация. Эффективные мероприятия по предотвращению пыления проводятся в основном на отработанных хвостохранилищах и заключаются обычно в рекультивации дамб обвалования и их поверхности. На действующих же хвостохранилищах борьба с пылением затруднена, поскольку нет необходимости создавать долговечное и выдерживающее высокие механические нагрузки покрытие, зато требуется многократное оперативное закрепление поверхности на сравнительно короткий срок в перерывах между намывами.

Основным методом пылеподавления на действующих хвостохранилищах является создание на их поверхности искусственных эрозионостойких покрытий. Применяющиеся при этом реагенты и из композиции представляют собой различные вяжущие и цементирующие вещества как органического, так и неорганического происхождения. Во многих случаях подобные покрытия весьма эффективны и могут предохранять поверхности от пыления на продолжительный срок. Существуют несколько способов закрепления поверхности пляжей: аэродинамический, гидротехнический, технологический, механический, биологический и химический.

Аэродинамический способ закрепления предполагает изменение аэродинамического режима хвостохранилища таким образом, чтобы скорость ветрового потока не смогла вызвать перехода частиц в аэрозольное состояние, например, устройством лесозащитных полос и др. Следует отметить, что аэродинамический способ борьбы с пылением малоперспективен для хвостохранилищ с высотой более 20-30 м, которая превышает высоту крон деревьев.

Сущность *гидротехнического способа* сводится к постоянному увлажнению поверхности пляжа оросительными установками или дождевальными машинами с использованием воды из прудка-отстойника либо за счет изменения технологической схемы сброса пульпы. На период консервации защиту хвостов от пыления можно обеспечить поддержанием постоянного уровня воды в хвостохранилище, при котором происходит затопление большей части поверхности пляжа.

Технологическое закрепление предполагает добавление в пульпу какого-либо реагента, способного связывать твердые частицы после их отложения. Применение технологического способа в чистом виде затруднительно, так как большая доза закрепителя неизбежно остается в отстойном пруде. Это приводит во-первых, к завышенным расходам закрепителя, и, во-вторых, к закреплению всего объема хвостов. Последнее может существенно затруднить дальнейшее использование складируемых отходов.

Механический способ защиты откосов и гребня, ограждающих сооружений, заключается в обсыпке по всей защищаемой площади слоя щебня или гравия толщиной 0,15-0,20 м. Этот способ является предпочтительным в условиях сухого, а также сурового климата, где невозможно или трудно обеспечить постоянное поддержание растительного покрова.

Результаты и эффективность *биологического закрепления* отходов обогащения путем посева многолетних трав и кустарника с использованием или без использования слоя растительного грунта на защищаемой поверхности находятся в прямой зависимости от климатических условий, содержания токсичных веществ в хвостохранилище и гранулометрического состава складируемого материала.

Сущность *химической стабилизации* заключается в направленном изменении свойств поверхностного слоя намытого материала путем создания противоэрозионного покрытия из материала дамбы, обработанного химическими вяжущими веществами. Выбор вяжущих средств, в каждом конкретном случае, определяется гранулометрическим, химическим и минеральным составом хвостовых отложений и необходимой периодичностью работ. Созданное покрытие должно обеспечить в последующем нормальную эксплуатацию намывного сооружения, не оказывать отрицательного влияния на его водный режим и обеспечить структурную сохранность закрепленных хвостов под нагрузкой.

На хвостохранилище Лебединского ГОКа для борьбы с пылением отходов обогащения преимущественно применяют методы основанные на орошении водой, реализуемые либо с помощью гидрозавесы, перехватывающей взвешенные в воздухе частицы пыли, либо дождевании склонной к пылению поверхности. Способы, в которых для пылеподавления применяют воду, менее дорогостоящи, чем создание специальных покрытий. Однако и гидрозавеса, и дождевальная установка требуют устройства специальной водопроводной сети, размещение которой на эксплуатируемом хвостохранилище связано с определенными трудностями. Кроме того, для эффективной работы указанных конструкций необходимо обеспечивать высокую дальность транспортирования капель воды в воздушной среде. С этой целью применяют специальные сопла, устраивают высоконапорные системы подачи воды, утяжеляют капли введением специальных добавок и т.п.. Более того, использование воды при орошении пылящих пляжей в жаркую погоду мало эффективно, так как они быстро высыхают и требуется постоянная работа дождевальных установок, а это требует значительных затрат.

Основные принципы разработки химических способов технической мелиорации предполагают учет минералогических особенностей грунта. Представляется существенным понятие ресурса грунта, т.е. наиболее реакционноспособных компонентов минерального комплекса по отношению к химическому воздействию. Для техногенных грунтов хвостохранилищ комбинатов по пе-

реработке железных руд характерно наличие кварца и железосодержащих минералов [1].

В случае отходов обогащения Лебединского ГОКа, для разработки способов закрепления дисперсных техногенных грунтов необходимо использовать железосодержащие составляющие минерального комплекса. Железосодержащие минералы являются ресурсом грунта, нестабильным по отношению к кислотной актива-ции. Этот принцип лежит в основе способа закрепления поверхности хвостохранилищ, разработанного в институте ВИОГЕМ. Обработка поверхности хвостов производится слабым раствором соляноё кислоты. Образующийся в результате слой, обладает повышенным содержанием вла-ги, и за счет этого достигается пылеподавление. Для разбрызгивания закрепляющих составов применяют поливочные машины коммунального и сельскохозяйственного назначения. Опытно-промышленное закрепление данным способом, проведенное на хвостохранилище Лебединского ГОКа, показало, что кислотная обра-ботка техногенного грунта обеспечивает отсутствие пыления. Долговеч-ность закрепления зависит от количества выпадающих осадков.

Наши исследования связаны с разработкой нового способа закрепления пылящих поверхностей отходов обогащения железных руд на примере отходов хвостохранилища Лебединского ГОКа. В большинстве случаев хвосты представлены измельченными кварцитами, близкими по своим свойствам к природным пескам. Поверхность их частиц весьма шероховата и содержит более 50% свободного диоксида кремния. Размер фракций механического состава отходов обогащения полностью зависит от технологии переработки железной руды и прежде всего от тонкости ее размола.

Предлагаемый способ заключается в нанесении на пылящую поверхность меловой суспензии с последующей обработкой её разбавленным раствором серной кислоты. С целью обеспечения минимального воздействия на окружающую среду и регулирования прочности закрепляемой поверхности, обработка поверхности раствором серной кислоты производится в стехиометрическом отношении к внесённому мелу в виде водного раствора с концентрацией от 3 до 15 мас. проц.

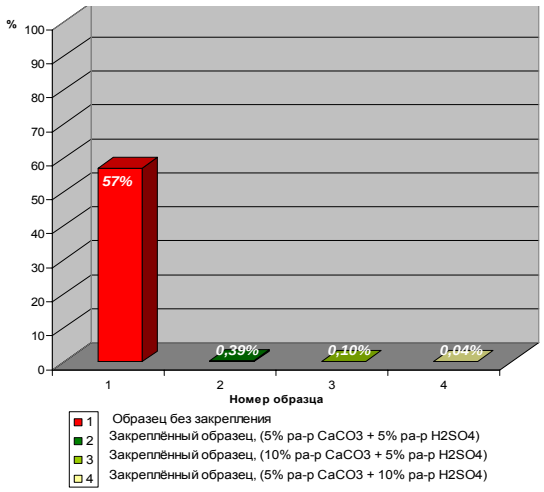
Основная реакция:

$$CaCO_3 + H_2SO_4 =$$
$$= CaSO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

В результате образуется поверхностный слой по составу близкий к природному гипсу. Толщина и сроки твердения напрямую зависят от количества вносимого мела. При малой концентрации меловой суспензии, часть серной кислоты не вступившая в реакцию с мелом, взаимодействует с железосодержащими минералами в составе хвостов. При этом образовавшиеся продукты реакции обладают свойством образовывать кристаллогидраты, за счет чего обеспечивается повышение влажности грунта. Срок образования защитной корки в этом случае составляет около 7-8 суток в условиях сухой и жаркой погоды. В случае большей концентрации меловой суспензии, раствор серной кислоты полностью участвует в реакции с мелом. Высыхание поверхности в этом случае происходит в более быстрые сроки. Таким образом изменяя условия проведения закрепления предлагаемым способом существует возможность регулирования свойств закрепляющего слоя.

Для оценки эффективности закрепления были проведены испытания закреплённых образцов на продавливание, фиксируя разрушающую нагрузку, а также продувка образцов в аэродинамической трубе при скорости воздуха до 10 м/с.

При продавливании прочность полученного поверхностного слоя меняется в зависимости от концентрации реагентов:



1) 5% $CaCO_3$ + 5% H_2SO_4 - 1358 г/см^2.

2) 10% $CaCO_3$ +5% H_2SO_4 - 1628 г/см^2.

3) 5% $CaCO_3$ + 10% H_2SO_4 - 2248 г/см^2.

Испытание образцов в аэродинамической трубе проводилось при скорости ветра 10 м/с. В результате определялся процент выноса образца от общей массы [2].

В качестве преимуществ данного способа можно отметить низкую стоимость используемых реагентов, относительно простую технологию осуществления. Кроме того, в виду малой концентрации применяемой кислоты, полного протекания химической реакции и не токсичности конечных продуктов, которыми преимущественно являются сульфаты кальция, воздействие на окружающую среду незначительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лычагин Е.В.* Закрепление поверхности хвостохранилищ для предотвращения пыления. // Сб. научных трудов «Вопросы эксплуатации хвостохранилищ и охраны окружающей среды». – Белгород: ВИОГЕМ, 1988, с. 18-20.

2. *Сергеев С.В., Синица И.В.* Негативное воздействие хранилищ отходов обогащения на окружающую среду и способы пылеподавления. // Известия Тульского государственного университета. Серия «Геомеханика. Механика подземных сооружений», Вып. 4, Тула: Изд-во ТулГУ, 2006, с. 159-163. ГИАБ

Коротко об авторах

Лычагин Е.В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент геолого-географического факультета Белгородского государственного университета,

Синица И.В. – аспирант геолого-географического факультета Белгородского государственного университета.