

УДК 621.182.94/.95:662.613.1:502.175

## ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ФИЛЬТРАЦИОННОГО И ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЗОЛООТВАЛОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Киреев П. А., аспирант гр. ФПа-211, I курс

Кувшинникова Е. А., студент гр. ФПс-171, V курс

Баёв М. А., к.т.н., доцент кафедры ТиГМ

Бедарев К. Р., аспирант гр. ФПа-211, I курс

Научный руководитель: Хямяляйнен В. А., д.т.н., проф., зав. кафедрой ТиГМ

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

При эксплуатации тепловых электростанций (ТЭС) главным элементом преобразования энергии является уголь, при сжигании которого образуются золошлаковые отходы (ЗШО). Ежегодно в России сжигается около 125 млн. тонн топлива, образуя 25–30 млн. тонн ЗШО, а объем накопленных отходов оценивается в 1,5–2 млрд. тонн. Они хранятся в золошлаковых отвалах – это специально оборудованные гидротехнические сооружения, которые накапливают золошлаковую пульпу. К настоящему времени в Сибири скопилось более 500 млн. тонн ЗШО, а площадь, занимаемая золошлакоотвалами, превысила 4 тыс. га. Емкости золошлакоотвалов, предусматриваемых проектным заданием ТЭС, должны быть достаточными для ее работы в течение не менее 5 лет. В случае использования шлаков или золы предусматривается раздельное их складирование. В этом случае емкость золошлакоотвалов должна приниматься не менее чем на 3 года. При этом следует отметить, что на практике перерабатывается лишь десятая часть образующихся отходов, в основном в виде вторичных строительных материалов [1-3].

Золошлаковые отвалы являются источниками отрицательного воздействия на окружающую среду: загрязнение воздуха во время пылеобразования на поверхности отложений; загрязнение поверхностных и подземных вод; влияние на живые организмы, фитотоксичность; вероятность катастрофических прорывов воды, золы и шлака; отчуждение обширных территорий. Загрязнение подземных вод – основное негативное воздействие ЗШО, т.к. с ними загрязняющие компоненты могут переноситься на значительные расстояния. В химическом составе ЗШО преобладают соединения кремния, алюминия, кальция, магния, железа. Более точный состав определяется видом сжигаемого топлива, технологией сжигания и складирования. Золошлаки подразделяются на кислые – с содержанием оксида кальция менее 10 % (сжигание каменного, бурого угля и антрацитов) и основные (сжигание сланцев и молодых углей) [4-5].

В настоящее время большинство золошлакоотвалов не является гидравлически замкнутой системой. В процессе постоянного складирования золошлаковых отходов в золошлакоотвал формируется безнапорный фильтрационный поток техногенных зольных вод, содержащий находящиеся в ЗШО водорастворимые соединения, многие из которых являются токсичными. Фильтрационный поток частично перетекает в основание золошлакоотвала, где он смыкается с потоком подземных вод на прилегающей территории, вследствие чего происходит гидрохимическое загрязнение подземных вод [6]. Кроме этого фильтрация зольных вод оказывает негативное влияние на устойчивость ограждающих дамб. Совместное воздействие фильтрационного потока и сезонного промерзания гребня, низового откоса и основания в нижнем бьефе является основной причиной разрушения ограждающей дамбы.

Для безопасной эксплуатации золошлаковых отвалов тепловых электростанций разрабатывают специальные мероприятия и проводят мониторинг по контролю его фильтрационных и гидрохимических состояний [7]. Основными задачами фильтрационного и гидрохимического мониторинга эксплуатируемого золоотвала являются: выяснение общих и местных условий формирования фильтрационных и гидрохимических полей (во внешних фрагментах сооружения и на прилегающей к нему территории); оперативное наблюдение за работой дренажных устройств, включая расходометрию; выявление признаков суффозии материала дамб, золошлака или грунта в основании; определение химического состава дренажного стока; оценка суммарных фильтрационных утечек по отдельным участкам периметра золоотвала и в целом; оценка уровня загрязнения подземных и поверхностных вод фильтрационными утечками из золоотвала и выяснение границ области распространения загрязнений.

Основой мониторинга гидротехнических сооружений тепловых электростанций являются полевые работы. Они включают натурные измерения температуры и глубины залегания грунтовых вод, маршрутные обследования земляных плотин (дамб) на предмет наличия дефектов, проверку технического состояния и работоспособности стационарной сети (пьезометров), отбор проб вод для проведения химического анализа с установленной периодичностью. Далее выполняют камеральную обработку полученных данных – расчет свойств грунтов; определение абсолютных отметок уровней грунтовых вод; составление инженерно-геологических разрезов и колонок; составление таблиц концентраций химических веществ. Полученные материалы формируются в технический отчет, который отражает гидрогеологическую обстановку на участке золошлакоотвала и на прилегающей к нему территории; основные конструктивные и технологические особенности золошлакоотвала; геомеханические, фильтрационные и физико-химические характеристики складируемых золошлаковых отходов; гидрохимические показатели осветленной воды золошлакоотвала; предельно допустимые значения контролируемых параметров, необходимых для диагностики состояния данного конкретного сооружения; критерии допустимого влияния золошлакоотвала на окружающую среду

(предельно допустимые объемы фильтрационных утечек и пылевых выбросов в атмосферу, масштаб допустимых повреждений ограждающих дамб и т.д.).

В качестве примера был рассмотрен действующий Золоотвал № 2 Беловской ГРЭС (ООО «Сибирская генерирующая компания»), как одной из крупнейших угольных электростанций Кузбасса. Система гидрозолоудаления ГРЭС – гидравлическая, напорная, обратная, совместная для золы и шлака. Золошлаковая пульпа от багерной насосной станции, расположенной на промплощадке ГРЭС, до золоотвала поступает по магистральным золошлакопроводам в распределительные золошлакопроводы золоотвала, из которых через золошлаковыпуски поступает в золоотвал (рис. 1). Осветление воды в золоотвале происходит путем естественного отстаивания воды, без применения химических реагентов. Золоотвал бессточный, сбросы из золоотвала проектом не предусмотрены. Осветленная вода из прудка сбрасывается в самотечный водовод с помощью двух шандорных колодцев, расположенных в прудке. Из водовода вода поступает на ГРЭС для повторного использования.



Рисунок 1 – Действующий золошлаковыпуск на территории золоотвала № 2

Золоотвал № 2 овражного типа, двухсекционный, пятиярусный, продолговатой, неправильной формы, расположен в естественном логе на расстоянии 2 км от главного корпуса станции в юго-западном направлении. Лог имеет уклон в сторону водохранилища Беловской ГРЭС. Общая площадь – 206,07 га; общий объем в пределах IV яруса наращивания – 26,26 млн. м<sup>3</sup>; в пределах V яруса наращивания – 2,178 млн. м<sup>3</sup>. Ежегодно на золоотвал № 2 с Беловской ГРЭС поступает до 500 тыс. м<sup>3</sup> ЗШО.

На золоотвале № 2 постоянно ведется мониторинг безопасности гидротехнических сооружений и мониторинг охраны окружающей среды. Для ведения мониторинга имеются следующие устройства:

1) пьезометры, установленные на поперечных сечениях ограждающих дамб, для наблюдения за уровнем грунтовых вод в теле дамб, а также для отбора фильтрационных вод для определения их качества (рис. 2);

2) наблюдательные скважины, установленные в границе санитарно-защитной зоны золоотвала, для наблюдения за уровнем грунтовых на прилегающей к золоотвалу территории, а также для отбора фильтрационных вод для определения их качества;

3) марки, установленные на гребнях дамб, для определения осадок гребня дамбы;

4) рейки, установленные на шандорных колодцах, для измерения уровня воды в прудке осветленной воды;

5) геодезические реперы, используемые для определения геодезических отметок контролируемых показателей.

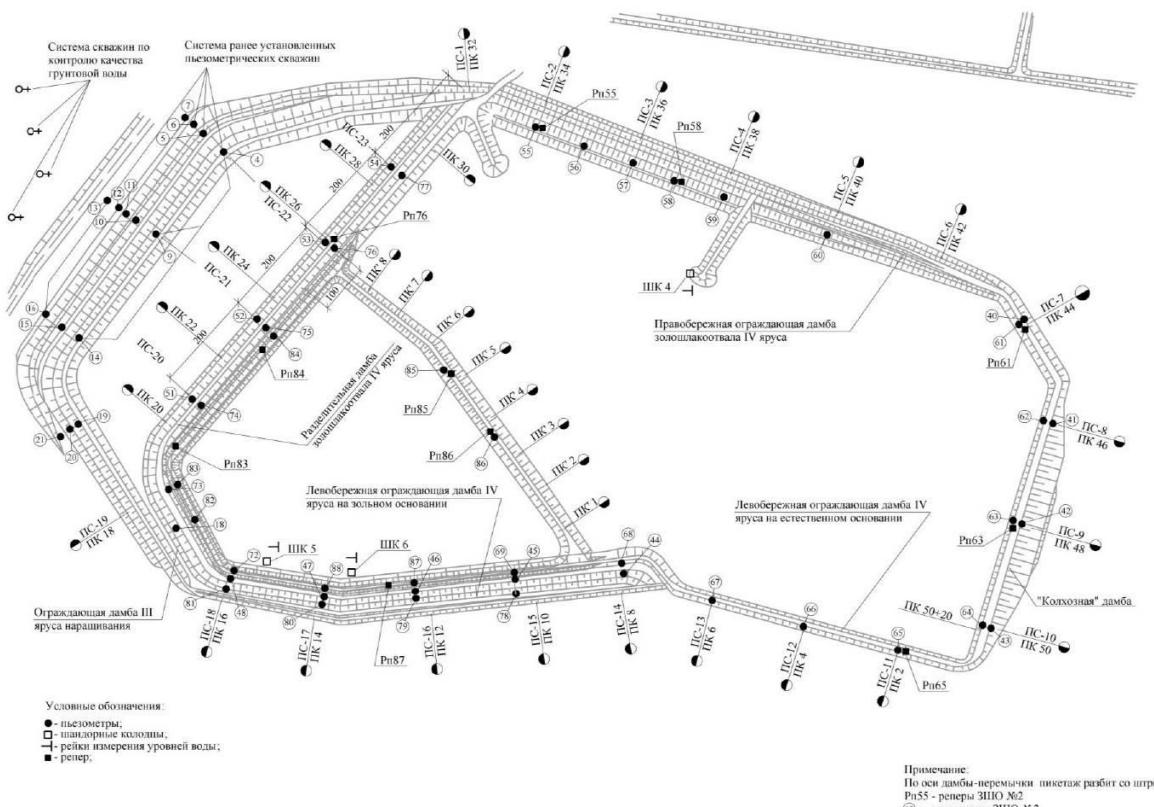


Рисунок 2 – Схема расположения пьезометрических скважин на золоотвале № 2

Режимные гидрогеологические наблюдения выполняются с соблюдением требований действующей нормативно-технической документации [8-10].

Проработанная, грамотная программа мониторинга геологической среды (при ответственном подходе к ее реализации) должна позволять выявить взаимосвязи и взаимовлияние между элементами золоотвала и грунтовым ос-

нованием, а также прогнозировать развитие негативных процессов в зоне влияния золоотвала. Таких как: химическое и тепловое загрязнение грунтовых массивов; изменение физико-механических свойств и несущей способности грунтового основания; развитие фильтрационных деформаций грунтов в основании сооружения и т.д.

При оценке эффективности существующих систем мониторинга геологической среды в районе размещения золоотвалов можно выделить целый ряд недостатков, которые условно можно разбить на три группы:

1. Недостатки контрольно-измерительной аппаратуры (КИА):

- состав и объем установленной КИА зачастую не соответствует установленным нормам. Это относится, прежде всего, к грунтовому основанию сооружений. На всех рассмотренных объектах установлены только пьезометрические скважины. Зачастую скважины располагаются не по створу наблюдения, а хаотично, в удобных для доступа буровой техники местах;

- низкое качество установленной КИА. Характерными недостатками пьезометрических скважин являются: материал обсадной колоны пьезометров в большинстве случаев не устойчив к коррозионной активности, что напрямую оказывает влияние на химический состав отобранных проб воды; недостаточная скважинность фильтров; отсутствие работ по изолированию обследуемого водоносного пласта (при наличии нескольких водоносных горизонтов или верховодки); некачественное выполнение обсыпки фильтра; некачественное выполнение или отсутствие внешнего оборудования скважин и т.д.;

- низкое качество (или отсутствие) технической документации (паспортов) на установленную КИА;

- низкая сохранность КИА. Отсутствие ограждающих или опознавательных конструкций для защиты КИА от внешних механических воздействий приводит к частому ее повреждению или уничтожению при проведении работ по эксплуатации накопителей (особенно в зимний период). На неохраняемой территории часты случаи хищения металлических элементов КИА.

2. Недостатки программ мониторинга:

- несогласованность отдельных видов наблюдений. Отсутствие комплексного подхода к проведению анализа техногенного воздействия эксплуатации золоотвала на окружающую среду проявляется в неустановленной взаимосвязи между проводимыми натурными работами по контролю состояний ГТС. Работы, выполняемые разными организациями или структурными подразделениями, не согласуются по времени и объемам работ, полученные натурные данные рассматриваются разрозненно. Это резко снижает эффективность проводимых мероприятий;

- отсутствует четкое понятие результата мониторинга. В разработанной документации указаны лишь сроки и методы проведения работ. Нет единой формы отчета описания и представления обработанных данных натурных измерений, по которым формируются выводы о работоспособности ГТС и его воздействия на окружающую среду. Отсутствует четкое определение итогов выполнения работ. Поэтому, как правило, мониторинг геологической среды

представляет собой не единую структурированную систему, направленную на получение определенного результата, а набор разрозненных работ;

- не учитывается работа золоотвала совместно с другими техногенными объектами. Так при оценке состояния грунтовых вод золоотвал чаще всего рассматривается как единственный источник негативного влияния (загрязнения), хотя большая часть золоотвалов находится в черте населенной или промышленной застройки, в непосредственной близости от других объектов. Например, на золоотвале № 2 Беловской ГРЭС сеть наблюдательных скважин размещена в соответствии с нормами: скважины расположены в створе по течению грунтового потока от источника загрязнения до места разгрузки, фоновые скважины выше источника загрязнения также в наличии (рис. 3).

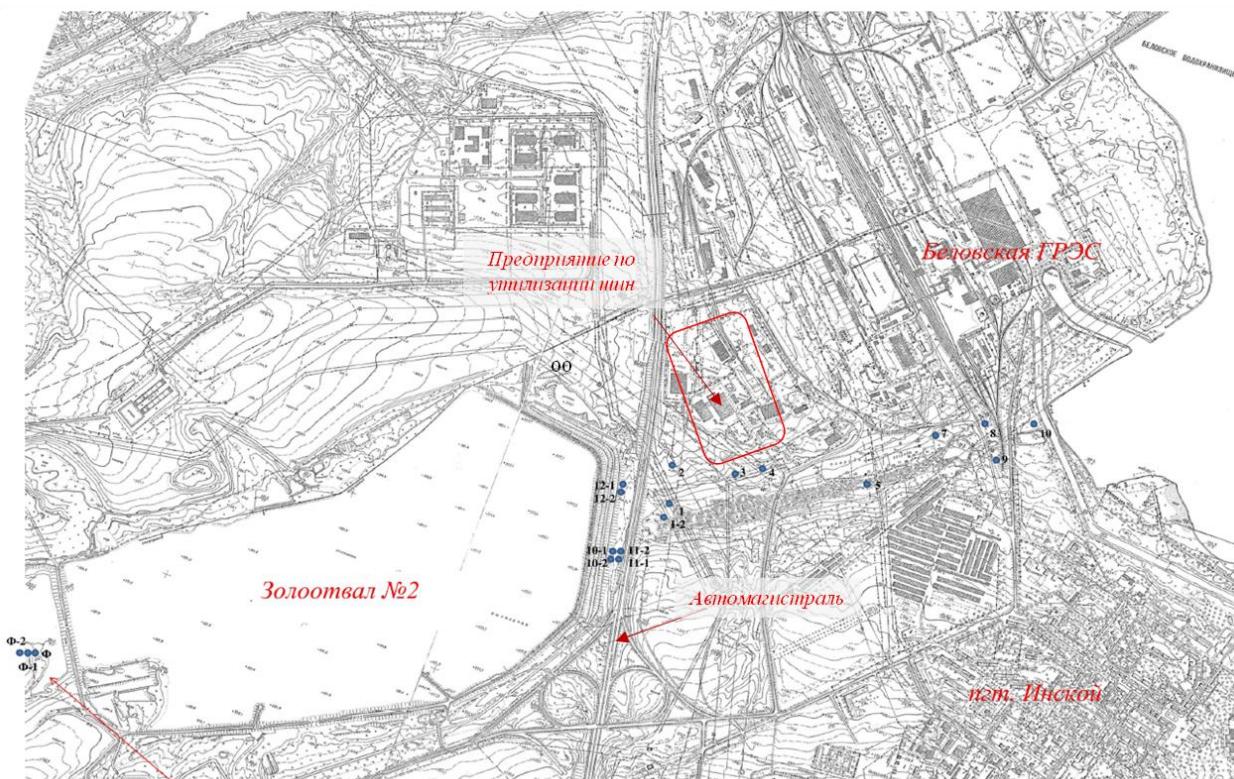


Рисунок 3 – Схема расположения скважин для отбора проб воды

Однако в зоне гидрохимического мониторинга расположены и другие источники загрязнения (автомагистрали, промышленные предприятия и т.д.) и при оценке влияния золоотвала на окружающую среду необходимо учитывать их вклад в общее загрязнение грунтовых вод. Также должны анализироваться данные о региональных особенностях химического состава подземных вод разных водоносных горизонтов (например, повышенное содержание отдельных компонентов).

### 3. Недостатки обработки данных:

- отсутствие консолидированных баз данных;
- недостаточное использование возможностей компьютерных программ;
- отсутствие прогнозирования развития выявленных негативных явлений и процессов.

Таким образом, в настоящее время весь мониторинг геологической среды в зоне влияния действующих золошлакоотвалов сводится к режимным наблюдениям за химическим составом грунтовых вод, что сводит его эффективность к минимуму. Наиболее актуальными для повышения качества инженерно-геологического обслуживания золошлакоотвалов вопросами, на наш взгляд, являются:

- анализ системы мониторинга геологической среды на ряде объектов (разных по конструкции, площади, грунтовым условиям, местоположению) для выявления и уточнения общих слабых мест;
- разработка методики оценки работоспособности систем КИА и эффективности мероприятий мониторинга геологической среды;
- уточнение методов расчета защищенности подземных вод от загрязнения в районе действующих золоотвалов ТЭЦ с учетом опыта их эксплуатации;
- уточнение структуры, объемов и методов мониторинга геологической среды в районе действующих золоотвалов ТЭЦ с учетом опыта их эксплуатации;
- разработка мероприятий по коренному улучшению состояния окружающей среды в районе действующих золоотвалов ТЭЦ;
- разработка методов ускоренной фиксации или прогнозирования нарушений нормальной работы системы «грунтовое сооружение-грунтовое основание» для предотвращения аварийного разрушения золошлакоотвалов и др.

#### **Список литературы:**

1. Шубов Л. Я., Скобелев К. Д., Загорская Д. А. Вторичные ресурсы, образующиеся в сфере теплоэнергетики // Энциклопедия технологий. Ч. 3. Развитие технологий переработки вторичных ресурсов. – М.: НИИ «Центр экологической промышленной политики», 2019. – С. 649–670. – URL: [https://eipc.center/wp-content/uploads/2020/08/encycl/p\\_three/chpt\\_15.pdf](https://eipc.center/wp-content/uploads/2020/08/encycl/p_three/chpt_15.pdf) (дата обращения: 29.03.2022).
2. Игуминова В. А., Карючина А. Е., Ровенских А. С. Анализ способов утилизации золошлаковых отходов // Исследования молодых ученых: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Казань, январь 2021 г.). – Казань: Молодой ученый, 2021. – С. 21–25. – URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/357/15509/> (дата обращения: 29.03.2022).
3. Волков М. А., Гринюк А. П., Мурко В. И., Хямяляйнен В. А., Баёв М. А. Подготовка тампонажных растворов на основе золошлаковых отходов при сжигании водоугольного топлива из угольных шламов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 8. – С. 97–104. DOI: [10.25018/0236-1493-2020-8-0-97-104](https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-8-0-97-104).
4. Замана Л. В., Усманова Л. И., Усманов М. Л. Гидрохимия отстойника золоотвала Читинской ТЭЦ-1 и состав подземных вод в зоне его инфильтрационного влияния // Вестник БГУ. Химия. Физика. – 2010. – № 3. – С. 28–33.

5. Огородникова Е. Н., Барабошкина Т. А., Николаева С. К. Особенности минерального состава золошлакоотвалов – продуктов техногенеза // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 3. – С. 20–204.
6. Павлов С. Х., Оргильянов А. И., Бадминов П. С., Крюкова И. Г. Фильтрационные утечки из золошлакоотвала и их взаимодействие с геологической средой // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2014. – Т. 14 – С. 100–115.
7. Загривная Г. В., Иванова Т. П. Геоэкологический мониторинг подземных вод аллювиального горизонта в районе золоотвала Красноярской ТЭЦ-3 // Интерэспо Гео-Сибирь. – 2005. – №. 5. – С. 138–141.
8. Типовая инструкция по эксплуатации золошлакоотвалов. СО 34.27.509-2005. – СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2006. – 64 с.
9. Стандарт организации: СТО 70238424.27.100.048-2009. Гидротехнические сооружения ТЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2009. – 65 с.
10. Методические указания по контролю за режимом подземных вод на строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанциях. РД 153-34.1-21.325-98. – М.: СПО ОРГРЭС, 1999. – 36 с.