

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

А.Д. Деменев

Научный руководитель зам. директора по НИР Н.Г. Максимович

***Естественнонаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, г. Пермь, Россия***

При эксплуатации грунтовых плотин требуется постоянный контроль различных параметров гидротехнического сооружения в соответствии с регламентом [9]. В соответствии с нормативными документами [7], одним из таких параметров является наличие мутности (взвешенных частиц) в профильтрованной воде через грунтовую плотину. Появление мутности в воде, может являться признаком развития суффозионных процессов. Однако, как показала практика, в ряде случаев появление мутности в воде после фильтрации через плотину может быть связано не только с процессами суффозии. Исследование этой проблемы выполнено на одной из плотин Волжско-Камского каскада, где при отборе проб дренажных вод, фильтрующихся через тело плотины было обнаружено отложения осадка охристого цвета на облицовке стенок и на дне отводящей дренажной канавы. Химические анализы проб воды показали значительное превышение показателей мутности дренажных вод (в 6 раз) по сравнению с водой из водохранилища. В связи с этим нами был проведен комплекс работ по изучению этого явления, включавший в себя стандартный гидрохимический анализ, хроматомасс-спектрометрический анализ водорастворенного органического вещества, газеохимическое опробование состава почвенных газов и газов дренажных колодцев, исследования физико-механических свойств грунтов, минералогический анализ новообразований из дренажной системы плотины, а также экспериментальное моделирование различных микробиологических процессов [4].

Плотина была возведена способом гидромеханизации из песчано-гравийных грунтов с намывным экраном из мелкозернистых песков на аллювиальных отложениях, мощность которых достигает 14–17 м. Аллювиальные отложения представлены глинами и тяжелыми суглинками, мелкозернистыми песками и гравийно-галечниковыми образованиями. Вся толща аллювиальных глин и суглинков содержит прослойки песка. Глинистые грунты обладают высокой физико-химической активностью, содержат в значительном количестве органические вещества (до 8%).

При натурном обследовании земляной плотины и дополнительном отборе проб дренажных вод для химических анализов обнаружено, что дренажные воды на выходе из дренажной системы являются изначально прозрачными, а осадок в них образуется при контакте с воздухом. Таким образом, осадок, представляющий собой гидроксид железа (III), образовывался из водорастворенных ионов железа (II) при их окислении кислородом. В связи с этим возникает вопрос об источниках водорастворенных ионов железа (II). Одним из таких источников могли бы быть металлические трубы самой дренажной системы, подвергающиеся коррозии, однако по результатам исследований [3], установлено, что конструкции дренажа не являются основным источником водорастворенных ионов железа (II). Другим источником является грунт, слагающий тело плотины, в котором идет процесс оглеения. Глеевый процесс – один из распространенных в гумидной зоне – заключается в восстановлении железа (III) в железо (II) с последующим выносом железа (II) из глеевых горизонтов [5]. Буровые работы, проведенные на земляной плотине, показали, что местами грунт плотины имеет серую, серо-зеленую окраску, а суммарная мощность его достигает 8 м. Согласно [5], серая, зеленая, голубоватая и пятнистая (охристо-сизая и т.д.) окраска характерна для грунтов, подвергшихся оглеению, которое происходит в результате развития анаэробных микроорганизмов; при этом в водах появляются продукты жизнедеятельности микроорганизмов – углекислый газ, метан, органические кислоты. Характерным признаком глеевого процесса является гидроксид железа, который образуется оглеения на участках более высокого окислительного потенциала, или в ходе дальнейших окислительных процессов, когда бывшие оглеенные горизонты попадают в условия окислительной среды [5]. При выемке кернов оглеенного грунта плотины на дневную поверхность на кернах начинали постепенно появляться охристые пятна гидроксида железа (III). Газеохимическое опробование подпочвенного воздуха земляной плотины показало наличие очагов повышенного содержания углекислого газа, метана и летучих органических соединений, гидрохимический и микробиологический анализы подтвердили наличие глеевой обстановки в теле земляной плотины и развитие анаэробной микрофлоры [2, 3, 4, 8].

Проведенный химический анализ проб воды из пьезометров аллювиального водоносного горизонта показал, что в этом горизонте может быть выделена зона, в которой происходит более интенсивное бактериальное разложение водорастворенного органического вещества, обнаруживаемое по повышению содержания в ионов HCO_3^- и NH_4^+ и общей минерализации. В пределах этой зоны также выделяется очаг повышенного содержания ионов Fe^{2+} , образовавшихся, по-видимому, в результате разложения железосодержащих минералов, и бактериального восстановления ионов Fe^{3+} водорастворенным органическим веществом до активно мигрирующих в водоносном горизонте ионов Fe^{2+} . Известно, что в анаэробных условиях даже хорошо упорядоченные кристаллы оксидов железа (III) способны подвергаться восстановительному растворению [5, 6]. Таким образом, появление очага повышенного содержания ионов Fe^{2+} в воде аллювиального водоносного горизонта может свидетельствовать о том, что в данном месте происходит трансформация водовмещающих пород, в которой принимают участие микроорганизмы.

По-видимому, попадание значительного количества органических веществ инициировало развитие в грунте плотины анаэробных бактериальных процессов и как следствие - вынос из грунта ионов металлов, в том числе Fe^{2+} . Основными источниками органических веществ могли являться ручьи, водосборная площадь которых находится на территории жилых районов, а также целлюлозно-бумажная фабрика (рисунок).

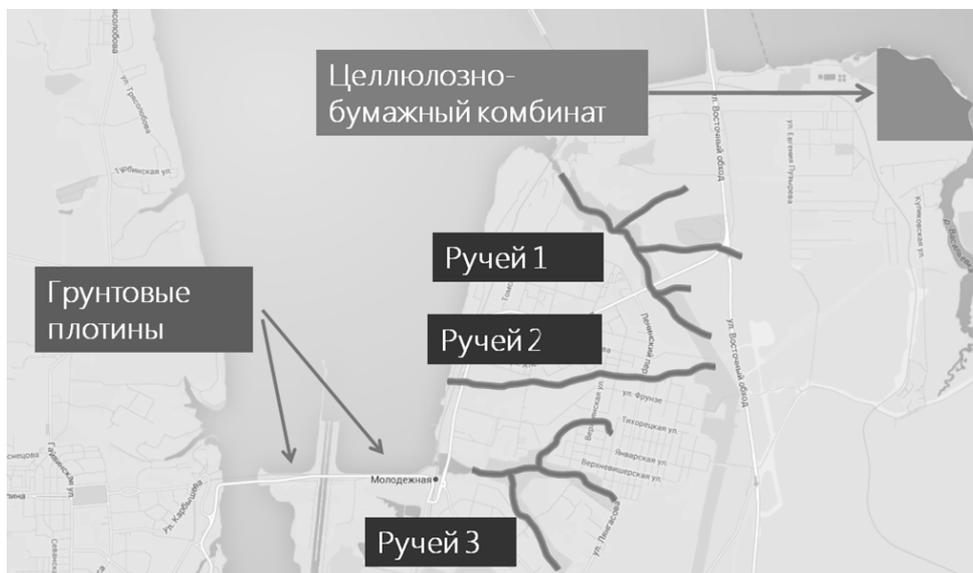


Рис. Возможные источники поступления органических веществ

Таким образом, превышение нормативных показателей по мутности может быть связано не только с сульфидными процессами. Так на исследуемой плотине, в основном, глеевая обстановка, формируемая за счет активизации микробиологических процессов, способствовала повышению мутности вод. Однако, активизация микробиоты, может оказаться не менее опасна, чем сульфидный процесс. Как показывают исследования [1, 2, 3, 6, 8], микроорганизмы способны оказывать негативное влияние на физико-механические свойства грунтов, что ведет к возникновению риска снижения устойчивости инженерного сооружения. Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания 2014/153.

Литература

1. Дашко Р. Э., Шидловская А. В. Биотическая и абиотическая компоненты в подземной среде: их генезис и влияние на состояние и свойства песчаных отложений // Записки Горного института. 2012. Т. 197. С. 209 – 215.
2. Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов // Вестник ПГУ. 2012. Сер. Геология. Вып. 3 (16). С. 47 – 54.
3. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Микробиологические процессы в грунтовых плотинах. Инженерные изыскания, 2013, № 9, с. 46 - 51.
4. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т., Лаздовская М.А., Демнев А.Д. Комплекс методов исследования микробиологической активности в грунтовых плотинах // Вестник СПбГУ, 2014, Сер. 7, Вып. 4, с. 88 - 100.
5. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. М., Недра, 1965. 272 с.
6. Радина В. В. Роль микроорганизмов в формировании свойств грунтов и их напряженного состояния // Гидротехническое строительство. 1973. № 9. С. 22 – 24.
7. РД 153-34.2-21.342-00 «Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений», Москва, 2000.
8. Maksimovich N. G, Khmurchik V T. The Influence of Microbiological Processes of Subsurface Waters and Grounds in River Dam Basement // Engineering Geology for Society and Territory. - V. 6. Applied Geology for Major Engineering Projects. - P. 563 - 565.
9. Rozycki A., Fonticella J.M.R., Cuadra A.. Detection and evaluation of horizontal fractures in earth dams using the self-potential method. Engineering Geology, 2006, Vol. 82, Iss. 3, p. 145 - 153.