РАО «ЕЭС России»

Открытое акционерное общество
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ им. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛООТВАЛОВ ТЭС

П 78–2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

gost.e-ecolog.ru

РАО «ЕЭС России»

Открытое акционерное общество
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ им. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛООТВАЛОВ ТЭС

П 78–2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

УДК 624.131.65.001.5

Рекомендации по контролю за состоянием грунтовых вод в районе размещения золоотвалов тепловых электростанций (ТЭС) разработаны в соответствии с действующими законодательными актами по охране окружающей природной среды и нормативно-методическими документами.

Рекомендации основаны на Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, отраслевых нормативно-технических документах, опыте организации и ведения мониторинга грунтовых вод на территории, прилегающей к золоотвалу.

В Рекомендациях изложены методическое обоснование проведения контроля качества осветленной воды золооотвалов и грунтовых вод в районе размещения золооотвалов, а также техника проведения режимных наблюдений.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников, эксплуатационного персонала ТЭС, специалистов проектных и научно-исследовательских организаций.

ISBN 5-85529-059-X

© ОАО "ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева", 2000

ПРЕДИСЛОВИЕ

Принятая в Российской Федерации нормативная база оценки воздействия на природную среду промышленных источников загрязнения не в полной мере учитывает специфику строительства и эксплуатации намывных золошлакоотвалов (ЗШО). По своему функциональному назначению, способу складирования золошлаковых материалов золошлакоотвалы относятся к специальным гидротехническим сооружениям, характерной особенностью которых является непрерывное изменение конструктивных и технологических параметров. Золошлакоотвалы ТЭС имеют свои специфические особенности: непрерывность намыва золошлаковых отходов, наибольший выход которых происходит в зимнее время; совпадение сроков строительства и эксплуатации; возведение многоярусных ЗШО, дамбы поярусного наращивания которых отсыпаются на намытое основание из золошлакового материала; аккумулирование двухфазных отходов сложного и переменного во времени состава и соотношения фаз; химическую активность аккумулированной воды и золошлаковых отходов. По способу накопления и хранения отходов сжигания твердых топлив ТЭС ЗШО занимают промежуточное положение между шламо- и хвостохранилищами промышленных предприятий и накопителями твердых бытовых отходов, воздействие которых на окружающую природную среду регламентировано отраслевыми и ведомственными нормами.

Анализ видов и интенсивности воздействия ЗШО на окружающую среду показывает, что из всех объектов природной среды, при отсутствии соответствующих природоохранных мероприятий, наибольшему загрязнению, в основном химическому, подвергается водная экосистема. Поэтому золоотвалы относят к потенциальным источникам загрязнения грунтовых вод. Предварительный прогноз распространения загрязнения, основанный на предпроектных данных гидрогеологических и гидрохимических изысканий, выполненный путем математического моделирования, не только ненадежен, но и может основываться на неверных физических представлениях. Только профилактические меры, базирующиеся на комплексном контроле за фильтрационной и гидрохимической об-

становкой на границах золоотвалов, могут обеспечить защиту грунтовых вод от загрязнения. Данные натурных исследований позволяют обоснованно прогнозировать развитие процессов миграции химических веществ.

Контроль качества грунтовых вод в районе размещения ЗШО ТЭС является необходимым элементом выполнения РД 34.20.501-95 и составной частью комплексной оценки воздействия этих объектов на природную среду [1,2]. Конечная цель такого контроля – прогноз состояния грунтовых вод территории, прилегающей к ЗШО, управление качеством грунтовых вод путем изменения режима эксплуатации ЗШО и осуществления водоохранных мероприятий.

Основой для составления «Рекомендаций по контролю за состоянием грунтовых вод в районе размещения золоотвалов ТЭС», в дальнейшем именуемых Рекомендации, послужили результаты научно-методических разработок формирования качества осветленной воды ЗШО с учетом содержания специфичных химических компонентов и специальных лабораторных исследований, данные натурных наблюдений за состоянием грунтовых вод территорий, прилегающих к золоотвалам, выполненные ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, а также материалы методических документов по гидрогеологическим и гидрохимическим исследованиям процессов загрязнения подземных вод.

В Рекомендациях приведены сведения по содержанию специфичных химических загрязнений осветленной воды золоотвалов ряда ТЭС; дано обоснование выбора химических компонентов, подлежащих обязательному контролю в составе осветленной воды золоотвалов и грунтовых вод; изложены принципы размещения сети наблюдательных скважин и техника проведения натурных исследований в районе размещения эксплуатируемых золоотвалов.

Настоящие Рекомендации могут быть использованы для организации и проведения контроля за состоянием грунтовых вод территории, прилегающей к золоотвалу в процессе его эксплуатации. Рекомендации не распространяются на ЗШО, расположенные в криолитозоне.

Рекомендации разработаны в лаборатории гидрохимических исследований под руководством канд. хим. наук. *Алексеевой Т.Е.*, старшим научн.сотр. *Гольдиной Т.М.*, старшим научн. сотр. *Терским В.П.*, научн.сотр. *Гартман Н.М.*

В Рекомендациях учтены отзывы и замечания, полученные от следующих организаций: АОЭиЭ "Иркутскэнерго", Всероссийский научно-исследовательский институт методики и техники разведки (Санкт-Петербург), Атомэнергопроект (Санкт-Петербург), ОАО "Кировэнерго", ОАО "Тулэнерго".

Предложения и замечания просим направлять по адресу: 195220, Санкт-Петербург, ул. Гжатская, 21. ОАО "ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева".

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Область применения

1.1. Настоящие Рекомендации предназначены для организации и проведения контроля за состоянием грунтовых вод в районе размещения золошлакоотвалов (ЗШО) тепловых электростанций (ТЭС), сжигающих твердое топливо – уголь, сланцы, торф и т.п.

1.2. Рекомендации могут использоваться персоналом ТЭС при проведении режимных наблюдений в районе ЗШО.

1.3. Рекомендации не распространяются на насыпные золошлакоотвалы сухого складирования и намывные ЗШО, расположенные в криолитозоне.

Нормативные ссылки

1.4. При разработке Рекомендаций использованы следующие нормативные документы:

Водный кодекс РФ (принят Государственной думой 18 октября 1995 г.);

Закон РФ по охране окружающей природной среды № 2397-1 от 21.02.92;

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ. РД 34.20.501-95. М.: 1996;

Внесены ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева»	Утверждены РАО «ЕЭС России» 26.06.99	Срок введения в действие IV кв. 2000 г.

Экологический паспорт тепловой электростанции. РД 34.02.101-90;

ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод. М.: Изд-во стандартов, 1982;

ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1977;

ГОСТ 27065-86. Качество вод. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов. 1987;

Положение об охране подземных вод. М.: Мингео СССР. 1984;

ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.689-98. М.: Минздрав России, 1998;

СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества;

Правила охраны поверхностных вод. (Типовые положения). Утв. 21.02.91. Госкомитетом по охране природы СССР. 1991.

Терминология

1.5. Термины, используемые в настоящих Рекомендациях

Золошлакоотвал (золоотвал) – гидротехническое сооружение, предназначенное для складирования золы и шлака тепловой электростанции (ТЭС).

Золошлаковый материал – зольные и шлаковые отходы, которые образуются при сжигании твердого топлива.

Ограждающая дамба – дамба, возводимая на полную высоту и ограждающая территорию, на которой складируется ЗШМ.

Отстойный пруд – водоем в пределах отвала, предназначенный для осаждения из пульпы золы и шлака и, соответственно, для "осветления" воды.

Осветленная вода – вода, заполняющая отстойный пруд и отводимая для дальнейшего использования в системе гидрозолоудаления.

Загрязняющее воду вещество, загрязняющее вещество – вещество в воде, вызывающее нарушение норм качества воды. ГОСТ 17.1.1.01-77.

Качество воды – характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретных видов использования. ГОСТ 17.1.1.01-77.

Контроль качества воды – проверка соответствия показателей качества вод установленным нормам и требованиям. ГОСТ 27065-86.

Лимитирующий показатель вредности – признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде. ГОСТ 17.1.1.01.-77.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде (ПДК) – концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования. ГОСТ 27065-86.

Грунтовые воды – подземные воды первого от поверхности постоянно действующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном по площади водоупорном пласте.

Влияние золоотвалов на грунтовые воды

1.6. Золошлакоотвалы (в дальнейшем – золоотвалы) относятся к поверхностным источникам загрязнения подземных вод, площадь которых значительно превосходит мощность грунтовых водоносных горизонтов. Как правило, золоотвалы расположены в поймах рек, что определяет их воздействие на подземные воды первого от поверхности водоносного горизонта [3]. Это обстоятельство позволяет в дальнейшем говорить о контроле за состоянием *грунтовых вод*.

1.7. На состояние грунтовых вод в районе размещения золоотвалов влияют следующие факторы:

качество осветленной воды золоотвала, фильтрующейся из отстойного пруда и пляжа намыва;

мощность фильтрационного потока, идущего из золоотвала;

гидрогеохимическая ситуация в районе размещения золоотвала;

совокупность механизмов природной защищенности, соответствующих природным комплексам района размещения золоотвала;

изменение во времени физико-механических характеристик намытых золошлаков вследствие кольматажа их мелкодисперсными частицами золы и кристаллическими новообразованиями, а также возможных цементационных процессов, уменьшающих фильтрационные потери.

1.8. Сложность, многофакторность и изменчивость во времени системы золоотвал – водовмещающие породы – грунтовые воды делают чрезвычайно сложными, а порой невозможными, учет и контроль отдельных факторов. Совокупное их воздействие, выраженное в изменении состояния грунтовых вод во времени и пространстве, отслеживается путем проведения натурных наблюдений [4].

1.9. Контроль за состоянием грунтовых вод в районе размещения золоотвалов ТЭС осуществляется путем режимных наблюдений, включающих:

измерения уровней грунтовых вод, осветленной воды в золоотвале, уровней воды в открытых водоемах, находящихся в зоне разгрузки грунтового потока;

измерения температуры воды в золоотвале, скважинах и ближайших открытых водных объектах;

отбор проб и химический анализ осветленной воды золоотвалов, грунтовых вод и воды поверхностных водоемов.

В целом, задача натурных наблюдений, реализуемых через контроль уровней воды, ее температуры и химических показателей сводится к определению структуры фильтрационных полей, миграционных параметров, изменчивости проницаемости зольных отложений, ложа золоотвала и противофильтрационных экранов.

1.10. Решение фильтрационной части задачи предполагает определение общего расхода воды через ложе, выявление наиболее водопроницаемых его участков, пространственной структуры потока и его скоростных параметров в основании золоотвала, планового и высотного расположения основных фильтрующих горизонтов на границах золоотвала.

1.11. Для решения миграционной части задачи необходима информация о химическом составе осветленной воды, выборе подлежащих обязательному контролю химических показателей. По результатам специальных физико-химических исследований устанавливаются сорбционные параметры грунтов.

1.12. При составлении прогноза распространения загрязнения миграционные параметры загрязняющих веществ массопереноса следует определять независимо от фильтрационных режимов, так как минерализация осветленных вод золоотвалов относительно невелика – сотни миллиграммов (в ряде случаев несколько граммов) на литр. Поэтому плотностные градиенты не возникают.

1.13. Материалы натурных наблюдений являются основой для составления прогноза распространения фильтрационного и миграционного потоков и для назначения инженерных мероприятий, направленных, в первую очередь, на максимальное использование механизмов самоочищения подземных вод.

К механизмам самоочищения относятся: эффекты разбавления, отток загрязняющих компонентов в слабопроницаемые слои, сорбция, ионный обмен, осаждение и др. Профилактические инженерные мероприятия включают определенный корректируемый режим сброса пульпы (варьирование территориального и высотного расположения пульповыпусков, очередность заполнения и наращивания секций золоотвала).

Подобный подход к проблеме влияния золоотвалов на природные воды стал возможен на основании многолетнего опыта фильтрационных и гидрохимических исследований, проведенных в районах размещения эксплуатируемых золоотвалов ТЭС.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБ ОХРАНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

2.1. Общие требования к охране подземных вод от загрязнения изложены в Положении об охране подземных вод (ГОСТ 17.1.3.06-82).

2.2. Под загрязнением подземных вод понимается такое изменение их состава и свойств по сравнению с фоновым состоянием, которое делает эту воду частично или полностью непригодной для использования по хозяйственному назначению.

Фон подразделяется на естественный и техногенный. Естественный фон – это состояние подземных вод вне влияния техногенных объектов. Техногенный фон отражает качество подземных вод в условиях техногенного воздействия, но при этом меняется медленно и не превышает допустимые нормы.

2.3. Различают следующие виды загрязнения подземных вод – химическое, бактериологическое, тепловое, радиационное. Поступление в воду химических соединений из промышленных источников обусловливает химическое загрязнение.

2.4. Оценка качества подземных вод основана на изучении содержащихся в них химических элементов, наличие которых лимитировано ГН 2.1.5.689-98, СанПиН 2.1.4.559-96.

2.5. Загрязнение подземных вод характеризуется общими и специальными гидрохимическими показателями.

Общие гидрохимические показатели – это показатели, которые характеризуют общее загрязнение, концентрацию и формы миграции других веществ. К общим показателям относятся: реакция среды (pH), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), химическое потребление кислорода (ХПК), щелочность, общая жесткость, сульфаты, хлориды; компоненты, характеризующие углекислотное равновесие в воде – кальций-, карбонат- и гидрокарбонат-ионы, железо и азот в различных степенях окисления.

Специальные (репрезентативные) показатели отражают специфику состава воды источника загрязнения (в нашем случае – золоотвала), являющегося потенциальным загрязнителем подземных вод, определяются с помощью специальных исследований в каждом конкретном случае.

2.6. Гидрохимическая характеристика загрязняющих веществ включает в себя лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) и класс опасности. ЛПВ вещества имеет три категории: органолептическую, общесанитарную, санитарно-токсикологическую. По степени опасности вредные вещества в

воде подразделяются на четыре класса: 1 – чрезвычайно опасные; 2 – высокоопасные; 3 – опасные; 4 – умеренно опасные. В основе классификации лежат показатели, характеризующие различную степень опасности для человека химических соединений в зависимости от их токсичности, кумулятивности, лимитирующего признака вредности.

2.7. По способности к участию в гетерогенных взаимодействиях в системе вода – грунт с изменением своих миграционных форм элементы подразделяются на консервативные и неконсервативные.

К консервативным относятся вещества, не меняющие своих миграционных форм и практически не участвующие в процессах гетерогенных взаимодействий. Наиболее значимые из консервативных элементов, присутствующие в любой гидрогеохимической системе, и, в частности, в воде золоотвалов, – *хлорид- и сульфат-ионы*. Информация о консервативности исследуемых веществ необходима для выбора моделей и составления прогноза распространения загрязнения наиболее подвижных форм элементов, на что, в первую очередь, и обращается внимание при проведении наблюдений.

Неконсервативные элементы наиболее активно участвуют в гомогенных и гетерогенных взаимодействиях, приводящих к значительным изменениям их миграционных форм и концентраций в подземных водах. Подавляющая часть *нормируемых элементов* относится к числу *неконсервативных* и их распространение в загрязненных подземных водах определяется совокупностью гидродинамических и гидрохимических условий среды.

2.8. Фильтрующаяся из золоотвала вода попадает прежде всего в первый от поверхности водоносный горизонт, характеризующий *грунтовые воды*, состоянию которых и должно, в первую очередь, быть уделено основное внимание при обследовании подземных вод.

3. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

3.1. Совокупность состава и свойств воды определяет ее геохимический тип. Каждый из геохимических типов воды может быть благоприятен для нахождения в ней определенных элементов, вследствие чего их концентрация может быть относительно высокой, но одновременное нахождение в ней других элементов невозможно.

Идентификация геохимического типа подземных вод дает возможность при гидрохимических исследованиях очертить круг подлежащих определению химических компонентов. Это позволяет направить внимание на определение компонентов, относительно высокое содержание которых в воде данного геохимического типа наиболее вероятно.

3.2. Главными факторами, управляющими микрокомпонентным составом подземных вод, являются величины pH и Eh, а также анионы – комплексообразователи.

В естественных условиях pH-задающей системой служит карбонатная система, соотношение концентраций компонентов которой (карбонат-, бикарбонат-ионы, растворенная углекислота) определяет значение pH. Вспомогательную роль играют гуминовые, сероводородные, фульво-соединения.

В районах техногенеза за счет фильтрации в подземные воды кислот, щелочей, гидролизующихся солей и других соединений число pH-задающих систем резко возрастает. Eh-задающими системами для подземных вод в естественных условиях являются системы кислорода, железа, серы, органических веществ. Для загрязненных подземных вод возможны иные потенциал-задающие системы.

Потенциал- и pH-задающие системы управляют концентрацией и миграционными формами компонентов.

Геохимические типы подземных вод, возможный их микрокомпонентный состав, миграционные формы и уровни концентраций представлены в работах [5,6].

4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОМПОНЕНТОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ КОНТРОЛЮ В СОСТАВЕ ОСВЕТЛЕННЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД

4.1. Обоснование выбора компонентов, подлежащих обязательному контролю в составе грунтовых вод, является необходимой частью гидрохимических исследований, позволяющих полно и достоверно установить их возможное загрязнение на основании достаточно ограниченного количества определяемых ингредиентов при минимальных трудовых и материальных затратах.

В настоящее время изучение загрязнения грунтовых вод в районе ЗШО заключается в определении широкого спектра компонентов-микропримесей, отнесенных к 1 – 4 классам опасности, без учета возможности существования их как в составе осветленной воды, так и в грунтовой воде определенного геохимического типа. Такая практика нерациональна, так как зачастую не определяются типичные загрязнители, привносимые в грунтовые воды золоотвалами, и неоправданно завышается объем и смета работ на анализы воды по компонентам, наличие которых принципиально невозможно в водах данного геохимического типа.

4.2. Выбор компонентов, подлежащих обязательному контролю в составе грунтовых вод прилегающей к золоотвалу территории, определяется, прежде всего, составом осветленной воды золоотвала, и его установление является исходной задачей.

Состав осветленной воды зависит от химико-минералогического состава золы и эксплуатационных показателей ТЭС [7-14]. Выбор компонентов, подлежащих обязательному определению в составе осветленной воды, производится на основе информации о вещественном составе золы; составе водных вытяжек, получаемых в условиях лабораторного моделирования систем гидрозолоудаления (ГЗУ) ТЭС; составе воды систем ГЗУ станций-аналогов, сжигающих то же топливо и имеющих сходные эксплуатационные условия [15].

4.2.1. В золах ТЭС регистрируется широкий спектр микропримесей, отнесенных к различным классам опасности для водных объектов . Из чрезвычайно опасных (1-й класс опасности) в золах регистрируется ртуть (Hg), бериллий (Be); из высокоопасных (2-й класс опасности) – алюминий (Al), бор (B), молибден (Mo), мышьяк (As), свинец (Pb), селен (Se), стронций (Sr), фтор (F); из опасных (3-й класс опасности) – ванадий (V), железо (Fe), марганец (Mn), медь (Cu), никель (Ni), титан (Ti), хром (Cr), цинк (Zn).

4.2.2. Концентрирование в золошлаках отдельных микропримесей не предопределяет неизбежное загрязнение ими осветленной воды. Возможность перехода микропримеси из золы в воду определяется, прежде всего, кислотно-основным состоянием воды (pH) и ионным составом основных минерализаторов воды (прежде всего ионами кальция-, гидроксид-, карбонат-, сульфат- и хлорид-ионами). Наличие этих ионов обусловливает перевод большинства микропримесей в состав чрезвычайно малорастворимых соединений, выпадающих в осадок. Возможность перехода из золы в осветленную воду и стабильность существования в ней ряда элементов микропримесей с переменной валентностью для большинства вод ограничивается низким положительным значением Eh зольных вод [6]. Все эти ограничения теоретически резко сужают спектр

микропримесей в составе осветленных вод по сравнению с микрокомпонентным составом зол.

4.2.3. Расчетные методы прогноза микрокомпонентного состава осветленной воды на основе состава зол практически исключены из-за чрезвычайной сложности и динамичности процессов в системе зола – вода и отсутствия надежного математического аппарата, описывающего эти процессы. Такой прогноз может быть сделан только путем обобщения и анализа литературных материалов, а также результатов лабораторных исследований и натурных наблюдений.

Макро- и микрокомпонентный состав вод, осветленных в условиях лабораторного моделирования от зол различных твердых топлив, приведен в табл. 1, 2 Приложения 1. Относительные (по отношению к предельно допустимым) концентрации микрокомпонентов, зарегистрированные в осветленных водах золоотвалов ТЭС, сжигающих различные твердые топлива, представлены в табл. 3 Приложения 1.

4.3. Обобщение экспериментальных данных и литературных материалов по химическому составу осветленных вод золошлакоотвалов показывает, что обязательному определению подлежат следующие показатели:

все компоненты *макросостава* вод: pH, общая жесткость, ионы кальция, сульфаты, хлориды; компоненты щелочности: гидроксид (OH^-), карбонат (CO_3^{2-}) и гидрокарбонат (HCO_3^-) ионы. Суммарное содержание ионов калия, натрия, магния может быть найдено расчетным путем методом баланса. В водах, pH которых ниже 5, в составе основных минерализаторов следует определять ионы алюминия и железа. В качестве интегральной характеристики, оценивающей качество осветленной воды, следует принять общую минерализацию (сухой остаток);

микропримеси определяются в соответствии с величиной pH осветленной воды:

при pH>11,5 – алюминий, ванадий, селен, фтор, хром;

при 7,0 < pH < 11,5 – алюминий, ванадий, мышьяк, селен, фтор, хром;

при pH < 7,0 спектр компонентов наиболее широк и представлен алюминием, ванадием, железом, марганцем, мышьяком, селеном, фтором, хромом.

4.4. Выбор компонентов, подлежащих обязательному контролю в составе грунтовых и поверхностных вод, производится в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к оценке их загрязнения.

4.4.1. В качестве общих гидрохимических показателей в обязательном порядке необходимо определять те показатели, значения которых могут изменяться под воздействием фильтрационного потока, проникающего

из золоотвала. Такими показателями являются общие характеристики воды – pH и общая минерализация (сухой остаток), ХПК, а также показатели, общие для всех природных вод и воды золоотвалов (общая жесткость, кальций-, сульфат-, хлорид-, карбонат- и гидрокарбонат-ионы).

Сульфат-ионы в силу своей высокой миграционной способности практически в любых гидрохимических ситуациях являются хорошими трассерами, позволяющими выявлять направление и интенсивность действия фильтрационного потока, движущегося из золоотвала.

Все названные показатели нормированы (на них установлены ПДК), для их определения имеются апробированные, надежные, аналитические методики, определение этих показателей доступно практически любой аналитической лаборатории.

Другие общие гидрохимические показатели, установленные Рекомендациями [5,6,16], не являются характерными в отношении возможного загрязнения, распространяющегося из золоотвала, так как они практически отсутствуют в осветленных водах золоотвалов.

4.4.2. При возможности отбора проб грунтовых вод без соприкосновения с воздухом обязательным является определение Eh. Эта характеристика позволяет диагностировать геохимический тип воды, а, следовательно, прогнозировать наличие возможных загрязнителей. При отборе проб желонкой или с помощью эрлифта определение этого показателя лишено смысла, так как при таком отборе проб значение Eh существенно меняется.

4.4.3. Выбор *специальных (репрезентативных) показателей*, подлежащих обязательному определению в составе грунтовых вод и характеризующих возможное загрязнение, поступающее из золоотвала, должен основываться на следующих принципах:

определяемый компонент должен регистрироваться в составе осветленной воды в концентрациях, превышающих предельно допустимые, установленные для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения и для питьевой воды, или близких к значениям ПДК;

определяемый компонент должен обладать хорошими миграционными способностями в различных средах, практически не сорбироваться на грунтах;

определяемый компонент соответствует геохимическому типу грунтовых вод, обусловленному pH- и Eh- задающими системами.

В соответствии с этими требованиями из списка компонентов, подлежащих обязательному определению в составе грунтовых вод, исключаются компоненты, регистрируемые в осветленной воде в следовых концентрациях (на порядок и ниже установленных ПДК) и обладающие высокой

способностью сорбироваться на грунтах [17]: бериллий, молибден, ртуть, свинец, стронций, цинк.

Обязательному определению во всех грунтовых водах в районе размещения золошлакоотвалов подлежат следующие компоненты: *алюминий, ванадий, марганец, мышьяк, селен, фтор, хром.*

5. ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ

5.1. Основой для изучения и контроля состояния грунтовых вод территории, прилегающей к золоотвалу, является специализированная сеть пьезометрических скважин.

5.2. С помощью наблюдательной сети можно установить движение основного фильтрационного потока, высотное расположение и мощность наиболее фильтрующего слоя водовмещающих пород, изменение качества грунтовых вод.

5.3. Поставленные задачи должны быть решены путем минимизации трудовых и материальных затрат за счет отказа от единовременного введения в действие широкой наблюдательной сети [5,6,16] в соответствии с существующими нормативами и поэтапным ее развитием с учетом информации, полученной на предыдущих этапах. Такой подход позволит резко сократить количество скважин и объем проводимых наблюдений.

5.4. В районе золоотвалов наибольшая техногенная нагрузка падает на грунтовые воды, поэтому наблюдательными скважинами оборудуется, в основном, первый от поверхности водоносный горизонт.

5.5. Опыт многолетних наблюдений на золоотвалах, расположенных в различных регионах, в основном равнинного типа, позволяет предложить унифицированную схему расположения пьезометрических скважин.

5.5.1. Первая очередь пьезометрических скважин предназначается для определения общей фильтрационной обстановки в районе золоотвала. Скважины размещаются в створах, образующих крест с центром в середине золоотвала [17]. В каждом створе закладывается по две скважины. Первая скважина удалена от внешней границы ограждающей дамбы золоотвала на 50 м, вторая – на 200 – 250 м от первой.

В пьезометре первой скважины фильтр длиной 2 – 3 м устанавливается в подошве водоносного слоя вблизи водоупора. В пьезометре второй скважины фильтр той же длины закладывается в середине водоносного

слоя. В результате годового цикла наблюдений за уровнями воды в пьезометрах первой очереди определяются основные пути фильтрации, подлежащие в дальнейшем более детальному рассмотрению.

5.5.2. Вторая очередь наблюдательных скважин предназначена для выявления наиболее фильтрующего слоя грунта по ходу основных фильтрационных потоков.

Скважины второй очереди (не более 2 – 3) закладываются на ограждающих дамбах на участках, соответствующих истоку основных фильтрационных потоков, выявленных в результате наблюдений за уровнями воды в пьезометрах первой очереди.

Пьезометрические скважины второй очереди должны быть доведены до водоупора, вблизи которого устанавливается фильтр длиной 2 – 3 м. В пьезометрах второй очереди проводятся систематические наблюдения за уровнем, температурой и химическим составом грунтовой воды.

Годовой цикл температурных измерений по всей высоте пьезометра (температурный каротаж) в сочетании с данными по химическому составу позволяют определить высотное положение и мощность наиболее фильтрующего слоя грунтов.

5.5.3. На основании полученных данных на дамбе закладывается еще один пьезометр с фильтром, контролирующий только этот фильтрующий горизонт. При обнаружении в пробах грунтовой воды, отобранной из пьезометров, расположенных на дамбе, специфичных загрязняющих компонентов в концентрациях выше ПДК производится дальнейшее развитие пьезометрической сети. Число и расположение пьезометров должно быть «скользящим» во времени, т.е. их количество зависит от скорости и характера перемещения области загрязнения. Первый по створу пьезометр по отношению к пьезометру, находящемуся на дамбе, должен быть удален не далее чем на 50 м от основания низовой грани ограждающей дамбы.

Дополнительно к приведенной схеме с начала эксплуатации золоотвала или начала контроля за уже работающим золоотвалом необходимо заложить на дамбе скважины в створах по месту сброса пульпы. Фильтры длиной 2 м в пьезометрических скважинах устанавливаются на глубине 5 – 8 м ниже подошвы дамб.

Постоянный контроль за температурой и химическим составом воды в этих пьезометрах позволит определить влияние сброса пульпы на структуру основного фильтрационного потока в основании золоотвала. Полученная информация, дополненная информацией по параметрам сорбции водовмещающими породами контролируемых компонентов,

дает возможность скорректировать режим сброса пульпы и тем самым уменьшить интенсивность загрязнения.

5.6. Критериями качества грунтовой воды являются показатели ее фонового состава. Фоновое качество грунтовых вод оценивается на стадии изысканий по разведочным скважинам и по скважинам опорной наблюдательной сети. При эксплуатации золоотвалов естественный фон устанавливается по наблюдательным скважинам, расположенным вне границ зоны активной фильтрации. В случае сложности ее выделения по данным гидрогеохимического опробования фоновые показатели устанавливаются по скважинам, удаленным от золоотвала более, чем на 1000 м.

5.7. Наблюдения по оборудованной сети пьезометрических скважин могут производиться эксплуатационным персоналом ТЭС (персонал гидротехнического цеха, либо цеха (группы) наладки), лабораторией охраны окружающей среды.

5.8. Информация, накопленная по результатам проведенных комплексных наблюдений, является исходным материалом, который используется специалистами для оценки состояния грунтовых вод в районе размещения золоотвала и, при необходимости, для разработки соответствующих водоохранных мероприятий.

6. ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

6.1. Измерения уровней воды по всей режимной сети в первый год наблюдений производятся ежемесячно. В период паводка – не реже 1 раза в 10 дней. В дальнейшем частота измерений сокращается до одного раза в квартал.

6.1.1. Замеры уровней воды в пьезометрах, золоотвале, открытых водоемах производят в течение одного дня по всей наблюдательной сети.

6.1.2. При измерении уровней воды в скважинах применяются уровнемеры. Простейшими из механических уровнемеров являются хлопушки (РС – 20, РС – 50) и различные электроконтактные уровнемеры (УЛ – 50, УЛ – 100, ЭВ– 1М и т.п.). Для замера уровней воды в открытых водоемах организуются водомерные посты.

6.1.3. Глубина положения уровня воды в пьезометре измеряется с точностью до 1 см. Отсчет берется от нивелированной точки верха оголовка пьезометра (индекса).

6.1.4. Абсолютная отметка уровня воды в пьезометре (z) определяется по формуле:

$$z = z' - (a + c)$$

где : z' – абсолютная отметка индекса оголовка; a – отсчет по мерной ленте от верхнего края трубы до уровня воды; c – расстояние от нуля мерной ленты до конца хлопушки.

6.1.5. Глубина уровня грунтовых вод (y) определяется по формуле:

$$y = a + c - b,$$

где a и c – то же, что и в формуле для расчета z, b – высота оголовка над уровнем земли.

6.1.6. Данные непосредственных замеров и расчетов z и y переносятся в журнал согласно форме 1 Приложения 2.

6.2. Измерение температуры производится одновременно с измерениями уровней воды по всей наблюдательной сети (золоотвал, пьезометры, открытые водоемы).

6.2.1. Для замеров температуры воды должны применяться специальные термометры, самым распространенным из которых является "заленивленный " (инерционный) термометр. Наиболее предпочтительными для проведения температурного каротажа являются полупроводниковые термометры с терморезисторными датчиками.

6.2.2. Измерение температуры производится 2 раза в год – в паводок и в межень.

6.2.3. Измерение температуры воды в пьезометрах должно производиться через каждый метр столба воды. Точность измерения должна быть не ниже, чем $0{,}1^0$ С.

6.2.4. Результаты измерения температуры записываются в ведомость и переносятся в журнал.

6.2.5. Отбор проб осветленной воды золоотвала на химический анализ по общим показателям качества воды производится ежемесячно. Ежеквартально отбираются пробы на химический анализ по специфичным компонентам осветленной воды (п.4.3.). Для отбора проб из отстойного пруда золоотвала используют стандартные пробоотборники (батометры). Возможен также отбор проб осветленной воды в насосной станции.

6.4. Способы отбора проб грунтовых вод из пьезометров зависят от их глубины и конструкции.

6.4.1. Скважины с высоким уровнем грунтовых вод (менее 6 м от поверхности земли) позволяют осуществлять герметичный отбор пробы.

6.4.2. При низком уровне грунтовых вод (более 6 м от поверхности земли) и диаметре скважины более 100 мм возможно использование погружного насоса с герметичным отбором пробы. В том и другом случаях

химический анализ включает полный набор показателей качества воды, в том числе величину Eh и окисляемость.

6.4.3. При низком уровне грунтовых вод и диаметре скважин менее 100 мм отбор проб осуществляется желонкой типа « стакан», либо при помощи эрлифта. При этом исключается герметичность отбора проб, что обусловливает нецелесообразность определения величины Eh, окисляемости, кислотности среды.

6.5. Перед отбором проб воды из пьезометров необходимо провести прокачку с извлечением минимум двух-трех объемов столба воды, до полного осветления. Для откачек используются эрлифты, электропогружные поршневые и водоструйные насосы.

6.6. При наличии взвеси проба после отбора фильтруется: грубодисперсные взвеси отделяются на бумажных, а тонкодисперсные – на мембранных фильтрах.

6.7. Пробы грунтовой воды по режимной сети отбираются ежеквартально. Химический анализ производится по общим гидрохимическим показателям с обязательным определением содержания элементов – трассеров, которыми являются сульфаты, хлориды (п.4.4.).

При обнаружении в воде пьезометра, контролирующего фильтрационный поток на дамбе, элементов – трассеров в концентрациях, близких к их содержанию в осветленной воде, необходимо два раза в год (паводок и межень) определять содержание специфичных компонентов, обнаруженных в воде золоотвала (п. 4.4).

6.8. Для удобства транспортировки рекомендуется использовать полиэтиленовые канистры и бутыли, предназначенные для хранения пищевых продуктов.

6.8.1. Сосуды, предназначенные для транспортировки и хранения проб, моются моющими средствами, затем концентрированной соляной кислотой с последующим многократным ополаскиванием дистиллированной водой.

6.8.2. Перед отбором проб пробоотборники и посуда для хранения проб 2 – 3 раза ополаскиваются отбираемой водой.

6.8.3. Заполнение сосудов осуществляют под пробку, без воздушного зазора.

6.9. Объем одной пробы, необходимой для проведения химического анализа по общим показателям, должен составлять 1 – 1,5 л. Для проведения химического анализа на специфичные компоненты в составе осветленной и грунтовых вод требуются дополнительные объемы не менее 1,5 л.

6.10. Для обеспечения фактического химического состава грунтовых вод при хранении до выполнения химического анализа производится

консервация отобранных проб. Общие схемы консервации проб, оптимальные сроки проведения анализов даны в таблице Приложения 2 [18,19].

6.11. Каждая проба должна иметь точную документацию, в которой обозначается ее номер, место и глубина отбора, дата отбора, отсутствие или применение консервации. Этикетка должна содержать сведения о физических свойствах отобранной воды – ее температуре, прозрачности, запахе, цвете (см. образец этикетки в Приложении 2).

6.12. Регистрация проб воды, результаты ее химического анализа записываются в специальный журнал (см. форму 2 в Приложении 2).

6.13. Анализ воды по общим показателям выполняется в химической лаборатории ТЭС, по специфичным показателям – в лаборатории ТЭС либо в специализированных лабораториях, имеющих соответствующее оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Основы** промышленно-экологической безопасности объектов топливно-энергетического комплекса (Проектирование, строительство, эксплуатация) // Нормативно-методическое пособие / Минтопэнерго РФ. М. 1997.

2. **Шульман В.Л.** Методические материалы к проведению ОВОС ТЭС. Екатеринбург: Уралтехэнерго. 1992.

3. **Справочное** руководство гидрогеолога. Ч.1. М.: Недра. 1979.

4. **Алексеева Т.Е., Гольдина Т.М.** Влияние золошлакоотвалов ТЭС на поверхностные и грунтовые воды // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 1996. Т. 231. С. 512-524.

5. **Рекомендации** по проведению гидрохимического опробования и физико-химических исследований для оценки загрязнения подземных вод. М.: Стройиздат, 1986.

6. **Методические** рекомендации по геохимическому изучению загрязнения подземных вод. М.: ВСЕГИНГЕО. 1991.

7. **Состав** и свойства золы и шлака ТЭС / Справочное пособие. Л.: Энергоатомиздат. 1985.

8. **Золошлаковые** материалы и золоотвалы. М.: Энергия. 1978.

9. **Беляев В.К.** Токсичные элементы в углях. М.: ВИЭМС. 1986.

10. **Беляев В.К., Трунов Б.Д.** Токсичные элементы в Кузнецком и Канско-Ачинском бассейнах / Сб. Геологопромышленная оценка угольных бассейнов в Южной Сибири. Л. 1984. С. 30-37.

11. **Володарский И.Х., Иткин Ю.В., Шпирт М.Я.** Распределение молибдена, кадмия, циркония, мышьяка, селена и сурьмы в продуктах сжигания углей // Химия твердого топлива. 1988. № 1. С. 122-125.

12. **Егоров А.П., Лактионова Н.В.** Оценка поступления микроэлементов в окружающую среду при сжигании углей на теплоэлектростанциях // Химия твердого топлива. 1978. № 5. С. 68-71.

13. **Шпирт М.Я., Клер В.Р., Перциков И.З.** Неорганические компоненты твердых топлив. М.: Химия. 1990.

14. **Гаврилин К.В., Озерский А.Ю.** Канско-Ачинский угольный бассейн. М.: Недра. 1996.

15. **Федяев Н.И., Алексеева Т.Е.** Формирование химического состава воды при лабораторном моделировании оборотных систем гидрозолоудаления // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 1984. Т. 174. С. 42-46

16. **Методические** рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод. М.: ВСЕГИНГЕО. 1990.

17. **Тютюнова Ф.И., Пантелеева И.Я. и др.** Прогноз качества подземных вод в связи с их охраной от загрязнения. М.: Наука. 1978.

18. **Методические** рекомендации по отбору, обработке и хранению проб подземных вод. М.: ВСЕГИНГЕО. 1990.

19. **Фомин Г.С.** Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам / Энциклопедический справочник. М. 1995.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Максимальное содержание микрокомпонентов (мг/л) в осветленной воде по результатам лабораторного моделирования

Компонент	Сжигаемый уголь								
	канско-ачинский	кузнецкий	донецкий	воркутинский	подмосковный	интинский	нерюнгринский	дальневосточный	экибастузский
Al	–	не обнаруж.	37,0	–	92,5	6,0	0,8	–	0,8
V	0,15	не обнаруж.	0,3	не обнаруж.	0,01	0,04	0,02	0,03	0,8
Fe	0,20	не обнаруж.	не обнаруж.	не обнаруж.	280	0,08	не обнаруж.	не обнаруж.	0,8
Mn	0,003	не обнаруж.	0,14	не обнаруж.	8,8	0,02	0,005	не обнаруж.	2,1
Cu	0,003	не обнаруж.	не обнаруж.	не обнаруж.	2,9	0,004	0,005	не обнаруж.	0,02
As	не обнаруж.	не обнаруж.	0,12	0,08	1,2	не обнаруж.	не обнаруж.	0,15	1,5
Ni	0,008	–	–		–	0,003	0,006	не обнаруж.	–
Se	–	–	–	–	–	0,07	0,008	–	–
Pb	–	–	–	–	–	0,003	0,001	–	–
Ti	0,03	–	–	–	–	0,03	0,008	–	–
F	2,0	20,0	2,3	3,1	5,5	3,5	1,5	12,0	6,0
Cr	0,003	0,3	0,18	0,04	0,3	0,02	0,004	0,01	–
Zn	–	–	–	–	–	0,01	0,005	–	–

Знак (–) указывает на то, что данный элемент не определялся.

Таблица 2

Максимальное содержание макрокомпонентов в осветленной воде по результатам лабораторного моделирования (мг-экв/л)

Компонент	Сжигаемый уголь								
	канско-ачинский	кузнецкий	донецкий	воркутинский	подмосковный	интинский	нерюнгринский	дальневосточный	экибастузский
OH^-	62,0	35,0	отсутств.	отсутств.	отсутств.	33,0	20,8	отсутств.	отсутств.
CO_3^{2-}	8,0	8,0	5,0	0,4	отсутств.	8,0	3,5	1,0	отсутств.
HCO_3^-	отсутств.	1,8	2,6	1,8	1,0	отсутств.	отсутств.	2,5	0,9
SO_4^{2-}	48,0	19,0	42,0	12,3	105,0	23,0	6,0	37,0	42,0
Cl^-	21,3	3,0	1,1	0,8	1,0	2,0	1,7	2,5	2,2
Ca^{2+}	98,0	43,0	41,0	11,6	42,0	60,0	28,8	36,5	43,0
K^+, Na^+	19,0	5,2	3,0	1,7	9,8	9,0	3,5	2,0	2,7
Al	не обнаруж.	3,3	4,2	2,.0	48,0	0,1	0,09	–	не обнаруж.
pH	>12,0	10-12	9,5-11,5	9,8	5,5	12,0	12,3	8,5	7,5

Таблица 3

Относительные концентрации (C_{max}/ПДК) микрокомпонентов, зарегистрированные в осветленной воде золоотвалов

Компонент	Сжигаемый уголь					
	кузнецкий	донецкий	интинский	нерюнгринский	дальневосточный	экибастузский
Al	1,0	5,0	0,6	0,6	1,2	0,2
Be	0,01	не обнаруж.	0,01	0,02	–	–
V	5,0	5,0	1,5	2,0	0,5	0,5
Fe	5,0	0,2	2,5	0,3	не обнаруж.	0,007
Li	–	1,3	6,6	0,5	–	0,7
Mn	0,2	0,01	0,9	0,7	0,2	0,1
Mo	–	–	–	0,3	–	0,04
Cu	0,002	0,05	0,005	0,002	0,004	0,007
As	2,0	2,5	3,0	не обнаруж.	1,8	5,0
Ni	0,5	0,1	0,3	0,02	0,003	0,3
Se	1,0	7,0	2,0	2,0	–	1,0
Sr	0,8	0,2	-	-	0,001	0,04
Pb	0,1	0,1	0,01	0,5	0,5	0,02
Ti	–	–	0,9	0,3	–	0,9
F	20,0	10,0	3,5	1,5	4,5	10,0
Cr	4,8	0,1	3,8	1,6	5,0	0,1
Zn	0,01	0,01	0,03	0,004	0,06	0,01

Знак (–) указывает на то, что данный элемент не определялся. ПДК – значения предельно допустимых концентраций для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Форма 1

Ж У Р Н А Л

наблюдений за уровнем и температурой грунтовых вод

№ пп	Дата замера	№ скважины	Абсолютная отметка индекса оголовка, м	Отсчет по мерной ленте от верхнего края трубы до уровня воды (*a*), м	Расстояние от нуля мерной ленты до конца хлопушки (*c*), м	Абсолютная отметка уровня воды в пьезометре, м	Высота оголовка над уровнем земли (*b*), м	Глубина уровня грунтовых вод, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Условия консервации и хранения проб

Показатели качества воды	Способ консервации; количество консерванта на 1 л пробы	Допустимое время хранения	Метод анализа
pH, Eh	Не консервируют	Анализ сразу после отбора пробы	Потенциометрия
Сухой остаток	Не консервируют	Анализ в течение суток*	Весовой
Общая щелочность, OH^-, CO_3^{2-}, HCO_3^-	Не консервируют	Анализ в течение суток при хранении пробы в доверху наполненном сосуде*	Титриметрия
Na^+, K^+, общая жесткость*, Ca^{2+}, *SO_4^{2-}, Cl^-	Не консервируют	1 месяц	Титриметрия, пламенная фотометрия (Na,K)
F^*	Не консервируют	1 месяц	Потенциометрия
Al, Cr, Se, Li, V, Mn, Fe	Подкисление HNO_3 конц. (х.ч.), дважды перегнанной; 3 мл на 1л пробы	1 месяц	Атомно-абсорбционная спектрометрия
Al, As, V, Cr, Fe, Mn	Подкисление HCl конц. (х.ч.); 3 мл на 1 л пробы	1 месяц	Фотометрия

* Определение в щелочной осветленной воде золоотвала проводить в день отбора.

Образец этикетки

.....ТЭС
Дата отбора .....
Место отбора (№ пьезометра).....
Глубина отбора, м .....
Способ отбора .....
Температура воды, °С .....
Цвет .....
Прозрачность .....
Запах .....
Способ консервации .....
Условия хранения.....
Пробу отобрал .....

Форма 2

Журнал регистрации отбора и химического анализа проб

№ пп.	№ пробы	Дата отбора	Место отбора	Глубина отбора, м	Физические свойства воды	Способ консер-вации	Показатели, компоненты
1	2	3	4	5	6	7	8

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Общие положения 5

2. Основные положения об охране подземных вод от загрязнения и общие характеристики загрязняющих веществ 9

3. Общие характеристики геохимических систем загрязненных подземных вод 10

4. Обоснование выбора компонентов, подлежащих обязательному контролю в составе осветленных и грунтовых вод 11

5. Принципы размещения и организации наблюдательной сети 15

6. Техника проведения режимных наблюдений 17

Список литературы 20

Приложение 1 22

Приложение 2 25

Редактор *Т. С. Артюхина*
Технический редактор *Т. М. Бовичева*
Компьютерная верстка *Н. Н. Седова*

Лицензия ЛР № 020629 от 14.01.98.
Рукопись поступила в изд-во 21.02.2000. Подписано к печати 07.07.2000.
Формат бумаги 60x90 1/16. Бумага типографская № 1. Печать офсетная.
Печ.л. 1,75. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 300. Зак. 130.

Издательство и типография ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
195220 Санкт-Петербург, Гжатская ул., 21.

gost.e-ecolog.ru