

ВЛИЯНИЕ ХРАНИЛИЩА ОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ НА ПРИЛЕГАЮЩУЮ ТЕРРИТОРИЮ

В хвостохранилищах накоплено множество различных компонентов, которые вызывают существенные изменения гидрохимических условий на значительной территории. Это приводит к ухудшению окислительно-восстановительной обстановки в районе размещения накопителей отходов, усилению восстановительных процессов вследствие ухудшения аэрации и повышенного содержания органического вещества, к изменению агрегатного состояния, структуры, физического состояния, проницаемости и прочности пород.

Введение

Длительная эксплуатация хвостохранилищ оказывает значительное влияние на геологическую среду, в том числе и на горные породы, залегающие в основании этих объектов, а также в зоне подтопления или подпора вне контура накопителя. Последнее обстоятельство вызвано тем, что подтопление сопровождается существенным изменением гидрохимических условий часто на значительной территории.

Поскольку изменение свойств пород протекает в новых условиях техногенного гидродинамического и гидрохимического режима, прогноз преобразования горных пород во времени и пространстве должен быть увязан с динамикой процессов химизма подземных вод.

Механизм формирования нового техногенного гидрохимического режима внутри контура хвостохранилища в пространственно-временном аспекте можно схематически представить в виде отдельных циклов [1].

В первом цикле происходит свободная фильтрация промышленных стоков в породы зоны аэрации в вертикальном направлении. Так, например, для условий хвостохранилища ОАО «ММК» (Магнитогорский металлургический комбинат), учитывая первоначальный высокий уровень подземных вод, этот цикл был весьма кратковременен. Второй цикл можно рассматривать как фазу

подпертой фильтрации, характеризующуюся процессом смешения промышленных стоков с подземными водами. В третьем цикле происходит собственно миграция загрязняющих компонентов в подземных водах зоны полного насыщения. В плане потока за контуром дренажных канав формируется фронт загрязнения.

Формирование определенной физико-химической обстановки происходит с разной степенью интенсивности внутри и вне контура хвостохранилищ. На хвостохранилищах ОАО «ММК» внутри их контура происходит быстрый подъем уровня подземных вод, сопровождающийся процессом смешения и образования единого водоносного комплекса, который условно может быть разделен на два водоносных горизонта. Верхний из них приурочен к техногенным породам – пескам, нижний – к озерно-ледниковым отложениям, водоупором для единого комплекса служат коренные отложения. Для химического состава промышленных стоков хвостохранилища ОАО «ММК» характерно содержание органических и неорганических компонентов. Основными загрязняющими веществами являются: органическое – дизельное топливо, состоящее из солярового масла и керосина, и неорганические – сера, фтор, цинк и др.

Деструкция органического вещества в промышленных стоках – достаточно сложный окислительно-восстановительный процесс, характер и динамика протекания которого зависит от ряда действующих химических и микробиологических факторов [2]. Химическое окисление органических соединений зависит от количества поступающего в систему вода – порода свободного кислорода. Поскольку возможность поступления атмосферного кислорода на различных участках размещения хвостохранилищ и вертикально

Г.А. Холодняков*,
профессор горного
факультета,
ФГБОУ ВПО
Санкт-Петербургский
государственный
горный университет

К.Р. Аргимбаев,
аспирант горного
факультета
ФГБОУ ВПО
Санкт-Петербургский
государственный
горный университет

* Адрес для корреспонденции: Diamond-arg@mail.ru

по разрезу неодинакова, то можно выделить ряд зон по интенсивности окислительно-восстановительных условий.

Интенсивное химическое окисление органических компонентов происходит в верхней зоне прудка хвостохранилища, зоне капиллярного насыщения и приповерхностной части водоносного горизонта, приуроченного к техногенным пескам, где сказывается влияние инфильтрации атмосферных осадков, обогащенных кислородом (рис. 1).

Наиболее активно окисление нефтепродуктов происходит в прудковой зоне хвостохранилищ в летнее время в результате взаимодействия с атмосферным кислородом и инсоляции. Известно, что наибольшей сорбционной способностью по отношению к нефтепродуктам, содержащимся в промышленных стоках, обладают сухие и маловлажные породы. По мере возрастания степени водонасыщения породы, в том числе и песчаной, будет происходить падение сорбционной активности по отношению к полярным компонентам нефтепродуктов. Насыщенные водой техногенные отложения связывают только так называемое "остаточное" количество нефтепродуктов в форме жидкой фазы. Это количество нефтепродуктов определяется величиной их растворимости в воде и сорбционной способностью водонасыщенных техногенных песков. Поскольку обе составляющие "остаточного количества" нефтепродуктов незначительны по сравнению с их содержанием в фильтрующихся через намывные пески техногенных водах, то избыток нефтепродуктов вытесняется в верхние слои породы, обладающей более низкой влажностью в зоне аэрации. Этот процесс происходит на фоне плотностной конвекции, к которой приводит различие в плотности

нефтепродуктов и воды и их плохая смешиваемость. В результате этого происходит колебание уровня капиллярного поднятия, в зоне которого образуется полоса, содержащая максимальное количество нефтепродуктов. Такие полосы, обогащенные нефтепродуктами, наблюдаются в техногенных песках непосредственно над уровнем грунтовых вод, что фиксируется в процессе бурения по изменению цвета песка (он становится черного цвета), а также по специфическому запаху. Доступ атмосферного кислорода в эту зону затруднен в связи с существованием пленки нефтепродуктов в капиллярной части техногенного водоносного горизонта, а при отсутствии доступа кислорода воздуха и света химическое окисление нефтепродуктов практически не происходит. В связи с этим в нижней части разреза техногенных песков и озерно-ледниковых отложений основания хвостохранилищ формируется восстановительная зона.

Вне контура хвостохранилищ в зоне капиллярного поднятия водоносного горизонта озерно-ледниковых отложений существует окислительная обстановка, поскольку в этой части разреза присутствует зона свободного водообмена (рис. 1). Ниже уровня подземных вод, в связи с затрудненными условиями аэрации, окислительные условия сменяются на восстановительные (рис. 1). Необходимо отметить, что мощность зоны аэрации зависит от рельефа местности и гранулометрического типа песчано-глинистых пород. Например, если в верхней части разреза озерно-ледниковых отложений залегают более глинистые разности, и этот участок находится на низких гипсометрических отметках, возможно заболачивание территории. Соответственно, уровень зоны, где отмечается восстановительная обстановка, поднимется. Таким образом, окислительной обстановкой в пределах контура характеризуются верхняя часть прудковой зоны и аэрированная часть техногенных песков до уровня воды техногенного водоносного горизонта, восстановительные условия существуют во всей толще озерно-ледниковых отложений основания и в обводненной части техногенных песков.

За контуром хвостохранилищ, если песчано-глинистые породы залегают выше уровня подземных вод в пределах капиллярной кайлы водоносного горизонта озерно-ледниковых отложений, они характеризуются окислительной обстановкой, ниже - восстановительной.

Переходной можно считать зону, связанную с сезонными колебаниями уровней подземных вод. Областью разгрузки водоносного гори-

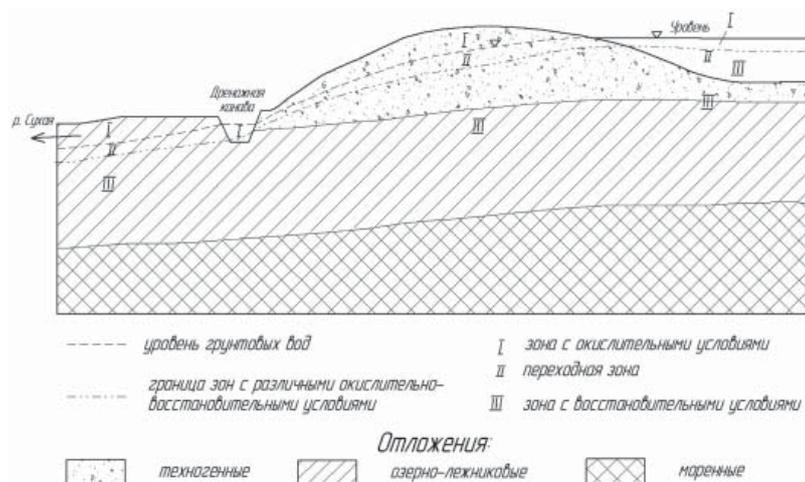


Рис. 1. Схематизация окислительно-восстановительных условий в районе размещения хвостохранилища ОАО «ММК».

зонта в озерно-ледниковых отложениях является р. Сухая, окислительно-восстановительные условия в воде реки и ее придонной части требуют дополнительного изучения.

Результаты и их обсуждение

В связи с выделением зон с различной окислительно-восстановительной обстановкой представляется необходимым проанализировать изменения свойств пород основания хвостохранилищ и части разреза озерно-ледниковых отложений, залегающих вне их контура.

Результаты опробования, проведенного за контуром накопителя отходов, свидетельствуют о существовании в озерно-ледниковых отложениях нескольких зон. Разделение на различные зоны можно провести уже на основе визуального анализа песчано-глинистых пород, залегающих выше и ниже уровня грунтовых вод. Выше уровня грунтовых вод песчано-глинистые породы имеют желто-коричневый, желтый, бурый цвет, со стяжениями и прожилками охристого цвета, постепенно по глубине происходит изменение окраски пород, появляется серая окраска в породах, ниже уровня воды в породах преобладает серый цвет, на глубине 4,0-5,0 м сизый и голубоватый.

Дальнейшее сопоставление изменения свойств песчано-глинистых пород, залегающих выше и ниже поверхности грунтовых вод и разделенных визуально по цвету, позволяет сделать определенные выводы. Верхняя часть рассматриваемых отложений имеет большую агрегированность, по гранулометрическому составу это чаще супесчаные и суглинистые разности, более трещиноватые, комковатые. Для них характерны меньшие значения влажностей, не превышающие 30 %, более устойчивая консистенция, меньшие значения числа пластичности (в пределах от 5 до 7), а также более высокие значения коэффициента фильтрации - 0,05-0,16 м/сут. Прочность этих отложений выше прочности пород, залегающих ниже уровня воды. Параметры прочности составляют сцепление 0,019-0,068 МПа, угол внутреннего трения 5-10°. Для последних наблюдается повышение дисперсности; по гранулометрическому составу они представлены более глинистыми разностями, влажность породы 40-60 %, в отдельных случаях показатель консистенции превышает 2, что свидетельствует о явно неустойчивой консистенции, число пластичности достигает 29. Величина коэффициента фильтраций составляет 0,04-0,009 м/сут. Для глинистых пород, залегаю-

Ключевые слова:

хвостохранилища,
гидрохимический
режим,
накопитель,
окислительно-
восстановительные
условия

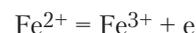
щих ниже уровня грунтовых вод интервал изменения параметров прочности - сцепление 0,018-0,025 МПа, угол внутреннего трения 0-4°.

В разрезе основания хвостохранилища (внутри контура) наблюдается в большинстве случаев снижение прочности глинистых пород.

Аналогичным образом можно проследить изменение цвета техногенных песчаных отложений. Выше уровня воды в техногенном водоносном горизонте прослеживаются пески желтого, желто-коричневого цвета, в районе капиллярного поднятия наблюдается черная окраска, а ниже уровня грунтовых вод техногенные пески имеют серый цвет с темными, сизыми прослойками.

Известно, что качественными показателями окислительно-восстановительной среды являются различные минералы-индикаторы, среди которых особое место занимают минералы железа, благодаря своей яркой окраске. Железо является одним из наиболее распространенных неорганических соединений, обладающих способностью менять валентность в пределах окислительно-восстановительного потенциала, характерного для природных и техногенных вод.

Потенциал-задающей является система:



Это означает, что железо в песчано-глинистой породе может быть трехвалентным (окисленным) и двухвалентным (восстановленным). В верхней части разреза озерно-ледниковых отложений, где присутствует свободный кислород, минералы трехвалентного железа имеют желтую, коричневую, бурую окраску и легко узнаются по цвету и по присутствию в разрезе охристых конкреций, пятен и разводов.

Различие химических свойств окисленных и восстановленных форм железа обуславливает его поведение в подземных водах [3]. Окисленная трехвалентная форма железа легко подвергается гидролизу и при значениях рН, характерных для подземных вод, содержание его ничтожно. В присутствии кислорода в щелочной, нейтральной и даже слабокислой среде железо переходит в окисную форму и выделяется из раствора в виде цементирующих породу соединений. Существование верхней зоны в аэрированной части разреза озерно-ледниковых отложений можно объяснить протекающими в ней эпигенетическими процессами окисления, в результате которых происходит цементация породы окисными соединениями железа, придающими отложениям боль-

шую прочность и агрегированность. Особенно существенные изменения происходят в глинистых породах в восстановительных условиях без доступа атмосферного кислорода, где осуществляется переход окисных соединений в закисные, окристаллизованное железо переходит в аморфное состояние. Доказательством существования растворенного двухвалентного железа в поровых водах озерно-ледниковых глинистых отложений, залегающих ниже уровня грунтовых вод, служит появление желто-коричневой окраски у образцов серого цвета, отобранных из зоны в восстановительной обстановке, после обработки их соляной кислотой. При этом появляется запах сероводорода, что свидетельствует о наличии сульфида железа в глинистой породе. Поскольку соединения двухвалентного железа имеют зеленую, сизую, синеватую, серую окраски, то и глинистые породы нижней части разреза озерно-ледниковых отложений приобретают соответствующую окраску.

Уменьшение прочности, увеличение дисперсности этих отложений вероятнее всего связано с разрушением цементирующих соединений в восстановительных условиях.

Таким образом, если в песчано-глинистых породах имеются соединения трехвалентного железа, то оно служит окислителем и восстанавливается до двухвалентного состояния, а органические соединения при этом окисляются.

Заключение

По результатам исследований нами сделан вывод о том, что за период эксплуатации накопителей отходов наблюдается тенденция к постепенному снижению прочности глинистых пород основания, особенно отчетливо она выражается для образцов, отобранных непосредственно из-под намытых песков.

Использование накопителей отходов приводит к изменению окислительно-восстановительной обстановки в районе размещения, усилению восстановительных процессов вследствие ухудшения аэрации и повышенного содержания органического вещества, что приводит к изменению агрегатного состояния, структуры, физического состояния, проницаемости и прочности глинистых пород.

Литература

1. Мелентьев В.А. Намывные гидротехнические сооружения / В.А. Мелентьев, Н.П. Калпашников, Б.А. Волнин. М.: Энергия, 1973. 247 с.
2. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ, 1987. 286 с.
3. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. Изд. 3-е. М.: МГУ, 2001. 519 с.



G.A. Holodnyakov, K.R. Argimbaev

PROCESSING PLANT WASTE STORAGE INFLUENCE ON SURROUNDING AREA

Waste storages accumulate a lot of different components which cause significant changes of hydrochemical conditions on large areas. This leads to deterioration of

redox processes in the storages area. It also leads to recovery processes due to the deterioration of aeration. The high content of organic matter causes a change in physical state, structure,

physical condition, permeability and rock strength.

Key words: tailing pit, hydrochemical mode, accumulator, redox conditions