

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия архитектуры
и строительных наук
Ассоциация строительных вузов
Правительство Белгородской области
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

**Международная научно-практическая
конференция, посвященная 65-летию
БГТУ им. В.Г. Шухова**

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИННОВАЦИИ
(XXIII научные чтения)**



**Сборник докладов
Часть 8**

**29 апреля
Белгород 2019**

УДК 001.2
ББК 72+65.291
М 43

Наукоемкие технологии и инновации: эл. сб. докладов
М 43 Международ. науч.-практ. конф., Белгород: Изд-во БГТУ, 2019.
– Ч. 8. – 49 с.

ISBN 978-5-361-00698-4

В сборнике представлены результаты исследований, направленных на достижения в области инженерной защиты окружающей среды.

Материалы сборника предназначены для научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и производственных организаций и могут быть полезны для преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов вузов.

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. В.И. Павленко,
д-р техн. наук, проф. С.В. Свергузова.

УДК 001.2
ББК 72+65.291

ISBN 978-5-361-00698-4

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Боровская О.Ю., Куркин А.А. Экологическая инженерия	4
Губарева В.В. Утилизация твердых бытовых отходов - одна из актуальных проблем современности.....	7
Губарева В.В., Лисняк В.О. Уменьшение выбросов оксида азота в энергетических установках.....	12
Губарева В.В., Черкашин Д.А. Использование CO ₂ котельных выбросов в промышленных теплицах.....	17
Петракова Н.А., Ярош Е.Э., Панасюк М.Д. Особенности расчета и проектирования противооползневых конструкций на побережье азовского моря.....	21
Писаренко А.В., Голубева Е.А. Анализ методов устранения последствий чрезвычайных ситуаций.....	26
Сашенко Л.А., Ястребинская А.В. Эксплуатация хвостохранилища Лебединского ГОКа в современных условиях.....	31
Феськова Е.А., Насонкина Н.Г., Богак Л.Н., Лозинская В.А. Установление водоохранных зон и прибрежных защитных полос для зувского водохранилища.....	36
Фролов Э.К., Ярош Е.Э. Устойчивость склона, испытывающего давление напорного потока.....	41
Якубович И.А. Прогнозирование влияния климатических изменений на экологическую устойчивость территорий крайнего северо-востока России.....	45

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Боровская О.Ю., ст. преподаватель,

Куркин А.А., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация: Экологическая инженерия - это отрасль инженерии, которая занимается защитой людей от негативных воздействий окружающей среды, таких как загрязнение, а также улучшением качества окружающей среды. По данным Бюро статистики труда, инженеры-экологи работают над улучшением переработки, утилизации отходов, здравоохранения и контроля загрязнения воды и воздуха.

Ключевые слова: инженер-эколог, источник загрязнения, утилизация отходов, экологические проблемы.

Практика инженерной защиты окружающей среды восходит к заре цивилизации. С тех пор, как группы людей стали жить в полупостоянных поселениях, им приходилось сталкиваться с проблемами обеспечения чистой водой и утилизации твердых отходов и сточных вод. С ростом городов и появлением крупномасштабного фермерства и производства людям также пришлось беспокоиться о качестве воздуха и загрязнении почвы.

Говорят, что первым инженером-экологом был Джозеф Базальгетте. Согласно статье, Базальгетте руководил строительством первой крупной муниципальной канализационной системы в Лондоне в середине 19-го века. Это было вызвано серией эпидемий холеры, а также постоянным невыносимым зловонием, связанными со сбросом неочищенных сточных вод в реку Темзу, которая также была основным источником питьевой воды для города. Эта «великая вонь», которая была настолько вредна, что вынудила парламент эвакуировать Вестминстер, дала тогдашнему премьер-министру Бенджамину Дизраэли основания просить 3,5 миллиона фунтов стерлингов для улучшения городской системы канализации.

Что делают инженеры-экологи?

Они используют принципы инженерии, почвоведения, биологии и химии для разработки решений экологических проблем.

Одной из важнейших задач инженерной защиты окружающей среды является предотвращение выброса вредных химических и биологических загрязнений в воздух, воду и почву. Это требует

обширных знаний химии и биологии потенциальных загрязнителей, а также промышленных или сельскохозяйственных процессов, которые могут привести к их выбросу. С этим знанием могут быть разработаны новые процессы или могут быть изменены существующие процессы, чтобы уменьшить или устранить выброс загрязняющих веществ.

В некоторых случаях это может представлять серьезную проблему. Например, источником загрязнения в озере может быть где-нибудь в пределах нескольких тысяч акров земли вокруг озера и его притоков. Загрязнение океанов может представлять еще большие проблемы в определении источника. Некоторые проекты с участием инженеров-экологов включают в себя:

Роман Стокер из Массачусетского технологического института изучал взаимодействие между крошечными морскими организмами, их окружающей средой и источниками пищи, что привело к лучшему пониманию того, как происходит цветение водорослей.

Майкл Насри, который, как доктор философии студент в области инженерии биологических систем в Технологии Вирджинии, изучал, как питательные вещества протекают через ледники на Аляске.

Гленн Моррисон, доцент кафедры инженерной экологии в Университете науки и технологии Миссури, изучает, как метамфетамин накапливается в строительных материалах, мебели и обычных предметах домашнего обихода во время производства

После того, как инженер-эколог определит источник загрязнения, он должен быть остановлен или значительно уменьшен. Простое закрытие бизнеса не всегда является жизнеспособным вариантом из-за возможных серьезных экономических последствий. Инженеры-экологи часто работают с предприятиями, чтобы определить способы предотвращения или сокращения производства загрязняющих веществ или их разделения, чтобы их можно было безопасно утилизировать.

Критические навыки, необходимые инженерам-экологам, включают в себя: практические знания в области химического машиностроения, гидродинамики, географии, геологии и гидрологии. Кроме того, в связи с многочисленными юридическими проблемами и распространенностью судебных разбирательств по экологическим вопросам инженеры-экологи должны быть знакомы с применимыми законами, и многие из них также являются практикующими адвокатами.

Большинство экологических инженерных работ требуют, по крайней мере, степень бакалавра в области машиностроения, и многие работодатели, особенно те, которые предлагают услуги инженерного

консалтинга, также требуют сертификации в качестве профессионального инженера.

Список литературы:

1. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дрофа, 2003. 624 с.
2. Юджин П. Одум. ЭКОЛОГИЯ: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 328 с.
3. Электронный ресурс свободного доступа:
<https://www.topuniversities.com>
<https://www.mymajors.com>

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ - ОДНА ИЗ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОСТИ

Губарева В.В., доцент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема все возрастающего пагубного воздействия твердых бытовых отходов на окружающую среду. Приведена структура муниципальных отходов и их классификация по степеням опасности. Рассматривается такая технология переработки отходов как пиролиз ТБО с выработкой тепловой или электрической энергии. Пиролиз является экологически чистой, экономически выгодной и технически простой технологией.

Ключевые слова: проблема ТБО, структура муниципальных отходов, степеням опасности, утилизация ТБО, сжигание мусора, пиролиз ТБО.

Общемировой расход органического топлива уже на данный момент превышает его запасы, в то время как экономическое состояние многих стран зависит от наличия природных энергоносителей. Строго говоря, то, что формировалось природой в течение тысячелетий, потребляется за несколько лет, образуя твердые, жидкие и газообразные отходы, загрязняющие окружающую среду. Назрел вопрос об осмысленном контроле над отходами, принимая во внимание то, что большинство отходов являются потенциально подходящим сырьем для утилизации и даже для получения тепловой или электрической энергии.

Для осуществления контроля над отходами необходимо решить ряд первостепенных задач: уменьшение объема появляющихся отходов или полное их устранение; уменьшение объема отходов, направляемых на вторичную переработку и захоронение; разработка и использование безвредных для окружающей среды способов утилизации отходов с минимальными экономическими издержками; максимальное использование отходов в качестве технологического утилизационного сырья.

На изготовителей различных продуктов возлагается огромная ответственность за результаты своей работы. Кроме того, что продукция не должна включать в себя вещества, вредные для природы, она обязана быть пригодной для последующей утилизации, когда попадет в разряд отходов с минимальными экономическими издержками.

Несмотря на все применяемые мероприятия по контролю, формируется достаточно большая категория отходов в процессе жизнедеятельности человека, в число которых входят твердые бытовые отходы (ТБО). Особенно остро проблема ТБО проявляется в больших городах, так, например, в Москве за один календарный год появляется 7 млн. тонн отходов. В последние годы объем отходов очень возрос, а в развитых странах количество ТБО в день на одного человека составляет 1...3 кг, исходя из этого, получаем, что ежегодно образуются сотни миллионов тонн мусора. Так, например, в США производство отходов ежегодно возрастает на 10%. Численность человечества каждый год возрастает на 1,5...2%, а количество ТБО на 5,5...6%. Таким образом, увеличение роста количества муниципальных отходов превосходит рост численность земного шара в 3 раза. Поэтому прежний подход к проблеме, когда отходы собирали на специальных полигонах, закапывали или сбрасывали их в моря и океаны стал экологически очень опасен. Из-за нехватки полигонов для захоронения такого громадного объема ТБО, в странах с большой численностью населения, задумались о нецелесообразности использования метода захоронения.

Особенностью нашей страны, в сравнении с другими развитыми странами, является то, что 95...98% твердых отходов транспортируется на свалки, в числе которых 88%, еще с далекого 1989 года, находятся в непригодном состоянии. Этот способ утилизации уже отразился на окружающей среде путем загрязнения подземных вод, а, следовательно, и прилежащих водоемов, что создало множество экологических проблем.

Структура и объем муниципальных отходов весьма разнообразны, они могут зависеть от местоположения, времени года и ряда других причин. В России структуру муниципальных отходов можно представить таким образом: органические и бумажные отходы, 39 и 33% соответственно; металлические, стеклянные и полимерных отходе колеблются в пределах от 3 до 6%; резиновые и деревянные отходы составляют около 1...2%.

По степени воздействия на окружающую среду муниципальные отходы классифицируют по степеням опасности (СО): 1-я СО – очень опасная категория отходов, которые могут привести к полной гибели окружающей среды без возможности ее регенерации; 2-я СО – отходы, имеющие высокую степень опасности для окружающей среды, после попадания их в окружающую среду ее полная регенерация может занять не менее 30 лет; 3-я СО – в эту группу входят опасные отходы. Их применение порождает нарушения экологической безопасности.

Восстановление окружающей среды после попадания таких отходов в окружающую среду может достигать 10 лет; 4-я СО – эту категорию составляют все отходы, период естественного разложения которых находится в пределах 3 лет; 5-я (СО) – к ней относятся отходы, которые можно подвергнуть вторичной переработке без отрицательного воздействия на окружающую среду.

На данный момент в России изготавливается, импортируется и используется промышленная продукция различного состава. В связи с этим происходит то, что состав муниципальных отходов нашей страны приближается по показателям к развитым зарубежным странам. Стремительные перемены экономического и политического состояния в мировом обществе, приводят к усугублению проблемы ТБО.

По мнению ученых, 50...70 процентов муниципальных отходов, по их составу и структуре, целиком и полностью удобны для повторного использования. Исходя из практики зарубежных стран, утилизация ТБО является очень прибыльной технологией. Кроме того, дефицита материала для вторичной переработки не предвидится.

В составе муниципальных отходов содержатся элементы, требующие чрезвычайно сложной переработки.

В настоящее время во многих прогрессивных странах значительно увеличился объем муниципальных отходов, перерабатываемый как в тепловую, так и в электрическую энергию.

В нашей стране главными методами переработки муниципальных отходов, являются захоронение на специализированных утилизационных полигонах и сжигание.

Сжигание мусора – это трудный и сложный метод вторичной переработки ТБО. Перед сжиганием отходы должны пройти стадию разделения (сепарирование). В процессе сепарирования из отходов извлекают металлы, батарейки и аккумуляторы, что позволяет значительно уменьшить выбросы диоксинов и фуранов. На данный момент понятно, что технология сжигания неотсортированного мусора очень опасна. Следовательно, мусоросжигательный процесс является не конечной, а одной из многих стадий технологии переработки ТБО.

В зарубежной практике наиболее востребованным является такая технология сжигания отходов как пиролиз ТБО, как специально подготовленных, так и без предварительной подготовки. Такой способ пригоден для выработки тепловой или электрической энергии. В России способы вторичной переработки отходов с применением пиролиза пока мало востребованы из-за высоких финансовых расходов.

Основным смыслом пиролиза является химическое изменение структуры ТБО, при нагревании без доступа кислорода. С учетом применяемой температуры пиролиз подразделяется на низкотемпературный (до 900 °С) и высокотемпературный (свыше 900 °С).

Низкотемпературный пиролиз – это процесс, в результате которого дробленые отходы предаются термическому разложению.

Основным достоинством пиролиза сравнительно с прямым сжиганием ТБО является его эффективная экологическая безопасность. К тому же, при помощи пиролиза, возможно, утилизировать всевозможные разновидности отходов, в частности, пластмассы, автопокрышки, отстойные вещества, отработанные масла и др. Процесс пиролиза почти не оставляет после себя биологически активных элементов, что способствует экологически безопасному подземному складированию отходов. Образовавшийся в конечном итоге процесса пиролиза пепел имеет высокую плотность, что заметно снижает объем ТБО, отправляемых на подземное складирование. К достоинствам пиролиза также относятся небольшая мощность применяемого технологического оборудования, простота перевозки и хранения полученной продукции. Следовательно, пиролиз нуждается в минимальных финансовых затратах. Производственные компании по переработке ТБО пиролизом на данный момент осуществляют свою деятельность в наиболее развитых странах. В 70-х годах прошлого века извлечение тепловой и электрической энергии из ТБО стало основным направлением нетрадиционной энергетики.

В результате высокотемпературного пиролиза, происходит преобразование ТБО в горючий газ. В последующем, при сжигании такого газа можно получить тепловую и электрическую энергию. При высокотемпературном пиролизе ТБО образуется также и негорючая твердая продукция в виде шлака и золы. Технологическая схема такого процесса переработки ТБО содержит четыре последовательных этапа:

1. Устранение из ТБО крупных элементов, черных и цветных металлов с помощью электромагнитной сепарации.
2. Получение генераторного газа в газогенераторе из прошедших сепарацию отходов.
3. Очищение генераторного газа от токсичных примесей в целях экологической безопасности.
4. Сжигание, прошедшего очистку, генераторного газа в специальных котлах-утилизаторах с целью получения энергоносителей (горячей воды, пара) или электроэнергии.

Из этого следует, что высокотемпературный пиролиз является самым многообещающим методом утилизации отходов, как с точки зрения безопасности окружающей среды, так и с точки зрения извлечения полезных энергетических ресурсов, широко используемых в промышленности. С помощью высокотемпературного пиролиза можно экологически чисто, экономически выгодно и технически просто перерабатывать отходы без предварительной подготовки, т.е. сортировки, сушки и т.д.

Список литературы:

1. Сбор и удаление твердых бытовых отходов [Электронный ресурс]. – <http://allformgsu.ru/>
2. Федеральный Закон Российской Федерации от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 25.11.2013) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. – КонсультантПлюс: Версия Проф.- Электрон. данные и прог.- ЗАО «Консультант Плюс». Москва. 2001-2014.
3. Хмельницкий А.Г. Использование вторичных материальных ресурсов в качестве сырья для промышленности // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки. Новосибирск, 1995. 167 с.
4. Сачков А.Н., Никольский К.С., Маринин Ю.И. О высокотемпературной переработке твердых отходов во Владимире // Экология городов. 1996. 331 с.
5. Способ экологически чистой переработки твердых бытовых отходов с производством тепловой энергии и строительных материалов и мусоросжигательный завод для его осуществления (RU 2502017) – патент.

УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДА АЗОТА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Губарева В.В., доцент,
Лисняк В.О., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. В данной статье приведены эффективные методы снижения в газовых выбросах оксида азота, в том числе рассмотрена проблема пагубного воздействия NO_x на окружающую среду. Также проанализированы некоторые способы малозатратных мероприятий, которые подавляют выбросы NO_x . Была затронута тема охраны природы.

Ключевые слова: рециркуляция, снижение выбросов, многоступенчатое горение, недостатки способов снижения выхода оксидов азота, концентрация NO_x .

Негативное влияние выбросов вредных веществ на здоровье людей, природу и животных оказывается не только на территориях, находящихся рядом с источниками выбросов, но и распространяется на большую площадь. Поэтому в наше время загрязнение внешней среды является глобальной проблемой, а расходы на охрану природы стали соизмеримы с величиной ущерба экологии.

Пагубное воздействие оксидов азота на общее окружение и человека, в том числе, крайне велико [5]. Долгое воздействие малых концентраций NO_x в окружающем воздухе увеличивает частоту и количество острых респираторных заболеваний у людей, а также негативно влияет на растительный и животный мир. Поэтому снижение их содержания в выбросах газов топливоиспользующих агрегатов – одна из важнейших проблем в энергетической промышленности.

Если раньше допускалась концентрация NO_x в выбросах продуктов сгорания около сотни миллиграмм на метр кубический, то сегодня экологическая безопасность требует снижения содержания этих выбросов до десятков или единиц мг/м^3 .

Самое большое влияние на образование оксидов азота оказывает температура. При ее росте от 1200 до 2000 градусов Цельсия содержание оксида азота возрастает примерно в 10 раз, в то время как увеличение концентрации кислорода примерно в 5 раз повышает выход NO_x всего в 2 раза.

Скорость и механизм образования оксида азота в первый раз были разобраны Я.Б. Зельдовичем на примере горения светильного газа. Он утверждал, что горение происходит настолько быстро, что окисление азота начинается в образовавшихся продуктах сгорания. Опыт других ученых показал, что кроме температуры и времени реакции, на появление «термических» NO_x большое влияние имеет содержание радикалов и реакции в начальной зоне горения.

Снижение образования «термических» NO_x достигается путем воздействия на максимальную температуру горения. Это осуществляется вводом рециркуляционных газов, пара и воды в зону горения или в дутьевой воздух, а также многоступенчатым сжиганием топлива, который снижает максимальную температуру. Выход «топливных» NO_x менее зависим от максимальной температуры, но сильно зависим от коэффициента избытка воздуха, поэтому в данном случае более эффективным является многоступенчатое горение.

При сжигании газа удастся уменьшить выход «термических» NO_x , приблизив их концентрации к уровню $100...120 \text{ мг/м}^3$ при холодном дутьевом воздухе и к $150...200 \text{ мг/м}^3$ при горячем дутьевом воздухе.

Метод рециркуляции дымовых газов. ^[2] Данный метод получил популярность в конце 70-х годов XX века и с тех пор обширно применяется в котельных установках.

Чаще всего дымовые газы с температурой около $300...400^\circ\text{C}$ отбираются перед воздухонагревателем, после этого рециркуляционным дымососом подаются в камеру топки. В результате этого максимальная температура в топке понижается на $120...130^\circ\text{C}$ и, вместе с этим, уменьшается концентрация O_2 в зоне горения, следовательно, уменьшается образование топливных NO_x . При этом КПД котельной установки снижается незначительно ($0,01...0,03\%$ на 1% рециркулирующих газов).

Таблица 1. - Влияние способа ввода газов рециркуляции в топку на снижение образования NO_x при сжигании природного газа.

Способ подачи газов рециркуляции в топку	Интенсивность снижения образования NO_x в % на 1% газов рециркуляции
В топливо	4,5...7,0
В первичный воздух	3,0...3,5
В общий канал дутьевого воздуха	2,0...3,0
По кольцевому каналу вокруг горелки	1,2...1,5

Через шлицы напротив нижнего яруса горелок	1,0...1,2
Через шлицы под горелками	0,8...1,0

Наиболее широкое распространение получил *способ ввода смеси дымовых газов с дутьевым воздухом*. Подача рециркуляционных газов с топливом эффективнее снижает выход NO_x , чем смешивание их с дутьевым воздухом. При одинаковой степени рециркуляции, к примеру, при сжигании газа, в первом случае выход NO_x снижается на 45,4%, а во втором – на 22,7%. Это имеет большое значение, потому что применение рециркуляции приводит к снижению КПД котлов пропорционально количеству подаваемых газов рециркуляции. К примеру, при увеличении степени рециркуляции с 20 до 30% КПД котла снижается на 0,5 и 0,75% соответственно.

Ступенчатое сжигание топлива. Суть данной методики заключается в том, что в первичную зону горения подается воздуха чуть меньше, чем необходимо теоретически (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 0,70...0,95$), а оставшееся количество воздуха, которое требуется для полного сжигания топлива, подается дальше на одном или нескольких ступенях по длине факела. [3]

В результате этого снижаются: максимальная температура в зоне горения, содержание кислорода в ядре факела, уменьшаются скорости реакции образования NO_x , увеличиваются длина и светимость факела. Главной особенностью многоступенчатого сжигания является факт наличия восстановительной зоны, где из-за дефицита воздуха появляются продукты неполного сгорания CO и H_2 , а оксид азота не образуется.

Этот принцип формирования в факеле восстановительной зоны в наше время широко используется при проектировании малотоксичных горелок. При двухступенчатом сжигании концентрация NO_x в восстановительной зоне снижается, а при трехступенчатом сжигании оксид азота, который поступил из окислительной зоны, восстанавливается до молекулярного азота.

Многоступенчатое горение применяют в котлоагрегатах с многоярусным расположением горелок, это позволяет регулировать соотношение смеси топливо - воздух по длине факела. Горелки нижнего яруса работают с недостатком воздуха, остальной воздух поступает через фурмы или горелки верхнего ряда, куда подается мало топлива либо оно совсем не подается.

Следующим эффективным методом сокращения выбросов оксидов азота является *ввод небольшого количества воды либо пара в зону горения*. Их подача в количестве более 5% массы воздуха подаваемого в горелку может оказать критическое влияние на полноту сгорания и снизить КПД агрегата на 4...5% из-за значительного снижения температуры.

Вместе с этим, можно отметить условную простоту реализации этого метода, более эффективное дожигание в факеле оксида углерода, а также осуществимость его использования при сжигании твердого топлива.

Одним из самых легко реализуемых действий является *уменьшение коэффициента избытка воздуха в топке*. Вследствие уменьшения концентрации кислорода в зоне горения происходит уменьшение образования термических и топливных NO_x . Поэтому данный способ может быть реализован при сжигании многих видов топлива. Он позволяет не только уменьшить выбросы NO_x , но и на малую долю повысить КПД котлоагрегата за счет уменьшения потерь теплоты сходящими газами и расходов энергии на собственные нужды.

Можно сделать вывод, что в образовании NO_x участвует тот воздух, который подают вместе с топливом в зону активного горения. Количество присосов воздуха в топочную камеру почти не влияет на образование NO_x , так как этот воздух не участвует в процессе горения топлива.

Следует заметить, что при использовании данных технологий можно видеть снижение КПД установки, различные сложные ситуации с регулированием технологического процесса. [4] В последнем случае это обусловлено более сложной схемой управления и неудовлетворительным состоянием контрольно-измерительных приборов, которые устанавливаются на котел.

Таблица 2 - Малозатратные мероприятия подавляющие выбросы NO_x

Мероприятие	Реализация	Снижение NO_x	Недостатки
Схема рециркуляции	Подача части дымовых газов с выхлопа на всас	30... 60%	Снижение КПД котла, требуется запас по тяге и дутью, увеличиваются собственные нужды

Продолжение табл. 2

Ступенчатое сжигание топлива	Отключение части горелок по топливу	20... 40%	Сложность реализации на котлах с малым количеством горелок
Впрыск влаги	Установка форсунок	15...20%	Снижение КПД котла
Снижение избытка воздуха	Снижение общего избытка воздуха	10... 30%	Повышенная возможность недожога

Широким направлением увеличения энергоэффективности и экологической безопасности в теплоэнергетике является развитие и практическое использование последних достижений науки и научно-технических разработок в сфере методики переработки и горения топлива, совершенствование и разработка новейших технологий преобразования энергии топлива в другие ее формы, совершенствование технологического процесса с целью понижения уровня невозвратимых потерь в отдельных элементах энергетических установок, уменьшение потерь тепловой энергии при передаче потребителю, повышение эффективности работы энергоустановок и улучшение условий эксплуатации. [1]

Существенная роль при всем этом отводится профессиональной подготовке персонала и совершенствованию систем автоматического регулирования и управления энергоустановок.

Список литературы:

1. Аникеев В.А., Копп И.З., Скалкин Ф.В. Технологические аспекты охраны окружающей среды. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 255с.
2. Внуков А.К., Розанова Ф.А. Цена подавления оксидов азота рециркуляцией газов на котлах // Энергетик. 2007. №7. С.35-36.
3. Котлер В.Р. Усовершенствованный метод двухступенчатого сжигания топлива // Теплоэнергетика. 2007. №2. С.73-75.
4. Снижение выбросов оксидов азота.[Электронный ресурс].URL: https://works.doklad.ru/view/I_YS9ryr_ss.html (11.02.2019)
5. Методы снижения выбросов токсических веществ в атмосферу. [Электронный ресурс].URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-2/2-3> (11.02.2019)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CO₂ КОТЕЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ

Губарева В.В., доцент,

Черкашин Д.А., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. В данной статье показано, что одним из эффективных способов решения экологических проблем, в частности загрязнение окружающей среды, является утилизация из котельных выбросов CO₂.

Ключевые слова: выброс CO₂, использование дымовых газов, меры по снижению выбросов, подкормка растений, повышение КПД.

Перенасыщение атмосферы углекислым газом – одна из центральных и наиболее важных проблем при оценке естественного цикла CO₂ в условиях антропогенного воздействия. Экологи сообщают о том, что климатическая система Земли, несомненно, нагревается, и приходят к выводу, что ускоренное потепление в прошедшие 50...60 лет, с вероятностью более чем на 90 процентов [8] – это вклад человека. Глобальная температура, по мере увеличения уровней содержания углекислого газа (CO₂) и других парниковых газов в атмосфере Земли, возрастает.

Роль углекислого газа в жизнедеятельности биосферы состоит, прежде всего, в поддержании фотосинтеза, который осуществляется растениями. Являясь парниковым газом, углекислый газ в воздухе влияет на теплообмен планеты с окружающим пространством, блокируя переизлучаемое тепло на различных частотах, и таким образом участвует в формировании климата планеты. Это, несомненно, приводит к существенным изменениям времени и продолжительности сезонов, а также количеству и частоте осадения. Изменение климата оказывает влияние на повышение уровня моря, наводнения, засухи или целый ряд других изменений экосистемы, которые влияют на жизнь на Земле.

Существует три антропогенных источника парниковых газов:

1. Примерно 60% парниковых газов выбрасывается в атмосферу при сжигании ископаемых видов топлива (в процессе промышленного производства, в транспорте и в энергетике).

2. Около 35% всех мировых выбросов парниковых газов приходится на сельское и лесное хозяйство – это вырубка леса,

осушение болот, выделение метана в животноводстве, при использовании в земледелии сельскохозяйственных удобрений – выделение закиси азота.

3. Остальные 5% выбросов, такие как углекислый газ, метан, закись азота и другие, приходится, в основном, на процессы промышленного производства [8].

Загрязнение окружающей среды и выбросы парниковых газов часто имеют один и тот же источник, например, и то, и другое происходит при сжигании ископаемого топлива. В силу этого сокращение выбросов парниковых газов нередко дает дополнительный эффект в виде уменьшения выбросов других вредных веществ, таких как оксиды азота (приводящие к формированию смога), диоксиды серы (являющиеся причиной кислотных дождей), твердые частицы и тяжелые металлы.

Существует несколько рентабельных мер по снижению выбросов и повышению энергоэффективности процессов и оборудования в теплоэнергетике:

1) Наиболее весомый эффект окажут меры по улучшению тепловой изоляции объектов и теплосетей. Улучшение теплоизоляции с применением инновационных материалов (например полиуретановая изоляция) позволит сократить потери. Так же, путем использования более энергоэффективной электроники, потребление энергии можно сократить в разы.

2) Повышение эффективности эксплуатации и обслуживания газопроводов. Уменьшение количества утечек, повышение эффективности эксплуатации и обслуживания газопроводов и газового оборудования.

3) К числу дополнительных рентабельных мер относится ряд возможностей, от использования современного котельного оборудования с экономичными показателями работы до более широкого применения комбинированного получения электроэнергии и тепла.

Одним из таких способов уменьшения выбросов CO_2 в атмосферу, который можно выгодно реализовать на промышленных теплицах, это использование углекислого газа для «подкормки» растений.

В настоящее время применяются три группы промышленных технологий подкормки растений в остеклённых и плёночных теплицах, использующие технический источник углекислого газа: прямая газация при помощи газогенераторов, подача чистого углекислого газа и нагнетание отходящих газов котельной.

В ЗАО «Племзавод «Разуменский» на отделении №1, для обогрева теплиц используются котельным комплексом, в состав которого входит

2 жаротрубных водогрейных котла фирмы F&HCrone типа GOST. Эти котлы позволяют получать высокое КПД горения с одновременно низким выбросом газов NO_x , а так же большим процентом выхода CO_2 . Последний факт позволяет успешно использовать углекислый газ из дымовых газов от данных котлов для подкормки растений. Для повышения КПД горения и для возможности отбора CO_2 котлы оборудованы конденсаторами отходящих газов. В конденсаторе отходящие газы охлаждаются с 185°C до 60°C , нагревая при этом «обратку» поступающую в котлы.

Охлаждённые таким образом газы очищают с помощью палладиевых катализаторов или водяных скрубберов. Затем, после измерения уровня CO_2 в теплице, с помощью нагнетательного вентилятора подают в теплицу по распределительным газопроводам, часто, многократно разбавляя атмосферным воздухом. К растениям газы поступают через перфорированные полимерные рукава небольшого диаметра, которые отходят от распределительного газопровода внутри теплицы.

Без применения такой технологии в тепличном воздухе на площади в один гектар находится около двадцать килограмм CO_2 , этого объёма будет явно недостаточно, так как типичная сельскохозяйственная культура летом потребляет до пятидесяти килограмм в час углекислого газа.

Также известны возможные направления совершенствования технологии:

а) заимствование из химической промышленности современных систем очистки отходящих газов от фитотоксичных примесей при различных режимах работы горелок тепловых котлов, и следовательно отказ от палладиевых катализаторов;

б) отбор CO_2 из отходящих газов и подача очищенной концентрированной газовой смеси в теплицу;

в) полное осушение отходящих газов в мембранных осушителях или конденсационных утилизаторах.

Таким образом, подкормка растений углекислым газом восполняет его недостаток в атмосфере теплицы и даёт им возможность нормально расти и развиваться. Использование CO_2 для подкормки растений даёт до 15% прибавки урожайности.

С другой стороны использование CO_2 котельных выбросов повышает энергоэффективность котлов, и самое главное, уменьшает загрязнение окружающей среды.

Список литературы:

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция» (с изменениями №1 СанПиН 2.2.1/2.1.1.2361–08; №2 СанПиН 2.2.1/2.1.1.2555–09; №3 СанПиН 2.2.1/2.1.1.2739–10).
2. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения. 2006. 351 с.
3. Режимная карта, составленная на 18.03.2013.
4. Паспорт технических характеристик оборудования.
5. Юренко В.В. Теплотехнические испытания котлов, работающих на газовом топливе. Л.:Недра, 1987. 185 с.
6. РД 10–319–99 – Типовая инструкция по безопасному ведению работ для персонала котельных.
7. Подкормка растений углекислым газом в защищённом грунте [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zavodagt.ru/stati/podkormka-rastenij-uglekislvm-gazom-v-zashchishchionnom-grunte> Дата обращения: 11.02.19.
8. Энергоэффективная Россия / McKinsey&Company [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://solex-un.ru/sites/default/files/energo_files/co2_russia_rus_final.pdf Дата обращения: 11.02.19.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПОБЕРЕЖЬЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

Петракова Н.А., канд. техн. наук, доцент,

Ярош Е.Э., ассистент,

Панасюк М.Д., аспирант

*ГОУ ВПО Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация. Предложена методика расчетов устойчивости оползнеопасных склонов, позволяющая моделировать склоны любой конфигурации и прогнозировать активизацию данных процессов. Предложены конструктивные меры защиты оползневых склонов на побережье Азовского моря.

Ключевые слова: оползень, устойчивость склона, подпорные конструкции.

В результате активизации оползневых процессов повреждено более 50% склонов, расположенных на территории побережья Азовского моря. В связи с этим в настоящее время очень остро стоит вопрос возведения объектов инженерной защиты в данном районе.

При проектировании противооползневых конструкций необходимо осуществлять комплексные подход, включающий в себя: предварительную подготовку территории, устройство дренажных систем, проектирование конструкций комбинированного типа [1,2].

На основании проведенных исследований, было установлено, что применение комплексного подхода при проектировании конструкций инженерной защиты территории, применяемых для укрепления береговых склонов, позволяет в среднем повысить их устойчивость до 60%.

Предлагаемая методика расчетов устойчивости склонов позволяет моделировать склоны любой конфигурации и прогнозировать активизацию процессов, как в природном состоянии, так и в процессе возведения на исследуемой территории зданий и сооружений, а также определять эффективность использования того или иного типа закрепления [3, 4] (рис. 1).

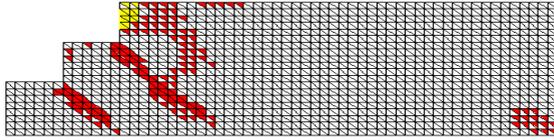


Рисунок 1 - Схема разрушения берегового склона

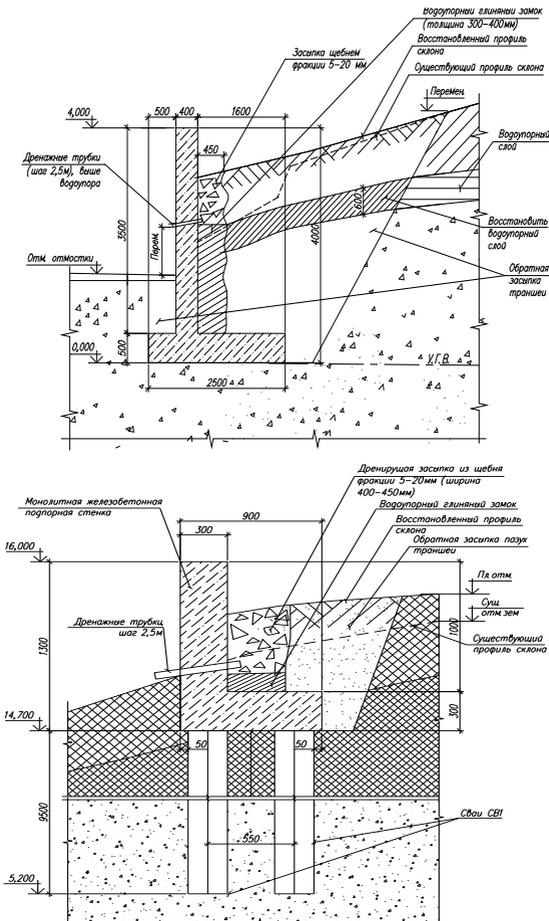


Рисунок 2 - Схема устройства Г-образной подпорной стены в нижней и верхней частях склона

Предлагается использовать удерживающие конструкции в виде подпорных стен из Г – образных железобетонных стен с плитной частью, защемленной в грунте (в нижней части склона), а также подпорных стен из буровых свай, пересекающих линии скольжения в грунтовом массиве (в верхней части) [5, 6]. Схемы устройства подпорных стен приведены на рис. 2.

Рекомендуется осуществлять планирование склонов в виде террас во избежание использования традиционных громоздких подпорных стен. Использование буровых свай также способствует повышению сейсмостойкости береговых склонов.

Технология возведения подобного типа подпорных стен представлена на рис. 3 и 4.



Рисунок 3 - Устройство сборно-моноклитной подпорной стены в нижней зоне склона. Монтаж горизонтальных плит с вертикальными арматурными выпусками



Рисунок 4 - Устройство моноклитной подпорной стены в нижней зоне склона. Омоноклитивание участков между плитами



Рисунок 5 - Дренажные колодцы, расположенные на поверхности склона

В связи с тем, что часто причиной активизации оползневых процессов является воздействие грунтовых вод, а также сезонное намокание грунтов, необходимым является устройство противофильтрационных дренажных систем в виде дренажных труб и дренажных колодцев (рис. 5).

Важным фактором является проведение мониторинга состояния противооползневых конструкций в процессе эксплуатации. В процессе наблюдения за закрепленными по данной методике склонами было установлено, что они находятся в стабильном состоянии, визуально не наблюдаются следы разломов на их поверхности. Подпорные стены находятся в удовлетворительном состоянии, следов разрушения при визуальном осмотре не обнаружено (рис 6).

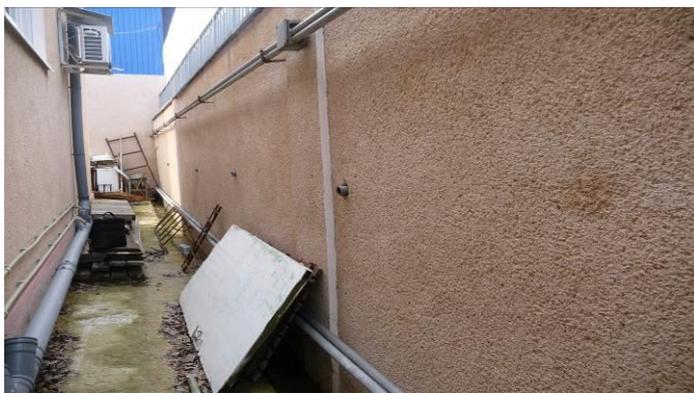


Рисунок 6 - Подпорная стена в нижней части склона

Г-образные подпорные стены позволяют за счет своей разрезности и защемления в грунте усилиями взаимодействия снизить по сравнению с традиционными подпорными стенами максимальные расчетные

усилия до 150 кН/пог. м. или в 2,5 – 3 раза. При этом достигается снижение стоимости удерживающих конструкций на 25 – 40%.

Укрепление террасированного откоса Г-образными поярусными подпорными стенами существенно повышает его устойчивость при действии гравитационных сил и позволяет использовать террасы для размещения на них зданий и сооружений.

Список литературы:

1. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. М.: Минрегион России. 2012. 60 с.
2. ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. К.: Держбуд України, 1998. 40 с.
3. Беда С.В. Особенности оценки устойчивости склонов, сложенных лессовыми породами // Геотехнические проблемы мегаполисов (труды международной конференции по геотехнике). Москва, 2010. Т.5. С.61-66.
4. Расчет устойчивости откосов и проектирование противооползневых сооружений / [Богомолов А.Н., Кузнецова С.В. Сиянков В.Н. и др.]. Интернет-Вестник ВолгГАСУ, 2012. №8 (24). С.13-33.
5. Петраков А.А. Научно-технический отчет по работе «Исследование устойчивости склона на территории б/о «Локомотив» в пос. Юрьевка Донецкой области» / Петраков А.А., Таран Р.А., Петракова Н.А. К.: НИИСК, 2005. 34 с
6. Петракова Н.А. Исследование устойчивости грунтового откоса, расположенного в южной части г. Мариуполя // Строительные конструкции. К.: НИИСК, 2004. Вып.61. Т.2. С.376-381.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСТРАНЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Писаренко А.В., канд. техн. наук, доцент,

Голубева Е.А., студент

*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, субъекте хозяйствования или на водном объекте, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Режим функционирования органов управления и сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – режим функционирования) – это определяемые в зависимости от обстановки, прогнозирования угрозы и возникновения чрезвычайной ситуации, порядок организации деятельности органов управления и сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, основные мероприятия, проводимые указанными органами управления и силами в режиме повседневной деятельности, при введении режима повышенной готовности или чрезвычайной ситуации [1].

Ликвидация чрезвычайных ситуаций – это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов [2].

Основными задачами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций являются [3]:

- разработка и реализация правовых и экономических норм по обеспечению защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в том числе по обеспечению безопасности людей на водных объектах;

- осуществление целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и

повышение устойчивости функционирования организаций, а также объектов социального назначения в чрезвычайных ситуациях;

– обеспечение готовности к действиям республиканских органов исполнительной власти, муниципальных органов и организаций, сил и средств, предназначенных и выделяемых для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Режимы функционирования и уровни реагирования органов управления и сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [3].

1. Органы управления и силы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций функционируют в режиме:

– повседневной деятельности – при отсутствии угрозы возникновения чрезвычайной ситуации;

– повышенной готовности – при угрозе возникновения чрезвычайной ситуации;

– чрезвычайной ситуации – при возникновении и ликвидации чрезвычайной ситуации.

2. Порядок организации деятельности органов управления и сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и основные мероприятия, проводимые указанными органами управления и силами в режиме повседневной деятельности, повышенной готовности или чрезвычайной ситуации, определяются Советом Министров Донецкой Народной Республики.

3. При введении режима повышенной готовности или чрезвычайной ситуации в зависимости от последствий чрезвычайной ситуации, привлекаемых к предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, классификации чрезвычайных ситуаций и характера развития чрезвычайной ситуации, а также других факторов, влияющих на безопасность жизнедеятельности населения и требующих принятия дополнительных мер по защите населения и территорий от чрезвычайной ситуации, устанавливается один из следующих уровней реагирования:

– объектовый уровень реагирования – решением руководителя организации при ликвидации чрезвычайной ситуации силами и средствами организации, оказавшейся в зоне чрезвычайной ситуации, если зона чрезвычайной ситуации находится в пределах территории данной организации;

– местный уровень реагирования – решением руководителя муниципального органа при ликвидации чрезвычайной ситуации силами и средствами организаций и муниципальных органов, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации, которая находится в пределах одной территории;

– государственный уровень реагирования – решением Совета Министров Донецкой Народной Республики, при ликвидации чрезвычайной ситуации силами и средствами организаций, муниципальных органов, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации, которая затрагивает территорию двух и более административно-территориальных единиц Донецкой Народной Республики.

4. При введении режима повышенной готовности или чрезвычайной ситуации, а также при установлении уровня реагирования для соответствующих органов управления и сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций орган государственной власти или должностное лицо, определенные пунктом 3 настоящей статьи, может определять руководителя работ по ликвидации чрезвычайной ситуации, который несет ответственность за проведение этих работ и имеет право принимать дополнительные меры по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в соответствии с законодательством Донецкой Народной Республики:

– ограничивать доступ людей и транспортных средств на территорию, на которой существует угроза возникновения чрезвычайной ситуации, а также в зону чрезвычайной ситуации;

– определять порядок разбронирования резервов материальных ресурсов, находящихся в зоне чрезвычайной ситуации, за исключением государственного материального резерва;

– определять порядок использования транспортных средств, средств связи и оповещения, а также иного имущества центральных органов исполнительной власти, муниципальных органов и организаций;

Для ликвидации чрезвычайных ситуаций могут привлекаться специально подготовленные силы и средства Вооруженных Сил Донецкой Народной Республики, других войск и воинских формирований. Порядок их привлечения определяется Главой Донецкой Народной Республики в соответствии с законодательством Донецкой Народной Республики.

Краткая характеристика мероприятий по спасательным работам приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Основные аварийно-спасательные и неотложные работы, применяемые специалистами

Аварийно-спасательные работы	Другие неотложные работы
1.Разведку маршрутов движения формирований и участков предстоящих работ	1.Прокладка колонных путей и устройство проездов (проходов) в завалах и на зараженных участках
2.Тушение пожаров на путях движения формирований и участках работ	2.Локализация аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях
3.Розыск пораженных и извлечение их из завалов, поврежденных и горящих зданий, загазированных задымленных и затопленных помещений	3.Укрепление или обрушение угрожающих обвалом конструкций зданий (сооружений) на путях движения к участкам проведения работ
4.Оказание первой доврачебной помощи пораженным и эвакуация их в лечебные учреждения	
5.Санитарная обработка людей обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, воды и продовольствия	

Общественные объединения так же участвуют в ликвидации чрезвычайных ситуаций, действуют под руководством соответствующих органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. На органы управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций возлагается ответственность за решение вопросов, связанных с перевозкой членов общественных объединений к зоне чрезвычайной ситуации и обратно, организацией размещения, питания, оплаты труда, материально-технического, медицинского и других видов обеспечения их деятельности в этих условиях.

Резервы финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций создаются заблаговременно в целях экстренного привлечения необходимых средств в случае возникновения

чрезвычайных ситуаций в установленном порядке законодательством Донецкой Народной Республики.

Список литературы:

1. Жаворонкова Н.Г. Эколого-правовые проблемы обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера / Н.Г. Жаворонкова [Электронный ресурс]. 2007 - Режим доступа: <https://www.litres.ru/natalya-grigorevna-zhavoronkova/ekologo-pravovye-problemy-obespecheniya-bezopasnosti-pri-chrezvychaynyh-situatsiyah-prirodnogo-i-tehnogenno-go-haraktera/> - 270 с.
2. Безопасность. Орловская область. [Электронный ресурс]. 2007 - Режим доступа: <http://mchs-orel.ru/obshhie-polozheniya-po-avarijno-spatelnym-i-drugim-neotlozhnym-rabotam/>
3. Закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Текст]. Принят Народным Советом Донецкой Народной Республики 20 февраля 2015 года (Постановление № I-67П-НС), от 26 февраля 2015г. № 11-ИНС — Донецк, 2015. 23 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЛЕБЕДИНСКОГО ГОКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Сашенко Л.А., магистрант,
Ястребинская А.В., канд. техн. наук, доцент**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. В данной работе рассмотрена проблема пыления хвостохранилища Лебединского ГОКа. Пыль поднимающаяся с поверхности хвостохранилища оказывает негативное воздействие на прилегающие территории и здоровье населения. Отражены существующие способы закрепления поверхностей пляжей хвостохранилищ, а также описаны способы используемые для пылеподавления на хвостохранилище Лебединского ГОКа.

Ключевые слова: Лебединский ГОК, хвостохранилище, способы, отходы, пыль, компоненты.

Современные тенденции роста промышленности в мире показывают уверенное увеличение объемов добычи и последующей переработки железосодержащих руд, что, соответственно, приводит к увеличению отходов, так называемых хвостов, для которых строятся хвостохранилища. Они состоят из сложной системы гидротехнических комплексов, в том числе, гидротранспорта и гидроукладки, а также очистки и сброса воды с возможностью ее повторного использования, что безусловно, имеет воздействие на окружающую среду [4]. Так, например, хвостохранилище Лебединского ГОКа покрывает территорию к 3,6 км². Каждый год, карьерным способом на поверхность поднимается 47 млн. т. руды, из которых в отходы уходит 27 млн. т., распределены по площади 1450 га. В теплое время года, температура на поверхности хвостохранилища может достигать 50-ти градусов, что приводит к его высушению и последующей ветровой эрозии и уже при скорости ветра 5 м/с образовавшиеся частицы пыли начинает разносить ветром, поэтому задача купировать образование пыли актуальна как никогда.

Железородная пыль, поднимающаяся с поверхности хвостохранилища, оказывает негативное воздействие на продуктивность почв сельскохозяйственного назначения, прилегающих к хвостохранилищу. Это связано с содержанием, в повышенных концентрациях, тяжелых металлов, таких как цинк, медь, марганец, хром, свинец, железо. Одним из путей снижения негативного

воздействия является рекультивация дамб обвалования и их поверхностей. Однако данное мероприятие возможно применять в основном только на отработанных хвостохранилищах [1].

Главным способом пылеподавления на работающих хвостохранилищах является создание на их поверхности искусственных эрозионостойких покрытий, компоненты представлены на рис. 1.

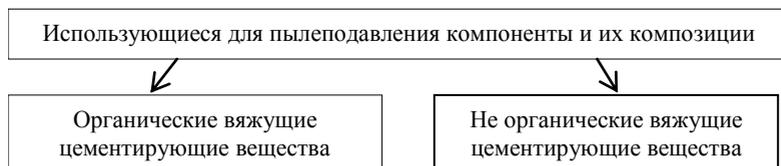


Рисунок 1 – Компоненты применяемые для пылеподавления

Существуют несколько способов закрепления поверхности пляжей, каждый из которых подробно описан в табл. 1[2]:

Таблица 1 - Способы закрепления поверхностей пляжей хвостохранилищ

№ п/п	Наименование метода	Описание
1	Аэродинамический	Данный метод заключается в изменение аэродинамического режима таким образом, чтобы скорость ветрового потока не смогла вызвать перехода частиц в аэрозольное состояние. Для этих целей создаются лесозащитные полосы
2	Гидротехнический	Данный метод заключается в постоянном увлажнении поверхности пляжа ирригационными установками, либо дождевальными машинами с использованием воды из прудка отстойника или за счет изменения технологической схемы сброса пульпы
3	Технологический	Этот метод заключается в добавление в пульпу реагента, способного связать твердые частички после их отложения

Продолжение табл. 1

4	Механический	Данный метод заключается в обсыпке по всей защищаемой площади слоя щебня или гравия толщиной 0,15 – 0,20 м. Однако данный способ является предпочтительным в условиях сухого, а также сурового климата, где невозможно или трудно обеспечить постоянное поддержание растительного покрова
5	Биологический	Сущность метода заключается в обогащении путем посева многолетних трав и с использованием или без использования слоя растительного грунта на защищаемой поверхности
6	Химический	Данный метод заключается в направленном изменении параметров поверхностного слоя намытого материала методом создания противозрозионного покрытия из материала плотины, обработанного химическими вяжущими субстанциями

На хвостохранилище Лебединского ГОКа для борьбы с пылением отходов обогащения используют способы представленные в табл. 2.

Таблица 2 - Способы использующиеся для пылеподавления на хвостохранилище Лебединского ГОКа

№ п/п	Наименование способа	Описание
1	Орошение водой	Реализуются при помощи гидрозавесы, которая перехватывает взвешенные в воздухе частицы пыли
2	Дождевание	Реализуется при помощи дождевальной установки, требующей специальной водопроводной сети

Для эффективной работы обозначенных конструкций нужно обеспечивать высшую дальность транспортирования капель воды в воздушной среде. С этой целью используют специальные сопла, устраивают высоконапорные системы подачи воды, утяжеляют капли введением специальных добавок. Этот метод наименее эффективен в знойную погоду, в связи с тем, что пылящие пляжи моментально высыхают, поэтому требуется непрерывный полив, а это экономически не выгодно.

К основным принципам разработки химических способов технического восстановления относится учет минералогических характеристик грунта. Представляется существенным понятие ресурса грунта, т.е. наиболее реакционно способных компонентов минерального комплекса по отношению к химическому воздействию. Для техногенных грунтов хвостохранилища Лебединского ГОКа характерно содержание кварца и железосодержащих минералов. В случае отходов обогащения Лебединского ГОКа, для разработки методов закрепления дисперсных техногенных грунтов нужно применять железосодержащие составляющие минерального комплекса. Железосодержащие минералы являются ресурсом грунта, нестабильным по отношению к кислотной активации. Данный принцип лежит в основе метода закрепления поверхности хвостохранилищ, который был разработан в институте ВИОГЕМ. Обработка поверхности хвостов производится слабым раствором соляной кислоты. Образующийся в итоге слой, обладает повышенным содержанием влаги, и за счет этого достигается пылеподавление. Для разбрызгивания закрепляющих составов применяют поливочные машины коммунального и сельскохозяйственного опытно – промышленного назначения. Закрепление данным способом, проведенное на хвостохранилище Лебединского ГОКа, показало, что кислотная обработка техногенного грунта не обеспечивает отсутствие пыления. Таким образом, разработка способа пылеподавления хвостохранилища Лебединского ГОКа остается актуальной.

Список литературы:

1. Борисов В.Г. Исследование закрепления хвостохранилищ полимерами // Вентиляция и очистка воздуха. М., 1972. С.150-158.
2. Винников В.А., Каркашадзе Г.Г. Гидромеханика. Учебник для вызов. Изд.: М.: Московский государственный горный университет. 2003. 304 с.
3. 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.
4. Сергеев С.В., Синицина И.В. Негативное воздействие хранилищ отходов обогащения на окружающую среду и способы пылеподавления. // Известия Тульского государственного университета. Серия «Геомеханика. Механика подземных сооружений». Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. Вып.4. С.159-163.

УСТАНОВЛЕНИЕ ВОДООХРАННЫХ ЗОН И ПРИБРЕЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОЛОС ДЛЯ ЗУЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**Феськова Е.А., ассистент,
Насонкина Н.Г., д-р техн. наук, профессор,
Богак Л.Н., ст. препод.,
Лозинская В.А., ассистент**
*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация: В статье рассмотрено обследование прибрежных зон Зуевского водохранилища, с целью разработки предложений по вводу специального режима и стратегии по улучшению экологического состояния водного объекта. Исходя из анализа существующей ситуации, предлагается системный подход по организации водоохраной зоны и прибрежных защитных полос. Апробация стратегии зонирования позволила в рамках проекта улучшить экологическое состояние прибрежных зон.

Ключевые слова: водоохранная зона, прибрежная защитная полоса, проект землеустройства, правила землепользования, санитарно-защитная зона, категория земель.

Исторически складывается так, что в зонах влияния водных объектов располагается большое количество промышленно-складских предприятий. Это обусловлено тем, что прибрежные территории водоемов являются привлекательными для инвестиций, а также особенностями технологических процессов предприятий. Одним из крупнейших водопользователей являются электрические станции. В этом случае водные объекты используются в качестве технического водоснабжения.

На рассматриваемом водном объекте – Зуевском водохранилище (на р. Крынка) находится несколько гидротехнических сооружений Зуевской ТЭС и Зуевской ТЭЦ (рис. 1). Основным назначением водохранилища можно считать обеспечение технологических процессов этих двух предприятий, а также гидрологических процессов реки Крынки. По сравнению с другими производствами энергетика наносит один из наибольших ущербов окружающей среде, как по общему воздействию на биосферу, так и по потреблению ресурсов.

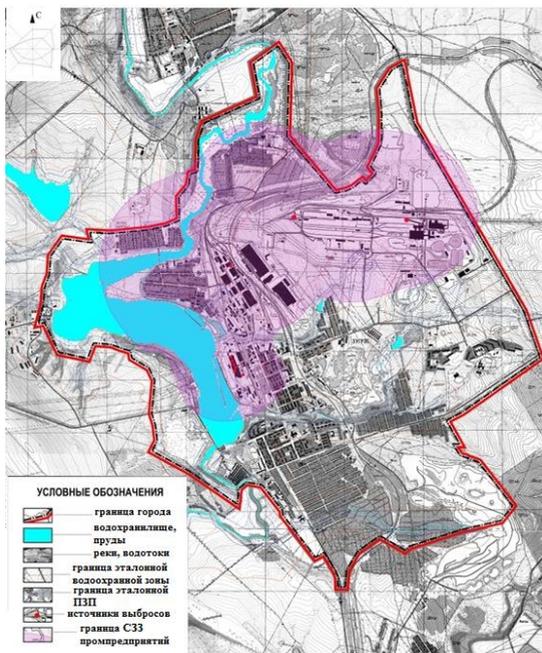


Рисунок 1 - Схема положения водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы Зуевского водохранилища в системе города Zugres Харьцызской администрации

Для формирования защитного барьера создаются санитарно-защитные зоны (далее СЗЗ) [8]. В зависимости от класса санитарно-гигиенической опасности (I-V классы) устанавливаются определенные размеры СЗЗ, радиус которых варьируется от 1000 до 50 м [9].

Территория СЗЗ не может быть использована для рекреации, в ее пределах запрещена жилая застройка, размещение дачных и садовых участков, а также размещение хранилищ питьевой воды и предприятий пищевой промышленности. Основное назначение зоны санитарной охраны водопользования - предотвращение превышения установленных нормативных показателей микробного и химического загрязнения воды в пределах района фактического и перспективного водопользования [10].

Согласно Водному Кодексу Украины, ст. 79 река Крынка относится к средним рекам, на них прибрежная защитная полоса устанавливается шириной 50 метров. В границах уже существующих населенных

пунктов прибрежная защитная полоса устанавливается с учетом градостроительной документации.

Значительная территория водохранилища и его побережья находится в санитарно-защитной зоне от промышленных предприятий разного класса опасности: - КП «Зуевский энергомеханический завод» – 300 м; - СЕ «Донбассэнергоспецремонт» – 1000 м; - ГП «Зуевская ТЭЦ» – 500 м; - СЕ «Зуевская ТЭС» ООО «Востокэнерго» – 1000 м.

При анализе существующей ситуации на прибрежных территориях Зуевского водохранилища выявлено, что в санитарную защитную зону этих предприятий попадают зоны жилой застройки и социальной сферы, а также места зон отдыха. Однако, согласно действующим санитарным и градостроительным нормам и правилам, эти объекты запрещается размещать в санитарно-защитных зонах. В настоящее время необходима организация территории с целью упорядочения прибрежной зоны водохранилища, что предусматривает вынос объектов жилой застройки и социальной сферы за пределы вредного воздействия предприятий или проведение специальных мероприятий на предприятиях с целью сокращения санитарно-защитной зоны.

Одним из важнейших путей сохранения, восстановления и охраны водных объектов является установление водоохраных зон и прибрежных защитных полос. Проектирование водоохраных зон и прибрежных защитных полос – необходимый механизм определения их границ, регламента хозяйственной деятельности и системы природоохранных мероприятий, реализуемых на их территории [11]. Одной из важнейших задач проектирования охранных зон является учет региональных особенностей территорий, что не предусмотрено в Водном кодексе [1, 2].

Исходя из анализа существующей ситуации на прибрежных территориях Зуевского водохранилища, предлагается системный подход по организации водоохраной зоны и прибрежных защитных полос (рис. 1). Основным фактором, оказывающим влияние на принятие решений по установлению границ прибрежной защитной полосы и водоохраной зоны, является комплекс природных и антропогенных факторов, а также сложившаяся застройка на момент разработки проекта по установлению границ охранных зон.

На основании выполненного обследования территорий, попадающих в зону влияния водохранилища, выявлено, что почти вся площадь города ЗугрЭС находится в системе водосбора реки Крынка. Учитывая результаты исследования, разработаны методические указания, в которых предложены правила землепользования и

застройки городских земель, расположенных в водоохранной зоне и прибрежной защитной полосе Зуевского водохранилища.

Правила землепользования и застройки, или план градостроительного зонирования территории, в водоохранной зоне Зуевского водохранилища г. Зугрэса Харцызской администрации (далее Правила) предложены к разработке как нормативно-правовой акт местного органа самоуправления административно-территориальной единицы, принятым в соответствии с Земельным кодексом Украины, Водным кодексом Украины, Законами Украины [3, 4, 5, 6, 7], а также с учетом положений других актов и документов, которые определяют основные направления социально-экономического и градостроительного развития территории администрации, охраны его культурного наследия, окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

При использовании водных объектов для промышленных нужд водопользователи обязаны придерживаться установленных условий специального водопользования, экологических требований, а также проводить мероприятия для уменьшения расхода воды (особенно питьевой) и прекращения сброса загрязненных обратных вод путем совершенствования производственных технологий, схем водоснабжения и очистки сточных вод.

Использование земельных участков и иных объектов недвижимости, расположенных в пределах водоохранной зоны Зуевского водохранилища, определяется режимом застройки и другого использования, которые определены применительно к соответствующим территориям, а также ограничениями, которые установлены законами и нормативно-правовыми актами применительно к водоохранной и санитарно-защитным зонам.

Предложенные методические указания по организации и упорядочению территорий, попадающих в зону влияния водохранилищ, путем разработки правил землепользования и застройки с учетом региональных особенностей, исторически сложившейся градостроительной ситуации и установления соответствующих регламентов, позволит снизить воздействие негативных антропогенных факторов на состояние водохранилища и реки в целом. Органы местного самоуправления получают эффективный документ для управления территориями города.

Вопросы землепользования и застройки территорий, находящихся в зонах влияния водных объектов актуальны, требуют дальнейшей научной разработки.

Список литературы:

1. Водный Кодекс Украины (Ведомости Верховной Рады Украины (ВВР), 1995, № 24, ст.189) [Электронный ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>.
2. Водный кодекс Российской Федерации, принят 29.10.2003 г. [Электронный ресурс] – URL: <http://vodnkod.ru>
3. Закон Украины «Об основах градостроительства» №2780-XII от 16.11.1992 г. (редакция 10.06.2017) [Электронный ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2780-12>
4. Закон Украины «О регулировании градостроительной деятельности» №3038-VI от 17.02.2011 г. (редакция 01.01.2019) [Электронный ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>
5. Закон Украины «О местном самоуправлении в Украине» №280/97-ВР от 21.05.1997 г. (редакция 11.01.2019) [Электронный ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-вр>
6. Закон Украины «Об аренде земли» № 161-XIV от 06.10.1998 г. (редакция 01.01.2019) [Электронный ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/161-14>
7. Постановление Кабинета Министров Украины от 08.05.1996 года N 486 "Порядок определения размеров и границ водоохранных зон и режима ведения хозяйственной деятельности в них". [Электронный ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/486-96-п>
8. ГСП № 173 от 19.06.96 г. (с изменениями). «Государственные санитарные правила планирования и застройки населенных пунктов»;
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01. Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных мест. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Постановление от 17.05.2001 г. N 15 [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901787813>
10. Дьяконов А.В. Экологическое проектирование и экспертиза. М.: Аспект Пресс, 2005. 384 с.
11. Чернышев А.В. Оптимизация выделения водоохранных зон в бассейнах малых рек: на примере р. Сызранки Ульяновской области: автореф. дис. канд. биол. наук. Ульяновск, 2011. 24 с.

УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНА, ИСПЫТЫВАЮЩЕГО ДАВЛЕНИЕ НАПОРНОГО ПОТОКА

**Фролов Э.К., канд. техн. наук, доцент,
Ярош Е.Э., ассистент**

*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация: в статье рассматривается характер развития суффозионного процесса при воздействии на грунтовый массив склона вязко-пластичного потока, что приводит к размыву прибрежной зоны моря или реки. Для устранения этого явления предложен способ защиты склонового рельефа. Сущность которого заключается в том, чтобы собрать грунтовую воду в разгружающие колодцы и по дренажным траншеям отвести её в сторону моря или реки.

Ключевые слова: экология, рельеф, суффозия, склон, оползень-поток, реология, ядро ползучести, вязко-пластическое течение, гидравлический градиент, гидравлическое давление, активное давление грунта, противодиффузионная завеса, разгружающие колодцы, дренажная траншея.

Одной из причин ухудшения экологической обстановки территории, являются рельефообразующие факторы. Это характерно для территорий, на которых могут развиваться такие склонообразующие процессы, как суффозия, что приводит к развитию овраго-балочных рельефов. Активизация этих процессов усиливается при наличии подземных, особенно, напорных вод. При этом на склонах, угол падения, которых превышает 10^0 суффозия, процесс может развиваться от простого высачивания грунтовой воды, до выноса минеральных частиц грунта и лавинообразного выноса материалов склона, по типу селевых потоков, образуя уступы и периодически - потоки. Это приводит к коренному ухудшению экологической обстановки, связанной с размыванием значительной площади земной поверхности. Очевидно, что для таких территорий необходимо разрабатывать способ их защиты.

Решение этой задачи невозможно без рассмотрения некоторых реологических процессов в грунтовом массиве склонов.

Реология – это раздел механики сплошных сред, в которых изучаются такие виды деформаций, как: вязкость, пластичность, текучесть. Все материальные тела подвергаются в той или иной степени этими видами деформации. Большая часть материалов, исследуемых

реологией, представляет собой дисперсные системы, состоящие из частиц песка, пустоты (поры), а между ними цепочками коллоидные частицы глины, в порах между ними грунтовая вода. Эта система сходна со структурой, что характерно для супесчаных грунтов балок или побережья рек и морей.

С точки зрения реологии, дисперсные системы можно разделить на золи, которые ведут себя как жидкости и гели, в которых преобладает твердая фаза, структура которой может быть неоднородной.

Для такого грунтового массива, испытывающего действие напорного потока, наиболее характерными видами деформации является вязкое или пластичное течение, закономерности которых аналогичны.

Основной закон вязкого течения установлен в 1687г. Ньютоном и выражается следующей формулой:

$$F = \eta S \frac{V_2 - V_1}{y_2 - y_1} \quad (1)$$

$$\frac{V_2 - V_1}{y_2 - y_1}$$

где: $y_2 - y_1$ – разность скоростей перемещения слоев жидкости, расстояние между которыми равно ($y_2 - y_1$);

S – площадь жидкости потока;

$$\frac{V_2 - V_1}{y_2 - y_1}$$

$y_2 - y_1$ – градиент скорости;

η - (пуаз) – единица измерения динамичности вязкости (коэффициент внутреннего трения).

Пуаз в системе СГС имеет размерность (η) = сек, и называется «ядро вязкости». В системе СИ размерность (η) = 86,4п т.е. $\frac{\text{кН}}{\text{м}}$ (сут) и может применяться как одно из слагаемых, при определении нагрузка во времени. При этом натуральное число п, это сутки, что определяет длительность действия суффозионного процесса.

Таким образом, формула Ньютона позволяет определять скорость нарастания нагрузки на подпорное сооружение при движении вязко-пластического потока $\frac{\text{кН}}{\text{м}}$ (сут).

Напряженно-деформируемое состояние скелета грунта, зависит от времени (t). Опытами В.А. Флорина и его последователями было доказано, что деформацию скелета дисперсных грунтов можно описать, используя линейную теорию наследственной ползучести Больцмана – Вольтера при непрерывном нагружении. Поэтому при решении задач, связанных с устойчивостью откосов, сложенных супесчаными

грунтами, можно использовать закономерность вязко-пластического течения.

Сложность постановки опытов этого явления, заключается в том, что нет четкого закона пластичности, который отражал бы все важнейшие свойства пластических деформаций при сложном напряженно-деформированном состоянии тел в широком диапазоне изменения температуры и времени. Поэтому для решения практических задач были разработаны приближенные инженерные методы расчета.

В наиболее законченном виде эти разработки изложены в трудах Н.А.Цытовича и его последователей.

Для подпорных сооружений существенное значение имеет установившаяся ползучесть грунтов при сдвиге, т.к. при этом рассматривается геомеханическая задача для определения давления вязко-пластической массы на подпорную конструкцию, при устойчивом ее состоянии.

Напряженное состояние массива при установившемся вязко-пластическом состоянии определяется по формуле Бингама-Шведова:

$$\tau_i = \tau_0 - \eta u, \quad (2)$$

где η – коэффициент (ядро) вязкости;

τ_0 – начальное сопротивление сдвига;

u – деформация сдвига.

Применимость этого уравнения к глинистым грунтам доказана многочисленными опытами В.А.Гибендера, Н.Н.Маслова, М.Н.Гольдштейна и др. Н.А.Цытович, развивая эти идеи, определяя скорость смещений при сдвиге.

При рассмотрении задачи по укреплению откоса, испытывающего воздействие водонапорного потока, необходимо решить следующие вопросы:

- определить место, где выполняется условие, когда силы, удерживающие, равны силам сдвигающим;
- время, за которое будет полностью реализован оползневый процесс;
- время, за которое будет полностью размывта уступная часть склона;
- способ защиты склона от размывающего воздействия напорного потока.

Для решения этих вопросов следует определить состояние устойчивости склона в его краевой части.

$$K_{st} = \frac{\sum N_{yg}}{\sum N_{cg}} = 1,0 \quad (3)$$

где K_{st} – коэффициент заноса устойчивости склона;

$\sum N_{yg}$ – гравитационная составляющая напряжённого состояния склона $\frac{\gamma d^2}{2} tg^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$

$\sum N_{cg}$ – гравитационная $\frac{\gamma d^2}{2} tg^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$, статическая гидравлическая и гидродинамическая силы, вязко-пластического потока.

В этой точке склона резко увеличивается градиент потока, что указывает на увеличение гидравлической силы на устойчивость склона. Дальнейшие расчеты следует приводить с учетом слагаемого $tg\varphi^1$, где η – ядро вязкости, равное 86,4. Угол внутреннего трения дисперсной среды (φ^1) определяется в лабораторных условиях по схеме «плашка по плашке».

Кольцевая крепь перфорируется со стороны водного потока по высоте его мощности. Между колодцами устраиваются водонепроницаемые завесы. Таким образом грунтовая вода между дренажными траншеями, будет отводиться, в инженерные сети, если склон – это побережье, то отводиться в море или реку.

Сущность способа защиты склона заключается в том, чтобы концевую часть уступа защитить от воздействия напорного потока. Для этого по всему склону собирается грунтовая вода в разгружающие колодцы и по дренажным траншеям отводится в инженерные сети или к побережью рек или моря. Между колодцами устраиваются водонепроницаемые завесы из железобетонных свай, забиваемых в сопрягающиеся скважины, заполненными уплотненным грунтом

Список литературы:

1. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1). Москва: Минстрой России. 2015. 162 с.
2. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* / Минрегион России. – Москва. 2011. 161 с.
3. EN 1997-1:2004. Еврокод 7 – Геотехнические расчеты/ Европейский комитет по стандартизации. 2004. 164 с.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1973.
5. Райнер М. Реология. М.: Высшая школа, 1965.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Якубович И.А., д-р техн. наук, профессор

*Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)*

Аннотация: Дано описание методики количественной оценки экологической устойчивости для территорий, характеризующихся явно выраженным дефицитом годовых количеств солнечной энергии. Главным показателем экологической устойчивости является прогнозируемый период самовосстановления растительности по окончании техногенного воздействия на территорию. Показано, что при возможном потеплении до 2 градусов в климатических условиях Магаданской области периоды самовосстановления сокращаются незначительно (от 3,0% до 7,3%, в зависимости от типов почвенных комплексов).

Ключевые слова: экологическая устойчивость, моделирование, изменение климата.

Глобальные климатические изменения, выражающиеся в первую очередь в постепенном возрастании температур атмосферного воздуха, в настоящий момент являются общепризнанным фактом; до определенной степени дискуссионным остается лишь вопрос о роли и значимости техногенных факторов в общем процессе глобального потепления. Однако, независимо от причин этого потепления, учет тренда на повышение температуры воздуха на перспективу до 2050 года и далее, является абсолютно необходимым условием для адекватного прогнозирования экологического состояния природных систем и комплексов. Общие подходы к оценке экологического состояния территории и возможных экологических рисков отражены в [1-3]; учет региональных природно-климатических изменений показан в [4]. Вопросы использования геоинформационных технологий, позволяющих в полной мере учитывать природно-климатические особенности при оценке экологических рисков, рассмотрены в [5, 6], в том числе методические подходы к эффективному построению геоинформационных систем большого территориального охвата приведены в [7].

Особый интерес для новых температурно-климатических условий представляет оценка экологической устойчивости техногенно

нарушенных территорий, расположенных в зонах с географически обусловленным дефицитом солнечной радиации в сочетании с наличием вечномерзлых или многолетнемерзлых грунтов, весьма уязвимых к изменениям температурного режима окружающей среды. Применительно к текущему состоянию климата Магаданской области показано, что самовосстановительный потенциал территории, нарушенной при производстве горных работ либо при устройстве временных автомобильных дорог, является, за редким исключением, достаточно низким, и прогнозируемые периоды самовосстановления этих территорий (после прекращения техногенной деятельности) достигают десятков, а для тундровых почв – сотен лет [8]. Учет этого обстоятельства в планах освоения северных территорий отражается как существенные по своей величине дополнительные затраты на поддержание экологического равновесия на территориях, вовлеченных в хозяйственную деятельность (использование технологий, минимизирующих повреждение природных комплексов, проведение рекультивационных мероприятий, наиболее соответствующих конкретным природно-климатическим условиям, и т.д.) [9].

В качестве основного показателя, количественно характеризующего экологическую устойчивость территории, рассматривается прогнозируемый период самовосстановления $T_{\text{св}}$ – время, за которое на техногенно нарушенной территории восстанавливаются растительные комплексы как основа территориальной экосистемы [10]. Основными факторами, наиболее значимо влияющими на продолжительность периода самовосстановления в условиях Крайнего Северо-Востока России, являются:

- Динамика и количество солнечной радиации, поступающей на территорию в течение одного среднестатистического года. При этом наиболее значимым количественным показателем является суммарная солнечная энергия на протяжении вегетативного периода $E^{(+5)}$ (при определении данного показателя не учитывается поступление солнечной радиации при температурах воздуха ниже $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

- Биопродуционные параметры, характеризующие динамическое равновесие растительных комплексов в их первоначальном (ненарушенном) состоянии: удельные количества фитомассы F_0 и органического вещества V_0 , а также среднегодовые темпы их обновления в гомеостазисном состоянии ΔF и ΔV . Числовые значения этих параметров зависят от типов почвенных комплексов на техногенно изменяемой территории (тундровая, болотная, пойменная и т.д.).

При оценке количества солнечной энергии $E^{(+5)}$ рассматривается среднестатистический год, который количественно описывается усредненными данными многолетних инструментальных наблюдений за климатом, зафиксированными для каждого месяца этого года:

- атмосферное давление p , Па;
- абсолютная температура воздуха T , °К;
- среднее значение относительной влажности воздуха m_{mid} , %;
- количество нижней облачности n_{low} , баллов;
- количество верхней облачности n_{high} , баллов;
- интенсивность тумана, выраженная в условных единицах.

В процессе перехода от основных (среднегодовых) параметров состояния атмосферы к параметрам, соответствующим произвольным моментам времени моделируемого среднестатистического года (производным параметрам) первоначально осуществляется аппроксимация среднемесячных значений с помощью кубических сплайнов. При этом величина каждого среднемесячного значения относится к середине соответствующего месяца. Далее по единой системе аппроксимирующих полиномов осуществляется определение среднедневных значений параметров.

На протяжении среднестатистического года выполняется моделирование движения Солнца по эклиптике, и через фиксированные моменты времени определяется количество доходящей до поверхности Земли солнечной энергии. Модель динамики значений биопродуционных параметров [8] отличается асимптотическим характером. С течением времени текущие значения F и V стремятся к постоянным значениям, характерным для ненарушенного состояния территории, но в рамках используемой модели достижение этих значений (выполнение условий $F=F_0$ и $V=V_0$) требует бесконечно большого периода. Соответственно, для оценки величины остаточных техногенных повреждений территории используются критерии $F=0,75F_0$ (растительные комплексы в основном восстановлены) и $F=0,9F_0$ (растительные комплексы практически полностью восстановлены); аналогичные критерии используются и в отношении V . Каждому выбранному критерию соответствует определенное значение T_{CB} , получаемое по результатам моделирования динамики значений параметров F и V на протяжении ряда считающихся одинаковыми среднестатистических лет.

В табл. 1 приведены прогнозные периоды самовосстановления растительности для трех типичных почвенных комплексов Магаданской

области. Уровень остаточного техногенного повреждения территории (ее состояние в начале самовосстановительного процесса) характеризовался значениями биопродуционных параметров $F=0,25F_0$ и $V=0,25V_0$; климатические параметры соответствовали условиям г. Сусумана.

Таблица 1 - Влияние состояния климата на прогнозируемые периоды самовосстановления растительных комплексов Магаданской области

Моделируемые показатели	Почвенные комплексы		
	тундровые глеевые	торфянистые болотные	пойменные мелкодерновые
Биопродуционные параметры, ц/га			
F_0	543,8	341,1	2771,8
V_0	540,6	453	3031,3
ΔF	0,12	2,87	30,6
ΔV	8,1	25,5	95,2
Период самовосстановления T_{CB} для текущего климата, лет			
$F=0,75F_0$	344	40	33
$V=0,75V_0$	127	33	22
$F=0,9F_0$	1690	104	83
$V=0,9V_0$	440	73	44
Период самовосстановления T_{CB} при потеплении на 1 °С, лет			
$F=0,75F_0$	333	39	33
$V=0,75V_0$	123	32	21
$F=0,9F_0$	1620	100	80
$V=0,9V_0$	425	71	43
Период самовосстановления T_{CB} при потеплении на 2 °С, лет			
$F=0,75F_0$	324	38	32
$V=0,75V_0$	121	32	21
$F=0,9F_0$	1567	97	77
$V=0,9V_0$	413	69	42

Можно видеть, что повышение средней температуры воздуха на величину до +2 °С не приводит к значительному сокращению прогнозируемых сроков самовосстановления нарушенной растительности. Ожидаемые изменения T_{CB} составляют от 3,0% (критерий $F=0,75F_0$ для пойменных мелкодерновых почв) до 7,3% (тундровые глеевые почвы, критерий $F=0,9F_0$). В то же время, потепление климата может сопровождаться изменением и иных

параметров состояния атмосферы (в первую очередь, влажности и облачности), влияние которых на экологическую устойчивость территории необходимо исследовать дополнительно.

Список литературы:

1. Сугак Е.В. Современные методы оценки экологических рисков // *European Social Science Journal*. 2014. №5-2. С.427-433.
2. Грехнев Н.И. Опыт многофакторного моделирования зон экологического риска в горнопромышленных районах юга Дальнего Востока / Н.И. Грехнев, Л.Н. Липина, С.И. Лапекина // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2014. №5. С.215-220.
3. Цыцура А.А. Разработка имитационной модели управления экологической безопасностью / А.А. Цыцура, О.Н. Нечитайло // *Экология и промышленность в России*. 2007. №5. С.40-42.
4. Гордов Е.П. Геоинформационная веб-система для исследования региональных природно-климатических изменений и первые результаты ее использования / Е.П. Гордов, И.Е. Окладников, А.Г. Титов, В.Ю. Богомолов, Т.М. Шульгина, Е.Ю. Генина // *Оптика атмосферы и океана*. 2012. Т.25. №2. С.137-143.
5. Якубович А.Н. Использование геоинформационных технологий при анализе и прогнозировании экологического состояния территорий дорожной сети / А.Н. Якубович, И.А. Якубович // *В мире научных открытий*. 2015. №6. С.52-63.
6. Трофименко Ю.В. Методика прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций природного характера на сети автомобильных дорог / Ю.В. Трофименко, А.Н. Якубович // *Безопасность в техносфере*. 2015. Т.4. №2. С.73-82.
7. Федосеев А.А. Построение модели транспортной инфраструктуры на основе пространственно-спектральной аэрокосмической информации / А.А. Федосеев, Т.И. Михеева, С.В. Михеев // *Программные продукты и системы*. 2018. №1. С.25-31.
8. Якубович А.Н. Прогнозирование периодов восстановления природных комплексов, нарушенных при производстве горных работ / А.Н. Якубович // *Естественные и технические науки*. 2009. №2. С.232-236.
9. Якубович А.Н. Управление освоением горнопромышленной территории на основе результатов геомоделирования самовосстановительных процессов природных комплексов / А.Н. Якубович, В.М. Шек // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009. №S2. С.457-463.
10. Якубович А.Н. Моделирование и оценка природных и техногенных рисков в автотранспортном комплексе / А.Н. Якубович, Ю.В. Трофименко, И.А. Якубович. М.: Изд-во МАДИ, 2018. 232 с.