



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Оценка экологического ущерба от газового кратера «Врата ада» в
Туркменистане

Исполнитель

Джораева Гозель

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

кандидат биологических наук

(ученая степень, ученое звание)

Мандрыка Ольга Николаевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2024г.

Санкт-Петербург

2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. Теоретические основы экологического ущерба от естественных загрязнений окружающей среды.....	8
1.1 Понятие и виды естественных загрязнений окружающей среды	
1.2. Методы мониторинга и контроля за естественными загрязнениями окружающей среды	1
Глава 2. Практическая оценка экологического ущерба от газового кратера «Врата ада» в Туркменистане.....	2
2.1 Особенности негативного воздействия газового кратера «Врата ада» на окружающую среду.....	2
2.2 Анализ методик определения неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу и оценки экологического ущерба.....	3
2.3 Проведение оценки экологического ущерба от газового кратера «Врата ада» посредством адаптированной методики	4
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
ПРИЛОЖЕНИЕ А	5

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования обусловлена состоянием экологической среды на современном этапе развития, которая характеризуется высоким уровнем загрязненности под воздействием антропогенных и естественных загрязнений. По вопросам влияния антропогенных загрязнений на состояние окружающей среды, обусловленного постоянно растущим экстенсивным характером производства, и возмещения экологического ущерба субъектами хозяйствования представлено достаточно много теоретических и методических исследований. Вопросы о техногенном влиянии и нанесенном ущербе окружающей среды постоянно находятся в обсуждении.

Однако вопросы естественных загрязнений и оценки экологического ущерба в результате природного явления являются малоизученными. При оценке влияния природного процесса на загрязнение окружающей среды и анализе нанесенного вреда экологической среде возникает множество недостаточно изученных вопросов, касающихся практической стороны.

Естественное загрязнение представляет собой явление, которое возникло в результате природных процессов (извержение вулкана, лесные пожары, газовые кратеры и др.). Отличием естественного загрязнения является отсутствие влияния деятельности человека и антропогенных факторов, следовательно, ключевой вопрос заключается в определении субъекта нанесения экологического ущерба и методики оценки. В частности, оценка экологического ущерба от газовых выбросов, при антропогенном воздействии и естественном воздействии, будет принципиально отличаться концептуальными подходами, методиками оценки ущерба, применяемыми критериями оценки, определяемыми границами ущерба и др.

Проблемой является недостаточная разработка методик оценки экологического ущерба при естественных загрязнениях, кроме того,

проблемой является недостаточно разработанный терминологический аппарат, нет единого подхода в определении феноменов естественных загрязнений.

В работе проводится изучение вопросов оценки экологического ущерба от газового кратера «Врата ада» в Туркменистане, который относится к природным явлениям, и является естественным загрязнением. Газовый кратер Дарваза («Сияние Каракумов») представляет собой кратер с горящим природным газом, в диаметре кратер составляет примерно 60 метров, в глубину кратер достигает примерно 20 метров. Находится кратер в Каракумах в Дашогузском велаяте Туркменистана. Название «Врата ада» используется, так как кратер представляет собой довольно устрашающее явление.

Кратер образовался в результате раскопок и бурения в 1970-е годы, кратер представляет собой подземную каверну (пустоту), в которую обвалились верхние слои грунта. Для того, чтобы газ не выходил наружу, было принято решение поджечь скопление, однако потушить огонь не удалось.

Кратер «Врата ада» (дверь в преисподнюю) является одновременно и уникальным природным явлением, требующим изучения, и туристической достопримечательностью, однако последние исследования показали, что кратер наносит экологический ущерб окружающей среде, следовательно, относится к естественным загрязнениям. Сгорание огромного количества газа негативно отражается на экологической среде и на здоровье проживающих рядом людей. При этом сжигание природного газа приводит к парниковому эффекту, что является одной из причин глобального потепления. Кратер горит уже более 50 лет и, было принято решение, что данное явление необходимо потушить из-за экологического ущерба. Специалисты пришли к однозначному выводу, что влияние кратера Дарваза на окружающую среду является негативным, следовательно, наносится ущерб окружающей среде.

В данной связи следует отметить недостаточную разработку терминологического аппарата, так как термин «естественное загрязнение» не является максимально точным для обозначения изучаемого явления. Требуется анализ теоретических и методических основ для определения экологического ущерба, который возникает в результате изучаемого природного явления, газового кратера Дарваза в Туркменистане.

Практическая актуальность исследования заключается в том, что разработанных методик для оценки экологического ущерба от естественных загрязнений и природных явлений не представлено. Оценка экологического ущерба в основном ведется по направлениям влияния антропогенных факторов, где применяются методы оценки ущерба по разным критериям. В случае же с оценкой экологического ущерба природного явления, кроме недостаточной разработки терминологического аппарата, возникают серьезные трудности с поиском и разработкой методики оценки.

Изучение экологического ущерба от газового кратера «Врата ада» в Туркменистане, таким образом, актуально в связи с необходимостью теоретического обоснования понятия естественных загрязнений, обоснования понятия ущерба от естественных загрязнений и практической разработки методики оценки экологического ущерба от естественного загрязнения.

При изучении вопроса актуальным становится анализ существующих методик определения неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу и применение методики для оценки экологического ущерба от выбросов природного газа газового кратера «Врата ада».

Степень разработанности темы исследования. Изучением вопросов взаимодействия общества и окружающей среды, в том числе вопросами оценки экологического ущерба, занимались многие ученые. В работе были изучены работы таких авторов, как А.С. Астахов, И.Д. Ахмедова, Ю.В. Бабина, Л.П. Бакуменко С.В. Белов, В.Н. Герасимович, А.А. Голуб, В.С.

Децук, Л.И. Короленко, А.Н. Медведев, Г.А. Фоменко, В.В. Цибульский и др.

В работах авторов представлены проблемы оценки воздействий на окружающую среду и формирования последствий и различные методы оценки экологического ущерба. Однако вопрос методики оценки экологического ущерба от неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу недостаточно представлен в изученных работах. Методы оценки в основном сконцентрированы на оценке антропогенных загрязнений, методика оценки естественного загрязнения от газовых выбросов требует доработки.

Объектом исследования является экологический ущерб от естественного загрязнения окружающей среды.

Предметом исследования выступают особенности оценки экологического ущерба от естественного загрязнения окружающей среды – газового кратера «Врата ада» в Туркменистане.

Целью исследования является анализ методики оценки экологического ущерба от естественного загрязнения и оценка воздействия газового кратера «Врата ада» на окружающую среду.

Задачи исследования:

1. Провести анализ теоретических основ понятия и видов естественных загрязнений окружающей среды.
2. Рассмотреть особенности мониторинга и контроля за естественными загрязнениями окружающей среды.
3. Изучить специфику воздействия газового кратера «Врата ада» на окружающую среду, выявить ключевые факторы.
4. Изучить существующие методики определения неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу, предложить модификации.
5. Оценить экологический ущерб от газового кратера «Врата ада» в Туркменистане посредством адаптированной методики.

Методическую основу исследования составляют – сравнительно описательный метод, метод комплексной оценки экологического ущерба от неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу, расчетный метод.

Структура исследования обусловлена поставленными целями и задачами исследования, работа состоит из введения, двух глав по теме исследования, заключения и списка использованной литературы.

Глава 1. Теоретические основы экологического ущерба от естественных загрязнений окружающей среды

Согласно российскому законодательству и международных норм и правил, можно утверждать, что понятие «ущерб» экологической направленности обычно трактуется шире, чем материальный или реальный ущерб, и приближается по своему значению к понятию «вред» [21, 22].

На основании закона РФ «Об охране окружающей среды» понятие «вред окружающей среде» – это «негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов» [22].

На данный момент времени сохранилось расширенное понимание ущерба окружающей природной среде и природным ресурсам, под которым понимается денежная оценка всех негативных последствий загрязнения, причиненного окружающей среде, и порчи природных ресурсов.

В данной работе будет рассмотрена специфика экологического ущерба явления природного происхождения.

1.1 Понятие и виды естественных загрязнений окружающей среды

Под естественными загрязнениями окружающей среды, согласно закону РФ «Об охране окружающей среды» понимают загрязнения, которые возникают в результате природных процессов, без участия человека [22].

К основным видам естественных загрязнений относят [8,16]:

1. Вулканическая активность:

Извержения вулканов выбрасывают в атмосферу большое количество пыли, газов (диоксид серы, сероводород, углекислый газ) и других веществ.

Влияние вулканической активности на окружающую среду проявляется следующими факторами:

1.1 Выбросы вулканических газов и аэрозолей в атмосферный воздух, в результате чего происходит:

- выделение диоксида серы (SO_2), углекислого газа (CO_2), сероводорода (H_2S) и других газов;
- образование вулканических аэрозолей, включая пепел, пыль и мелкие частицы.
- потенциальное воздействие на качество воздуха, климат и здоровье населения.

1.2. Загрязнение водных объектов, в результате чего происходит:

- поступление вулканических веществ в поверхностные и подземные воды;
- изменение химического состава и pH водоемов;
- негативное влияние на водные экосистемы и качество питьевой воды.

1.3. Воздействие на почвы и растительность проявляется в следующем:

- выпадение вулканического пепла и его накопление на поверхности почв;
- изменение физико-химических свойств почв, нарушение плодородия;
- повреждение или гибель растительности под воздействием пепла и газов.

1.4. Влияние на климат и погодные условия заключается в:

- выбросах в атмосферу больших объемов вулканических газов и аэрозолей;
- изменении радиационного баланса, температурного режима, осадков;

- возможности кратковременного глобального похолодания после крупных извержений.

1.5. Геологические и геоморфологические изменения проявляются в следующем:

- образование новых вулканических форм рельефа, лавовых потоков;
- изменение ландшафтов, разрушение инфраструктуры в районах извержений.

- активизация оползней, обвалов, селевых потоков в вулканических районах.

1.6. Воздействие на биоразнообразие:

- гибель или миграция живых организмов в результате прямого воздействия;

- нарушение экологических связей и функционирования экосистем;
- долгосрочные изменения в структуре и составе биоценозов.

Масштабы и характер влияния вулканической активности на окружающую среду зависят от интенсивности и продолжительности извержений, их химического состава, а также от местных географических и климатических условий.

2. Лесные и степные пожары:

Природные пожары, вызванные молниями или самовозгоранием, выбрасывают в атмосферу продукты горения (оксиды углерода, сажу, смолы).

Влияние природных степных и лесных пожаров на окружающую среду проявляется следующими факторами:

2.1. Воздействие на атмосферу происходит в результате:

- выбросов в атмосферу большого количества дыма, сажи, углекислого газа и других загрязняющих веществ;

- ухудшения качества воздуха и видимости, риски для здоровья населения;

- возможного влияния на региональный и глобальный климат.

2.2. Воздействие на растительность:

- уничтожение или повреждение растительного покрова, в том числе ценных лесных массивов;
- изменение видового состава и структуры растительных сообществ;
- активизация эрозионных процессов и деградация почв;

2.3. Воздействие на животный мир:

- гибель или вынужденная миграция диких животных;
- нарушение мест обитания и кормовой базы;
- долгосрочные изменения в структуре и функционировании экосистем.

2.4. Воздействие на водные объекты проявляется в:

- загрязнении поверхностных и подземных вод продуктами горения;
- нарушении гидрологического режима в результате повреждения растительности;
- заиления водоемов продуктами эрозии.

2.5. Воздействие на почвы происходит в результате:

- повреждения или уничтожения плодородного почвенного слоя;
- активизации эрозионных процессов, снижения влагоудерживающей способности почв;
- изменения физико-химических свойств и плодородия почв.

2.6. К социально-экономическим последствиям относится:

- разрушение или повреждение объектов инфраструктуры и жилых построек;
- нанесение ущерба сельскому и лесному хозяйству;
- затраты на тушение пожаров и восстановление нарушенных территорий.

3. Пыльные бури и эрозия почв:

Ветровая эрозия почв поднимает в воздух большое количество пыли и мелких частиц грунта. Это загрязняет воздух, а также может засорять водные объекты.

К основным негативным воздействиям данных процессов на окружающую среду можно отнести:

3.1. Воздействие на атмосферу:

- подъем в воздух больших объемов пыли и мелких почвенных частиц;
- ухудшение качества воздуха, снижение видимости, риски для здоровья;
- возможное влияние на региональный и глобальный климат.

3.2. Воздействие на почвы проявляется в:

- потери плодородного верхнего слоя почв в результате ветровой эрозии;
- истощении и деградация почв, снижении их продуктивности;
- образования дефляционных форм рельефа (котловин выдувания, бугров).

3.3. Воздействие на растительность сопровождается такими явлениями:

- повреждение или гибель растений под воздействием ветра и пыли;
- снижение продуктивности сельскохозяйственных культур;
- изменение видового состава и структуры растительных сообществ;

3.4. Воздействие на водные объекты заключается в:

- загрязнении поверхностных и подземных вод взвешенными частицами;
- заилении водоемов, нарушении гидрологического режима;
- ухудшении качества питьевой воды.

3.5. Воздействие на животный мир:

- нарушение мест обитания и кормовой базы диких животных;
- стресс и гибель животных в результате воздействия пыли и ветра;
- долгосрочные изменения в структуре и функционировании экосистем.

3.6. К социально-экономическим последствиям относится:

- повреждение или разрушение объектов инфраструктуры;
- нанесение ущерба сельскому и лесному хозяйству;
- ухудшение условий жизни и здоровья населения;
- затраты на восстановление нарушенных земель и борьбу с эрозией.

4. Выбросы метана из болот и тундры:

Разложение органических веществ в анаэробных условиях приводит к выделению метана – мощного парникового газа. Такие естественные выбросы метана вносят вклад в глобальное потепление.

Негативное влияние выбросов метана из болот и тундры на окружающую среду проявляется в следующем:

4.1. Воздействие на атмосферу:

- увеличение концентрации метана – одного из основных парниковых газов;
- усиление парникового эффекта и ускорение глобального потепления;
- возможные изменения в региональном и глобальном климате.

4.2. Воздействие на экосистемы:

- нарушение естественного функционирования болотных и тундровых экосистем;
- изменение видового состава и структуры растительных сообществ;
- трансформация мест обитания и кормовой базы диких животных.

4.3. Воздействие на водные объекты:

- возможное загрязнение поверхностных и подземных вод метаном;
- нарушение гидрологического режима в результате деградации болот и тундры;
- ухудшение качества питьевой воды.

4.4. Воздействие на почвы проявляется в:

- изменении физико-химических свойств почв в результате метанообразования;

- активизации процессов заболачивания и деградации мерзлотных почв;

- снижении плодородия и продуктивности почв.

4.5. Социально-экономические последствия:

- ущерб для сельского и лесного хозяйства, рыболовства;
- разрушение или повреждение объектов инфраструктуры;
- ухудшение условий жизни и здоровья населения;
- затраты на адаптацию к изменениям климата и экосистем.

5. Радиоактивное загрязнение [3]:

Природные радиоактивные элементы (уран, торий, радон) могут загрязнять окружающую среду. Источниками такого загрязнения являются, например, урановые месторождения или геологические разломы.

Природное радиоактивное загрязнение влияет на окружающую среду в различных аспектах, включая землю, водные ресурсы, атмосферу, растительный и животный мир. Вот более подробное объяснение влияния этого загрязнения на окружающую среду:

5.1. Влияние на почвенный покров:

- радиоактивные элементы могут попадать в почву из различных источников, таких как природные радиоактивные минералы, а также вследствие антропогенных действий, например, ядерных испытаний или аварий на ядерных установках. Это загрязнение может длительное время оставаться в почве, а некоторые радиоактивные элементы имеют длительный период полураспада, что увеличивает их воздействие на окружающую среду;

- при высоких концентрациях радиоактивных элементов в почве может оказываться токсическое воздействие на микроорганизмы, необходимые для ее плодородия.

5.2. Радиоактивное загрязнение водных источников:

Радиоактивные элементы могут попадать в водные системы через дождевые осадки, стоки с ядерных объектов или подземные воды,

содержащие радиоактивные вещества. Это может привести к загрязнению воды, что в свою очередь вредно для рыб, водных растений и других организмов.

5.3. Радиоактивное загрязнение воздуха:

Выбросы радиоактивных веществ в атмосферу, такие как при авариях на ядерных установках, могут привести к распространению радиоактивных частиц и газов в атмосфере. Это может иметь далеко идущие последствия для здоровья человека и окружающей среды, особенно если эти вещества оседают на землю или в водные системы.

5.4. Воздействие на животный и растительный мир проявляется в:

- загрязнение пищевых цепей. Радиоактивные элементы могут попадать в растительный покров и через него - в животный мир. Они могут накапливаться в тканях растений и животных, попадая в пищевые цепи и вызывая радиоактивное загрязнение продуктов питания и окружающей среды;

- генетических изменений. При высоких дозах радиации на живых организмах могут происходить генетические изменения, что может привести к нарушениям в размножении и дальнейшему ухудшению популяций.

5.5. Воздействие на здоровье человека:

Риск радиационных заболеваний. Воздействие радиоактивного загрязнения на человека может вызывать различные заболевания, включая рак, заболевания щитовидной железы, болезни сердца и проблемы с иммунной системой.

Так, природное радиоактивное загрязнение оказывает значительное воздействие на окружающую среду, и его последствия могут быть долгосрочными и серьезными как для экосистем, так и для человека [3].

Следовательно, хоть естественные загрязнения являются частью природных процессов, они также могут оказывать негативное воздействие

на окружающую среду и здоровье людей. Поэтому их необходимо учитывать при оценке экологической обстановки исследуемой территории.

1.2. Методы мониторинга и контроля за естественными загрязнениями окружающей среды

Современные методы мониторингового контроля состояния окружающей среды включают систему показателей контроля атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы. На основании данных экологического мониторинга моделируются процессы и оцениваются уровни загрязнений экосистем [5].

Под экологическим мониторингом понимается комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценка и прогнозирование изменений, возникающих в результате антропогенного и природного воздействия. Мониторинг является многоцелевой информационной системой [22].

Контроль состояния среды включает наблюдение за источниками и факторами воздействия (в том числе источниками загрязнений, излучений и т. п.) – химическими, физическими, биологическими и за последствиями, вызываемыми этими воздействиями на окружающую среду [8].

Для мониторинга и контроля за естественными загрязнениями окружающей среды используются следующие основные методы [11, 18]:

1. Наблюдение и мониторинг:

- регулярные наблюдения и измерения концентраций загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве;
- мониторинг состояния экосистем, биоразнообразия, изменений климата;

- использование стационарных постов наблюдения, передвижных лабораторий, спутникового мониторинга.

2. Моделирование и прогнозирование:

- разработка математических моделей для прогнозирования распространения загрязнений;
- оценка возможных сценариев развития ситуации и рисков;
- использование данных мониторинга для калибровки и верификации моделей.

3. Оценка экологического ущерба:

- комплексная оценка воздействия естественных загрязнений на окружающую среду;
- расчет экономического ущерба для экосистем, здоровья населения, инфраструктуры;
- определение приоритетных направлений природоохранных мероприятий.

4. Нормирование и регулирование:

- установление нормативов и стандартов качества окружающей среды;
- разработка правовых механизмов регулирования природопользования;
- контроль за соблюдением установленных норм и требований.

5. Технологии снижения воздействия:

- внедрение технологий очистки выбросов, сбросов, рекультивации земель;
- разработка методов предотвращения и ликвидации последствий природных катастроф.
- использование альтернативных источников энергии для снижения выбросов парниковых газов.

Комплексное применение этих методов позволяет осуществлять эффективный мониторинг и контроль за естественными загрязнениями, минимизируя их негативное воздействие на окружающую среду.

Ниже будут рассматриваться представленные методики мониторинга и контроля над естественными загрязнениями окружающей среды более детально.

В проведении методик наблюдения и мониторинга за естественными загрязнениями окружающей среды характерны следующие особенности:

– Комплексный подход:

Необходимость использования различных методов и технологий для всестороннего изучения загрязнений. Сочетание полевых наблюдений, лабораторных анализов, дистанционного зондирования и моделирования.

– Долгосрочность и непрерывность:

Мониторинг загрязнений требует длительных наблюдений для выявления тенденций и закономерностей. Регулярный сбор данных в установленные сроки.

– Пространственная репрезентативность:

Выбор стратегически важных точек отбора проб и наблюдения, а также учет особенностей ландшафта, климата, гидрологии и других факторов.

– Многокомпонентность:

Необходимость контроля широкого спектра загрязняющих веществ. Изучение их взаимодействия и комплексного воздействия на окружающую среду.

– Использование современных технологий:

Применение высокоточных аналитических методов, внедрение автоматизированных систем мониторинга, интеграция данных с геоинформационными системами.

– Междисциплинарность:

Вовлечение специалистов различных областей: экологов, химиков, биологов, географов и др. Комплексная оценка состояния окружающей среды.

– Обеспечение качества данных:

Строгое соблюдение методик отбора, хранения и анализа проб. Регулярная калибровка и поверка измерительного оборудования.

– Интерпретация результатов:

Выявление причинно-следственных связей между загрязнениями и их источниками. Оценка рисков для здоровья человека и экосистем.

Соблюдение этих особенностей позволяет получать достоверные и репрезентативные данные о естественных загрязнениях окружающей среды, необходимые для принятия эффективных управленческих решений и разработки природоохранных мероприятий.

В проведении методов моделирования и прогнозирования за естественными загрязнениями окружающей среды существуют следующие особенности [18]:

–Комплексность данных:

Использование широкого спектра данных, включая результаты наблюдений, мониторинга, экспериментальных исследований.

Интеграция информации о природных, климатических, геологических и других факторах.

– Многомасштабность:

Применение моделей различного пространственного и временного разрешения. Возможность прогнозирования на глобальном, региональном и локальном уровнях.

– Учет динамики процессов:

Моделирование временных изменений и тенденций в загрязнении окружающей среды, а также анализ краткосрочных, сезонных и долгосрочных закономерностей.

– Вероятностный характер:

Использование статистических методов и моделей для оценки неопределенностей. Учет влияния случайных факторов и природной изменчивости.

– Междисциплинарный подход:

Привлечение специалистов различных областей: экологов, гидрологов, климатологов, математиков и др. Интеграция знаний из разных научных дисциплин.

– Верификация и валидация:

Сопоставление модельных результатов с фактическими данными наблюдений. Оценка точности и надежности прогнозов.

– Адаптивность и гибкость:

Возможность корректировки и совершенствования моделей по мере поступления новой информации. Учет изменений в природных и антропогенных факторах.

– Визуализация и интерпретация:

Представление результатов моделирования в наглядной форме (карты, графики, диаграммы). Интерпретация прогнозов для принятия управленческих решений.

Соблюдение этих особенностей позволяет получать достоверные и обоснованные прогнозы относительно естественных загрязнений окружающей среды, что способствует разработке эффективных стратегий по их предотвращению и минимизации.

Для проведения методов оценки экологического ущерба, связанного с естественными загрязнениями окружающей среды, характерны следующие особенности [11]:

– Комплексность подхода:

Необходимость учета различных компонентов окружающей среды: воздух, вода, почва, биота. Оценка прямого и косвенного воздействия загрязнений на экосистемы и здоровье человека.

– Междисциплинарность:

Привлечение специалистов разных областей: экологов, биологов, экономистов, медиков. Интеграция знаний и методов из различных научных дисциплин.

– Многофакторность:

Учет широкого спектра загрязняющих веществ и их комбинированного воздействия. Анализ природных, климатических и антропогенных факторов, влияющих на ущерб.

– Пространственно-временной аспект:

Оценка ущерба на локальном, региональном и глобальном уровнях. Учет краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных последствий загрязнений.

– Использование моделирования:

Применение математических моделей для прогнозирования и оценки ущерба. Учет неопределенностей и вероятностных характеристик.

– Экономическая составляющая:

Расчет прямых и косвенных экономических потерь, связанных с загрязнениями. Оценка затрат на восстановление и реабилитацию окружающей среды.

– Социальная значимость:

Учет влияния загрязнений на здоровье населения и качество жизни. Оценка социальных и культурных ценностей, подверженных ущербу.

– Документирование и отчетность:

Тщательное документирование процедур и результатов оценки ущерба. Подготовка отчетов и рекомендаций для принятия управленческих решений.

Соблюдение этих особенностей позволяет получать всестороннюю и обоснованную оценку экологического ущерба, связанного с естественными загрязнениями окружающей среды, что способствует разработке эффективных мер по предотвращению, минимизации и компенсации последствий.

При использовании методов нормирования и регулирования за естественными загрязнениями окружающей среды характерны следующие особенности [19]:

– Учет природной изменчивости:

Разработка нормативов с учетом фоновых (естественных) уровней загрязнения. Определение допустимых пределов отклонений от естественного состояния.

– Дифференцированный подход:

Установление различных нормативов для разных природных сред (воздух, вода, почва). Учет специфики экосистем и их чувствительности к загрязнениям.

– Многокомпонентность:

Нормирование комплекса загрязняющих веществ, характерных для естественных источников. Оценка совокупного воздействия различных загрязнителей.

– Пространственно-временная вариативность:

Установление региональных и локальных нормативов с учетом географических и климатических особенностей. Учет сезонных и многолетних колебаний естественных загрязнений.

– Научная обоснованность:

Использование результатов научных исследований, мониторинга и моделирования. Привлечение экспертов различных областей для разработки нормативов.

– Гибкость и адаптивность:

Периодический пересмотр и актуализация нормативов по мере накопления новых данных. Возможность корректировки в зависимости от изменений в природных условиях.

– Интеграция с системами управления:

Согласование нормативов с общими стратегиями и программами по охране окружающей среды. Увязка с механизмами экологического контроля и надзора.

– Международное сотрудничество:

Учет опыта и рекомендаций международных организаций в области нормирования. Гармонизация национальных подходов с международными стандартами.

Соблюдение этих особенностей позволяет разрабатывать эффективные и научно-обоснованные нормативы, обеспечивающие регулирование естественных загрязнений окружающей среды и минимизацию их негативного воздействия.

Использование технологий снижения воздействия за естественными загрязнениями окружающей среды имеет следующие особенности [20]:

– Адаптивность технологий:

Необходимость применения гибких и адаптируемых решений, учитывающих динамику естественных процессов. Возможность быстрого реагирования на изменения в характере и интенсивности естественных загрязнений.

– Комплексный подход:

Использование сочетания различных технологических методов для снижения воздействия на все компоненты окружающей среды. Интеграция технологий с мерами организационного, правового и экономического характера.

– Учет природных особенностей:

Разработка технологий с учетом специфики географических, климатических и геологических условий. Адаптация технологий к местным экосистемам и их устойчивости.

– Экологическая безопасность:

Применение "зеленых" технологий, минимизирующих вторичные загрязнения. Обеспечение экологической безопасности на всех этапах реализации технологий.

– Экономическая эффективность:

Оценка затрат на внедрение и эксплуатацию технологий в сравнении с экологическим и экономическим ущербом. Поиск оптимального соотношения между затратами и достигаемым эффектом.

– Междисциплинарное взаимодействие:

Привлечение специалистов различных областей (экологов, инженеров, экономистов) для разработки и внедрения технологий. Интеграция научных знаний и практического опыта.

– Мониторинг и контроль:

Постоянный мониторинг эффективности применяемых технологий. Возможность корректировки и модернизации технологических решений по мере изменения ситуации.

– Международное сотрудничество:

Изучение и использование передового международного опыта в области природоохранных технологий. Гармонизация национальных подходов с международными стандартами и рекомендациями.

Соблюдение данных особенностей при использовании технологий снижения воздействия за естественными загрязнениями окружающей среды позволяет обеспечить их эффективность, экологическую безопасность и экономическую целесообразность.

Глава 2. Практическая оценка экологического ущерба от газового кратера «Врата ада» в Туркменистане

В данной главе будет рассматриваться газовое месторождение известное во всём мире как кратер «Врата ада». Такое название возникло в результате огненных извержений данного кратера, высота пламени периодически достигает полтора десятка метров над землей. Официальное название газового кратера – «Сияние Каракумов» [17].

Находится огненный кратер в Дарвазе, в 270 км от Ашхабада, столицы Туркменистана, в северном направлении. В 90 км от аула Ербент в Дашогузском веляте. Географические координаты расположения кратера следующие: широта – 40.25264736059335, долгота – 58.4395892672114.

Происхождение газового кратера Дарваза предопределяется аварийной ситуацией, произошедшей в 1971 году, на советской буровой установке, которая находилась на газовом месторождении. Во время разведки запасов природного газа буровая установка провалилась в каверну, образовав огромный кратер диаметром около 70 метров и глубиной 20 метров. Чтобы предотвратить выброс потенциально опасных газов, было решено зажечь кратер и сжечь выходящий метан. Однако то, что ожидалось как временная мера, превратилось в долговременный характер. Диаметр кратера составляет приблизительно 60 метров, глубина – около 20 метров [17].

Местность вблизи кратера характеризуется как пустынная, с преобладанием пустынного типа растительности на серобурых почвах и сероземах. Здесь распространены полынные, солянковые, саксауловые, эфемеровые и другие сообщества [1].

Ближайшие экосистемы – полупустынные и пустынные ландшафты с редкой растительностью. В окрестностях обитают виды, адаптированные к экстремальным условиям пустыни.

Рельеф на территории исследуемого объекта довольно специфический, на поверхности лежат различные горные породы. Камни имеют различную форму и состав, с преобладанием серы [1].

Изображение исследуемого кратера, а также его географическое расположение представлено на рисунках А.1 и А.2 в приложении А.

Недалеко от горящего кратера находятся ещё два провала аналогичного происхождения. Эти кратеры не горят, давление газа здесь гораздо слабее. На дне одного из кратеров – пузырящаяся жидкая грязь светло-серого цвета, на дне другого – жидкость бирюзового оттенка [1].

Специалисты утверждают, что с помощью наклонно-направленного бурения из более плотных участков две из трёх залежей могут эксплуатироваться. Предположительно, запасы на данных месторождениях промышленные – в частности, газ залегает довольно близко к поверхности земли [17].

Недалеко от огненного кратера есть несколько законсервированных скважин с остатками устьевой арматуры, и снова ввести их в строй нетрудно. Однако на участке с «бирюзовым» озером, где в пласте допущен водогазовый контакт, добыча, по-видимому, уже невозможна.

2.1 Особенности негативного воздействия газового кратера «Врата ада» на окружающую среду

Исследования воздействия кратера на окружающую среду проводили ряд ученых: Дж. Коронис (2013 г.); Назаар Хемраев, Овезов Аман (2016 г.) [17].

Так, в конце осени 2013 г. канадский путешественник и исследователь Джордж Коронис решил пройти сквозь Врата Ада и спуститься на дно кратера. Целью его экспедиции был сбор грунта со дна огненного колодца для его дальнейшего изучения для того, чтобы определить, способны ли хоть какие-то организмы выжить в подобных условиях.

На дне кратера ученый не только собрал грунт, но и отыскал уникальные бактерии, которые питаются метаном и совершенно спокойно противостоят температуре открытого пламени внутри кратера вплоть до 400 градусов Цельсия. Данные виды бактерии не встречаются нигде на поверхности Земли и чувствуют себя превосходно, живя в небольшой экосистеме на дне раскаленного кратера [17].

Учёные считают, что подобных микроорганизмов будет достаточно, чтобы начать очередную, теперь уже действительно опустошающую планету, пандемию. Ведь ДНК этих микроорганизмов вообще неизвестны на данный момент времени человечеству.

К основным негативным последствиям воздействия газового кратера на окружающую среду следует отнести:

1. Выброс метана:

Кратер постоянно выделяет около 10,6 тысяч тонн метана в год. Метан является мощным парниковым газом, его глобальный потенциал глобального потепления в 28-34 раза выше, чем у CO_2 . Выбросы метана способствуют усилению парникового эффекта и ускорению глобального потепления.

Метан, выделяющийся из кратера, смешивается с воздухом, образуя взрывоопасные газовые смеси. Возможны возгорания газовых выбросов, что приводит к дополнительному загрязнению окружающей среды. Взрывы метановоздушных смесей могут вызывать разрушения и травмирование людей.

Высокие концентрации метана в приземном слое атмосферы приводят к вытеснению кислорода и удушью живых организмов. В свою очередь

данные выбросы нарушают газовый баланс в почвах и водоемах, вызывая гибель растений и животных.

Метан оказывает токсическое воздействие на микроорганизмы, участвующие в круговороте веществ в природе. Следовательно, происходит деградация и обеднение биоразнообразия в районе кратера.

2. Загрязнение атмосферного воздуха:

Помимо метана, из кратера также выделяются сероводород, углекислый газ, оксиды азота и другие вредные вещества. Концентрация загрязняющих веществ в воздухе вокруг кратера в 50-100 раз превышает допустимые нормы. Такое загрязнение воздуха негативно сказывается на здоровье людей, животных и растений в регионе. Токсичные газы вызывают раздражение дыхательных путей, отравления и другие негативные эффекты.

Также, в результате повышенных концентраций сернистых и азотистых соединений, выбрасываемых из кратера, на прилегающих территориях выпадают осадки в виде кислотных дождей и туманов.

Кислотные осадки оказывают разрушительное воздействие на растительность, почвы и водные экосистемы. Происходит закисление водоемов, гибель водных организмов, повреждение зданий и сооружений.

Помимо токсичных газов, из кратера выбрасываются твердые частицы (пыль, аэрозоли). Высокая запыленность воздуха снижает видимость, ухудшает дыхание, вызывает раздражение глаз. Мелкодисперсные частицы проникают глубоко в дыхательные пути, оказывая негативное влияние на здоровье.

Газообразные и твердые загрязняющие вещества из кратера переносятся ветрами на большие расстояния. Это приводит к загрязнению воздуха, почв и вод в соседних регионах и странах. Возникают международные экологические конфликты и необходимость совместных действий по ликвидации последствий.

Помимо метана, другие парниковые газы из кратера (CO_2 , N_2O) также способствуют глобальному потеплению. Аэрозольные частицы могут

оказывать как охлаждающее, так и нагревающее воздействие на климат в зависимости от их состава. Изменение климатических условий вызывает нарушение экологического баланса и деградацию экосистем.

3. Нарушение целостности экосистемы проявляется в деградации растительного покрова, ухудшение состояния почв, а также нарушение водных экосистем и трофических связей, что приводит к снижению биоразнообразия.

Так, высокие температуры (до 600°C) и токсичные газы в кратере делают невозможным существование живых организмов внутри него. В радиусе нескольких километров вокруг кратера наблюдается гибель растительности и животных.

Деградация растительного покрова:

- выбросы токсичных газов, кислотные осадки и повышенная запыленность воздуха приводят к гибели и угнетению растительности вокруг кратера;

- происходит изменение видового состава, снижение биоразнообразия и продуктивности растительных сообществ;

- нарушается структура и функционирование растительных экосистем.

Ухудшение состояния почв:

- загрязнение почв токсичными веществами, подкисление и засоление приводят к деградации почвенного покрова;

- снижается плодородие почв, нарушаются процессы почвообразования и круговорота веществ;

- Происходит разрушение почвенной структуры, гибель почвенной биоты и микроорганизмов.

Нарушение водных экосистем:

- загрязнение поверхностных и подземных вод токсичными соединениями, кислотами и метаном вызывает гибель водных организмов;

- происходит эвтрофикация водоемов, нарушение кислородного режима и изменение видового состава гидробионтов;

- ухудшается качество воды, что негативно сказывается на водопользовании и здоровье населения.

Нарушение трофических связей:

- гибель или угнетение отдельных компонентов экосистемы (растений, животных, микроорганизмов) приводит к разрыву трофических цепей;

- нарушается баланс между продуцентами, консументами и редуцентами, что вызывает дисбаланс в экосистеме;

- происходит упрощение структуры экосистемы, снижение ее устойчивости и способности к саморегуляции.

Комплексное негативное воздействие кратера "Врата ада" на различные компоненты экосистемы приводит к сокращению видового разнообразия. Исчезают или становятся редкими отдельные виды растений и животных, что нарушает целостность экосистемы. Снижение биоразнообразия ведет к ослаблению экосистемных функций и устойчивости к внешним воздействиям.

4. Риски взрыва:

Накопление метана в кратере создает риск взрыва, который может привести к катастрофическим последствиям. Взрыв может вызвать пожары, выбросы токсичных веществ, разрушение инфраструктуры и нанести серьезный ущерб окружающей среде.

5. Влияние на здоровье людей:

Вдыхание ядовитых газов, таких как сероводород, может вызывать отравления, респираторные заболевания и другие проблемы со здоровьем у местного населения. Высокие температуры и загрязнение воздуха также негативно сказываются на самочувствии людей.

Негативное влияние газового кратера "Врата ада" на здоровье населения проявляется в следующих заболеваниях:

– Респираторные заболевания:

Высокие концентрации токсичных газов, таких как сероводород, диоксид серы и оксиды азота, вызывают раздражение и воспаление дыхательных путей. Это может приводить к развитию хронических бронхитов, астмы, пневмоний и других респираторных заболеваний.

Мелкодисперсные частицы, выбрасываемые из кратера, также могут вызывать заболевания легких.

– Отравления и интоксикации:

Вдыхание высоких концентраций сероводорода, метана и других токсичных газов может вызывать острые отравления. Симптомы включают головокружение, тошноту, рвоту, нарушение сознания и даже летальный исход при сильных отравлениях.

Хроническое воздействие низких концентраций токсичных веществ может приводить к постепенному накоплению в организме и развитию хронических интоксикаций.

– Кожные заболевания:

Контакт с загрязненной почвой, водой или воздухом может вызывать раздражение, аллергические реакции и другие кожные заболевания.

Высокая концентрация сероводорода и других серосодержащих соединений может приводить к развитию дерматитов, экзем и других кожных патологий.

– Нарушения пищеварения:

Загрязнение питьевой воды и продуктов питания токсичными веществами может вызывать расстройства пищеварения, гастриты, колиты и другие заболевания желудочно-кишечного тракта.

Кислотные осадки, попадая в водоемы, могут накапливаться в водных организмах, представляющих опасность для здоровья при употреблении в пищу.

5. Онкологические заболевания:

Некоторые компоненты выбросов из кратера, такие как полициклические ароматические углеводороды, могут обладать канцерогенными свойствами.

Длительное воздействие этих веществ повышает риск развития различных форм онкологических заболеваний.

Помимо этого, негативное влияние кратера "Врата ада" на окружающую среду и экосистемы может косвенно сказываться на здоровье населения через ухудшение качества жизни, доступности чистой воды, продуктов питания и других ресурсов.

В целом, "Врата ада" представляют собой серьезную экологическую угрозу, требующую постоянного мониторинга, разработки мер по снижению выбросов и минимизации рисков для окружающей среды и здоровья людей.

Так, 7 января 2022 года Гурбангулы Бердымухамедов дал поручение вице-премьеру Шахиму Абрахманову, курирующему нефтегазовый комплекс, найти с помощью учёных способ потушить кратер, а при необходимости привлечь и зарубежных специалистов. Глава государства отметил, что сгорание огромного количества газа негативно сказывается на экологии и на здоровье проживающих рядом людей.

В результате исследований специалистами Научно-исследовательского института концерна «Туркменгаз» в июне 2023 г. был разработан проект по тушению газового кратера. Ученые утверждают, что наилучшим способом будет пробурить скважину рядом с кратером, чтобы отбирать газ сразу из нескольких пластов. Месторождение Дарваза имеет сложную структуру с множеством тонких слоев на глубине до одного километра. Поэтому ученые разработали проект, который позволит контролировать потоки газа и предотвращать его неуправляемый выброс в атмосферу.

Предложенный метод позволит отбирать больше газа, чем естественные стоки, и таким образом остановить горение. В настоящее время проект находится на стадии оценки и одобрения.

2.2 Анализ методик определения неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу и оценки экологического ущерба

Экологический ущерб от ЧС природного происхождения являются одними из наиболее сложно определяемых с методической точки зрения показателей. Для полной оценки ущерба от ЧС природного происхождения требуется привлечение данных с большого количества объектов.

Кроме того, определение ущерба носит конфликтный характер, поскольку затрагивает интересы различных субъектов экономики. Вследствие этого вопрос определения величины комплексного экономического ущерба всегда был трудно решаемым и долгое время не имел должного методического обеспечения.

На сегодняшний день разработано много методик оценки ущерба от природных опасностей. Наибольшее развитие получили методы оценки ущерба, вызванного аварийными ситуациями в техносфере. Большинство из разработанных методик являются авторскими и, прежде всего, относятся к опасным промышленным производствам. Наиболее подробные методики разработаны для аварий в нефтегазовой отрасли. В сфере природных рисков наиболее полно проработаны методы оценки ущерба от лесных пожаров и наводнений [2, 4, 9, 10, 12].

При эксплуатации объектов газовой промышленности неизбежно появляются неорганизованные утечки природного газа в атмосферу. Природный газ содержит в своем составе парниковый газ – метан (более 95

%). Причиной возникновения утечек является ухудшение технического состояния, разгерметизация газопроводов и технологического оборудования вследствие продолжительного срока их эксплуатации. Места появления утечек могут быть различными – как правило, это разъемные фланцевые или резьбовые соединения. С большой долей вероятности утечки появляются по штоку в месте сальникового уплотнения запорно-регулирующей арматуры [6].

Утечки также могут появиться при повреждении оборудования из-за коррозии. Коррозионные повреждения становятся источником утечки при появлении сквозного отверстия. Трещины на сварных швах также могут стать источником утечек.

Следовательно, для обнаружения и измерения эмиссии метана применяются различные средства: измерители концентрации метана, термоанемометры, приборы для измерения концентрации метана и расхода газового потока, дистанционный лазерный детектор метана, приборы для измерения концентрации метана и объема утечки – инфракрасные камеры.

В последнее время опубликованы научные работы, в которых рассматриваются способы обнаружения и мониторинга утечек метана на объектах, использующих в своих технологических сетях метан.

К основным методикам определения неорганизованных выбросов природного газа относятся [2, 4]:

1. Прямые методы измерения:

- использование переносных газоанализаторов для точечных измерений концентраций метана;
- применение камер-накопителей для измерения потоков выбросов с локальных источников;
- аэрометрические методы с использованием беспилотных летательных аппаратов или самолетов для картирования утечек.

2. Косвенные методы оценки:

- расчетные методики на основе данных об оборудовании, технологических процессах, нормативах утечек;
- использование коэффициентов выбросов, разработанных на основе статистических данных;
- применение инверсионных моделей рассеивания для оценки выбросов по данным атмосферных измерений.

Проведенный анализ методик показывают, что актуальной является задача количественного определения объема утечек природного газа в атмосферу через негерметичные узлы для повышения эффективности работ по снижению эмиссии парникового газа – метана – в окружающую среду.

Так, в исследованиях Байкова И. Р. и др. [4] приведены результаты разработки методики учета эмиссии метана с применением дистанционного лазерного детектора метана. В работе применялся портативный лазерный детектор метана Laser methan mini.

Положительной функцией лазерного детектора метана является измерение линейной концентрации метана в области утечки ($\text{ppm} \cdot \text{м}$), т. е. концентрации метана на толщину облака утечки. Это и даст возможность перевести линейную концентрацию метана в количественную величину объема утечки с приемлемой точностью по специально разработанным аналитическим зависимостям.

На рисунке 2.1 приведено изображение, иллюстрирующий общий вид экспериментальной установки, собранной для моделирования утечек и измерения их объема струйным счетчиком расхода газа.

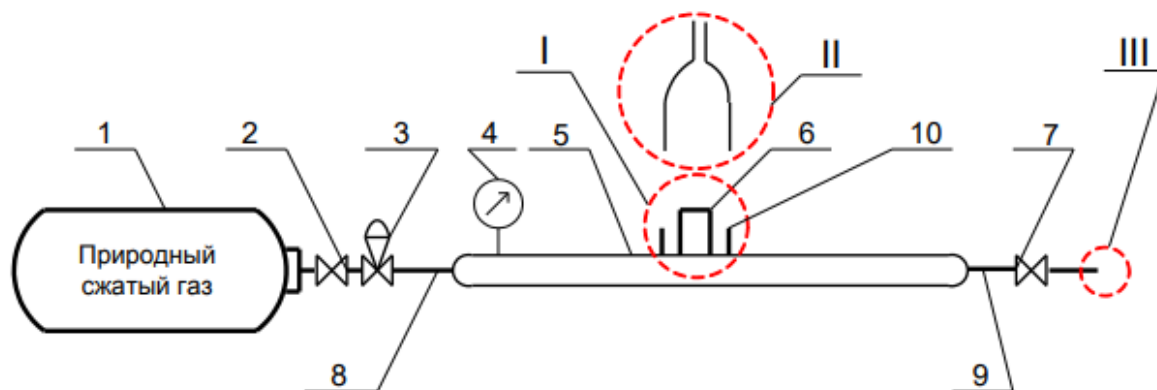


Рисунок 2.1 – Схема экспериментальной установки:

1 – баллон со сжатым газом $P=25,0$ МПа; 2 – вентиль $P=25,0$ МПа; 3 – редуктор газовый $P_{вх}=25,0$ МПа, $P_{вых}=0-0,1$ МПа; 4 – манометр образцовый; 5 – имитация участка газопровода ($DN100$, $L=2,0$ м; $P=10,0$ МПа); 6 – бобышка со сменной пробкой; 7 – вентиль $P=10,0$ МПа; 8 – армированный резиновый шланг $P=0,1$ МПа, $L=2,0$ м; 9 – трубка $1/2"$, $L=0,15$ м, $P=10,0$ МПа; 10 – наружная бобышка $4"$. I – узел моделирования утечек газа; II – кожух для подачи газа на счетчик; III – штуцер для сброса остаточного давления газа в стенде

Таким образом, разработанная методика применима для газов с любым компонентным составом, главное, чтобы в газе присутствовал метан, т. к. прибор предназначен только для обнаружения метана в метаносодержащих газах.

Программа позволяет пересчитать измеренные значения линейной концентрации метана в области утечки с использованием данных по компонентному составу газа с учетом плотности газа и давления в источнике в суммарный расход газа с утечкой в объемном или массовом выражении. Также выводятся сведения по расходу газа с утечкой отдельно по компонентам газа.

Технологические потери природного газа и сниженного природного газа (СНГ) определяют за отчетный период (календарные сутки/месяц/квартал/полугодие/год) отдельно для каждого технологического процесса или установки/оборудования и в целом по объекту как сумму всех потерь расчетным методом или по показаниям счетчиков/расходомеров газа.

Процедура оценки экологического риска проводится на основании существующих научных и статистических показателей о значимых, с точки зрения воздействия на окружающую среду, событиях, бедствиях, о вкладе в экологическую и санитарно-гигиеническую обстановку населенных

пунктов, о влиянии загрязнения природной среды на состояние экосистем и др [13].

Экологический риск может быть оценен как вероятность наступления неблагоприятного для природной среды события, например загрязнения атмосферы, удобная для сравнения рисков для одного объекта от различных событий или для различных объектов в типовых условиях функционирования (деятельности) [14].

Вторым возможным вариантом оценки экологического риска, оказываемого предприятием или явлением тому или иному элементу окружающей среды, может быть ущерб, выраженный в денежном эквиваленте. Эколого-экономический ущерб представляет собой денежную оценку отрицательных изменений в окружающей среде в результате её загрязнения, в снижении качества и количества природных ресурсов, а также вероятных последствий таких изменений [13].

Оценка экологического ущерба от неорганизованных выбросов природного газа включает в себя [10]:

1. Расчет прямого ущерба включает в себя:

- оценку потерь природного газа как ценного энергетического ресурса;
- определение затрат на ликвидацию утечек и восстановление поврежденных объектов.

Под прямым ущербом в результате ЧС природного происхождения понимаются потери и убытки всех представляющих интерес для жизнедеятельности человека объектов, которые попали в зону действия поражающих и вредных факторов опасного явления.

Прямой ущерб связан с мгновенными проявлениями последствий в зоне ЧС и включает в себя:

- ущерб, причиненный жизни и здоровью конкретных людей (медико-биологический);

– ущерб социально-экономической системе (социально-экономический);

– ущерб государству (социально-политический);

– ущерб, причиненный природной среде (экологический).

Таким образом, прямой экологический ущерб, $P_{\text{экол}}$, можно определить как сумму ущербов от каждого вида загрязнения в соответствии с формулой 2.1:

$$P_{\text{экол}} = Э_{\text{а}} + Э_{\text{в}} + Э_{\text{п}} + Э_{\text{б}} + Э_{\text{о}}, \quad (2.1)$$

где:

$Э_{\text{а}}$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.;

$Э_{\text{в}}$ – ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб.;

$Э_{\text{п}}$ – ущерб от загрязнения почвы, руб.;

$Э_{\text{б}}$ – ущерб, связанный с уничтожением биологических (в том числе лесных массивов) ресурсов, руб.;

$Э_{\text{о}}$ – ущерб от засорения (повреждения) территории обломками (осколками) зданий, сооружений, оборудования и т.д., руб.

Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха, $Э_{\text{а}}$, как правило, определяется исходя из массы загрязняющих веществ, рассеивающихся в атмосфере. Масса загрязняющих веществ находится расчетным или экспертным путем по действующим методикам.

Ущерб от загрязнения водных ресурсов, $Э_{\text{в}}$, рекомендуется определять суммированием ущерба от изменения качества воды и размера потерь, связанных со снижением его биопродуктивности. Ущерб от изменения качества воды оценивается на основании утвержденных нормативных документов.

Размер потерь, связанных со снижением биопродуктивности водного объекта, можно определять на основе непосредственного обследования биологических ресурсов, экспертной оценки стоимости снижения

биологической продуктивности с учетом нормативно-методических документов.

Ущерб от загрязнения почвы, $\mathcal{E}_n$, рекомендуется определять на основе утвержденных указаний в соответствии с порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами и экспертной оценки стоимости потерь, связанных с деградацией земель в результате вредного воздействия.

Размер взыскания за ущерб, связанный с уничтожением биологических ресурсов, $\mathcal{E}_6$, как правило, определяется соответственно инструкциям, методикам и таксам.

Величину ущерба от засорения территории обломками, $\mathcal{E}_o$, рекомендуется определять в размере платежа за размещение отходов на не отведенной для этой цели территории в соответствии с инструктивно-методическими указаниями по взиманию платы за загрязнение окружающей среды.

2. Оценку косвенного ущерба, включающая в себя:

- расчет вреда здоровью населения, проживающего вблизи источников выбросов;
- определение ущерба растительному и животному миру, почвам, водным объектам;
- учет вклада в парниковый эффект и изменение климата.

Косвенный ущерб от ЧС природного происхождения составляют потери, убытки, дополнительные затраты, которые несут объекты экономики, не попавшие в зону действия негативных факторов опасного явления и вызванные нарушениями и изменениями в сложившейся структуре хозяйственных связей, инфраструктуре, а также потери (дополнительные затраты), вызванные необходимостью проведения отдельных мероприятий по ликвидации последствий стихийного бедствия или аварии [7].

Косвенный ущерб связан со снижением производительности в различных секторах экономики на территории ЧС и в прилегающих регионах. Данная составляющая ущерба может проявляться как непосредственно после ЧС, так и на протяжении некоторого периода времени (несколько лет). В общем случае можно выделить следующие составляющие:

- снижение производства продукции;
- снижение производительности в сфере услуг;
- дополнительные затраты в социальной сфере и отдельных отраслях экономики;
- снижение налоговых поступлений на территории ЧС.

Косвенный ущерб может быть оценен как разность между доходами от производства товаров и услуг до ЧС и после нее минус дополнительные затраты, возникшие в период ликвидации последствий и восстановления [5].

Косвенный отдалённый (вторичный) ущерб имеет более сложную природу и является результатом реагирования всей системы социально-экономических отношений в стране на воздействие природной ЧС.

Необходимо подчеркнуть, что данная составляющая не является простой суммой прямого и косвенного ущерба. Ущерб от вторичных эффектов – это разность между стоимостной оценкой потерь во всех секторах экономики и дополнительным доходом в отдельных сферах деятельности [5].

Обычно макроэкономические последствия природной ЧС проявляются в течение пяти лет и могут включать следующие составляющие:

- изменение темпов роста (падения) валового внутреннего продукта;
- изменение структуры импортно-экспортных операций;
- снижение объемов налоговых поступлений;
- влияние на рынок рабочей силы и т.д.

Независимо от методологии оценки составляющих ущерба можно выделить три основных типа задач, возникающих при оценке экономических последствий природных ЧС:

- 1) прогноз ущерба для гипотетических природных ЧС;
- 2) экспресс-оценка прямого ущерба непосредственно после ЧС;
- 3) оценка всех составляющих ущерба на основе реальных данных после окончания фазы ликвидации последствий ЧС.

Первая задача направлена на оценку всех составляющих ущерба, включая долговременные последствия. Ее решение осуществляется в рамках имитационного моделирования для заданного набора сценариев развития природной ЧС (вид ЧС, наиболее вероятное развитие, наиболее тяжелые последствия и прочее).

Экспресс-оценка необходима для определения объема финансовых средств для ликвидации последствий ЧС, а последняя задача решается для оценки макроэкономических последствий, в том числе региональных. Результаты оценки в рамках третьей задачи представляют интерес для анализа и прогнозирования ущербов в аналогичных ситуациях в будущем [7].

3. Комплексную оценку, состоящей из:

- интегральной оценки экономического, социального и экологического ущерба;
- использования методов экономической оценки эко-системных услуг;
- применения нормативно-правовых механизмов возмещения вреда окружающей среде.

К основным ограничениям и сложностям применения данных методик является:

- высокая пространственная и временная изменчивость неорганизованных выбросов;
- необходимость учета множества факторов, влияющих на выбросы;

- ограниченность данных мониторинга и сложность верификации результатов;

- отсутствие унифицированных методик и недостаточная нормативно-правовая база.

Следовательно, комплексное применение различных методик, сочетание прямых и косвенных оценок, а также совершенствование нормативно-методического обеспечения позволяет повысить достоверность определения неорганизованных выбросов природного газа и оценки экологического ущерба.

Для определения неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу можно предложить следующую модификацию методики:

1. Использование дистанционных методов:

- применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) с газоанализаторами для дистанционного мониторинга выбросов;

- использование спутниковых данных и гиперспектральной съемки для выявления утечек природного газа.

2. Комбинированный подход:

- сочетание дистанционных методов с наземными измерениями для повышения точности и достоверности данных;

- установка стационарных газоанализаторов в местах предполагаемых утечек для непрерывного мониторинга.

3. Детальная инвентаризация источников:

- проведение тщательной инвентаризации всех потенциальных источников неорганизованных выбросов (трубопроводы, оборудование, резервуары и т.д.);

- создание базы данных с характеристиками и местоположением источников.

4. Моделирование и прогнозирование:

- разработка математических моделей для расчета объемов неорганизованных выбросов с учетом технических характеристик оборудования, метеорологических условий и других факторов;

- использование моделей для прогнозирования и предупреждения о возможных утечках.

5. Интеграция с системами управления:

- интеграция данных мониторинга неорганизованных выбросов в общие системы управления природоохранной деятельностью предприятий;

- использование полученной информации для принятия своевременных решений по предотвращению и устранению утечек.

6. Повышение чувствительности измерений:

- применение высокочувствительных газоанализаторов, способных фиксировать даже незначительные концентрации метана и других компонентов природного газа;

- использование новых технологий, таких как лазерная спектроскопия, для повышения точности измерений.

7. Международная стандартизация:

- гармонизация методик определения неорганизованных выбросов с международными стандартами и рекомендациями;

- обмен опытом и данными между странами для совершенствования методов мониторинга.

Предложенная модификация методики позволит повысить эффективность выявления и количественной оценки неорганизованных выбросов природного газа, что в свою очередь будет способствовать улучшению экологической безопасности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

2.3 Проведение оценки экологического ущерба от газового кратера «Врата ада» посредством адаптированной методики

Оценка экологического ущерба от газового кратера "Врата ада" включает в себя следующие основные аспекты:

1. Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха:

Согласно исследованиям, кратер ежегодно выделяет около 12-13 тысяч тонн метана. Метан является одним из основных парниковых газов, его глобальный потенциал глобального потепления (ПГП) в 100-летней перспективе составляет 28-34 [1].

Следовательно, ежегодный эквивалент выбросов в CO_2 составляет около 336-442 тысяч тонн.

Согласно расчетам, за 50 лет существования кратера (1971-2021 гг.) его суммарные выбросы в эквиваленте CO_2 составили около 16,8-22,1 млн тонн [17].

Это соответствует выбросам около 3,5-4,6 млн легковых автомобилей за тот же период. Такой объем парниковых газов вносит значимый вклад в ускорение глобального потепления и изменение климата на региональном уровне.

Экологические последствия:

- Деградация и нарушение экосистем в непосредственной близости от кратера.
- Возможное загрязнение воздуха, почв и вод в результате выбросов.
- Ухудшение условий жизни местного населения.
- Необходимость принятия мер по ликвидации или консервации кратера.

Таким образом, газовый кратер «Врата ада» оказывает существенное негативное влияние на климат и окружающую среду в результате многолетних выбросов парниковых газов. Для минимизации экологического ущерба требуется разработка и реализация комплексных мер по ликвидации

или консервации этого объекта. Совокупный экологический ущерб от влияния на климат и атмосферу оценивается в сотни миллионов долларов в год.

2. Ущерб экосистемам и биоразнообразию:

Выбросы метана, сероводорода и других газов приводят к угнетению и деградации растительности в радиусе около 1 км от кратера. Происходит замещение естественных видов растений более устойчивыми к загрязнению. Общая площадь нарушенных земель оценивается в 3-5 км².

Выбросы газов вызывают гибель и вытеснение животных из ареалов обитания вблизи кратера. Нарушение кормовой базы и мест гнездования птиц, убежищ мелких млекопитающих.

Вероятно сокращение численности и ареалов распространения редких и эндемичных видов.

Гибель растительности и животных в радиусе нескольких километров вокруг кратера приводит к нарушению экологических связей и деградации экосистем.

Согласно экспертным оценкам, в радиусе 1-2 км от кратера произошло сокращение видового разнообразия на 30-50%. Под угрозой находятся популяции редких видов, занесенных в Красные книги Туркменистана и МСОП [1].

Исчезновение редких и эндемичных видов флоры и фауны наносит невосполнимый ущерб биоразнообразию региона. Общий ущерб биоразнообразию оценивается как значительный, учитывая уникальность и ранимость пустынных экосистем. Экономическая оценка ущерба экосистемам и биоразнообразию сложна, но может достигать десятков миллионов долларов.

Долгосрочные последствия:

- деградация и трансформация естественных экосистем в техногенные ландшафты;
- нарушение экологических связей и функций экосистем;

- риск исчезновения редких и эндемичных видов флоры и фауны;
- снижение общей устойчивости и продуктивности экосистем.

Таким образом, газовый кратер «Врата ада» оказывает значительное негативное воздействие на экосистемы и биоразнообразие в прилегающих районах. Для минимизации ущерба необходимы меры восстановлению нарушенных территорий.

3. Ущерб здоровью населения:

Основные вещества, выделяемые из кратера: метан, углекислый газ, сероводород, другие летучие соединения, концентрации которых снижаются с увеличением расстояния от кратера.

Жители ближайших населенных пунктов (в радиусе 5-10 км) подвергаются постоянному воздействию загрязненного воздуха.

Возможны негативные эффекты для органов дыхания, пищеварения, кожных покровов. Повышенный риск развития хронических заболеваний, аллергических реакций, отравлений. Особую опасность представляет сероводород, который в высоких концентрациях токсичен для человека.

Загрязнение воздуха токсичными газами повышает заболеваемость и смертность среди местного населения. Расходы на медицинское обслуживание, связанное с последствиями загрязнения, могут составлять миллионы долларов ежегодно. Кроме того, существуют трудности в оценке нематериального ущерба здоровью и качеству жизни людей.

Оценка численности населения под воздействием:

В непосредственной близости от кратера (в радиусе 5 км) проживает около 2-3 тыс. человек. Еще около 10-15 тыс. человек проживают в населенных пунктах в радиусе 5-10 км.

Таким образом, под прямым воздействием загрязненного воздуха находится 12-18 тыс. человек.

Экономический ущерб для здоровья:

- увеличение расходов на медицинское обслуживание, лечение заболеваний;

- снижение производительности труда, потери рабочего времени;
- сокращение продолжительности и качества жизни населения.

Долгосрочные последствия:

- ухудшение демографической ситуации, рост заболеваемости;
- риск развития хронических заболеваний у детей и подростков;
- возможное сокращение продолжительности жизни местного населения.

Таким образом, газовый кратер «Врата ада» оказывает значительное негативное воздействие на здоровье и качество жизни населения, проживающего в непосредственной близости. Для минимизации ущерба требуется комплекс мер оказанию медицинской помощи пострадавшим.

4. Риски техногенных катастроф:

Постоянные выбросы метана, сероводорода и других газов создают высокий риск взрывов и пожаров. Возможно внезапное расширение размеров кратера или образование новых трещин с выбросами газов. Риск загрязнения подземных вод и почв в результате утечек и просачивания газов.

Возможный взрыв кратера может привести к катастрофическим последствиям, включая пожары, разрушение инфраструктуры и экосистем. Ущерб от такой потенциальной катастрофы сложно оценить, но он может исчисляться сотнями миллионов или даже миллиардами долларов.

Потенциальные масштабы катастроф:

- в случае взрыва или пожара возможно повреждение или разрушение близлежащих населенных пунктов;
- загрязнение подземных вод может привести к отравлению источников питьевого водоснабжения;
- расширение кратера может привести к разрушению инфраструктуры и транспортных коммуникаций.

В радиусе 10-15 км от кратера проживает около 15-20 тыс. человек. Под непосредственной угрозой находятся жители ближайших поселений (2-

3 тыс. человек). Риску загрязнения питьевых вод подвержены десятки тысяч человек, использующих подземные источники.

Экономический ущерб от возможных катастроф:

- затраты на ликвидацию последствий взрывов, пожаров, загрязнений;
- восстановление разрушенной инфраструктуры и жилья;
- компенсации пострадавшим, выплаты по страховым случаям;
- потери от простоя производств, транспортных коммуникаций.

К долгосрочным экологическим последствиям можно отнести загрязнение и деградация почв, подземных и поверхностных вод; нарушение экосистем, сокращение биоразнообразия, а также ухудшение условий проживания и хозяйственной деятельности.

Таким образом, газовый кратер «Врата ада» представляет высокий риск возникновения техногенных катастроф, способных нанести значительный экологический и экономический ущерб. Для снижения рисков необходимы постоянный мониторинг, разработка планов реагирования на чрезвычайные ситуации, а также принятие мер по ликвидации или консервации кратера.

На основании проведенной оценки можно утверждать что, суммарный экологический ущерб от газового кратера "Врата ада" оценивается в сотни миллионов долларов в год, не считая потенциальных катастрофических рисков. Это делает необходимым принятие срочных мер по минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

К мероприятиям по снижению негативного воздействия газового кратера "Врата ада" можно отнести:

1. Мониторинг и оценка рисков, который предполагает регулярный мониторинг состояния кратера, выбросов газов, изменений в окружающей среде, а также оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, прогнозирование возможных сценариев. Немаловажным фактором будет создание системы раннего предупреждения и оповещения населения.

2. Ликвидация или консервация кратера путем разработки технических решений по ликвидации или консервации кратера. Проведение работ по бурению скважин для отвода газов, установка факелов для их сжигания, и засыпка кратера инертными материалами для изоляции выбросов.

3. Защита населения и окружающей среды посредством переселения жителей из зоны повышенного риска; строительство защитных сооружений (дамб, экранов) для предотвращения распространения загрязнений, а также проведение работ по очистке почв и вод от загрязнений, рекультивация нарушенных земель.

4. Организация медицинского наблюдения и оказания помощи жителям, пострадавшим от воздействия газов. Необходимо создание запасов лекарственных средств, средств индивидуальной защиты, а также проведение профилактических мероприятий, санитарно-просветительская работа.

5. Проведение мероприятий по компенсации ущерба и восстановление путем оценки экономического ущерба для населения и окружающей среды. Производство выплат компенсаций пострадавшим, возмещение затрат на ликвидацию последствий, восстановление разрушенной инфраструктуры, объектов жилищно-коммунального хозяйства.

6. Проведение активных работ в области международного сотрудничества с целью:

- привлечения международной помощи и экспертизы для решения проблемы;
- обмена опытом и технологиями с другими странами, сталкивающимися с подобными проблемами;
- координации действий по мониторингу и ликвидации последствий.

Реализация комплекса представленных мероприятий позволит минимизировать негативное воздействие газового кратера "Врата ада" на здоровье населения и окружающую среду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе было проведено исследование методик оценки экологического ущерба от естественного загрязнения, на основании которого была проведена оценка экологического ущерба от воздействия газового кратера «Врата ада» на окружающую среду.

На основании анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Естественные загрязнения – это вещества, соединения и материалы, поступающие в окружающую среду в результате природных процессов, без прямого или косвенного вмешательства человека. Они являются частью естественного круговорота веществ в природе и не связаны с хозяйственной деятельностью человека.

К основным источникам естественных загрязнений относятся: вулканическая активность, эрозия и выветривание горных пород, лесные пожары, биологические процессы (разложение органики, выделения живых организмов), космическое излучение, природные радиоактивные источники.

Классификация видов естественных загрязнений:

- химические загрязнения (тяжелые металлы, органические соединения, минеральные вещества);
- физические загрязнения (радиоактивное излучение, тепловое загрязнение);
- биологические загрязнения (патогенные микроорганизмы, вирусы, споры грибов);
- пылевые загрязнения (минеральная пыль, споры растений, пепел).

К особенностям естественных загрязнений можно отнести непрерывность и цикличность поступления в окружающую среду; пространственную и временную изменчивость концентраций; взаимосвязь с природными процессами и явлениями; способность к самоочищению и саморегуляции экосистем.

Анализ литературных данных свидетельствует, что природные естественные загрязнения принимают участие в биохимических циклах, что влияет на формирование и развитие природных сред. Таким образом, естественные загрязнения поддерживают динамическое равновесие в экосистемах.

Понимание теоретических основ естественных загрязнений является важной базой для разработки эффективных подходов к их нормированию, регулированию и снижению воздействия на окружающую среду

2. Современные методы мониторингового контроля состояния окружающей среды включают систему показателей контроля атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы. На основании данных экологического мониторинга моделируются процессы и оцениваются уровни загрязнений экосистем.

Контроль состояния среды включает наблюдение за источниками и факторами воздействия (в том числе источниками загрязнений, излучений и т. п.) – химическими, физическими, биологическими и за последствиями, вызываемыми этими воздействиями на окружающую среду.

Для мониторинга и контроля за естественными загрязнениями окружающей среды используются следующие основные методы:

- Наблюдение и мониторинг;
- Моделирование и прогнозирование;
- Проведение оценки экологического ущерба;
- Нормирование и регулирование;
- Применение технологий снижения воздействия.

Комплексное применение описанных методов позволяет осуществлять эффективный мониторинг и контроль за естественными загрязнениями, минимизируя их негативное воздействие на окружающую среду.

3. В работе был исследован газовый кратер «Врата ада», расположенный в Дарвазе, в 270 км от Ашхабада, столицы Туркменистана, в северном направлении.

Специфика воздействия газового кратера "Врата ада" (Дарвазский кратер) на окружающую среду характеризуется следующими ключевыми факторами:

– Состав выбрасываемых газов:

Основным компонентом являются метан (CH_4) и углекислый газ (CO_2). Также присутствуют небольшие количества сероводорода (H_2S) и других летучих соединений.

– Интенсивность газовыделения:

Кратер непрерывно выделяет газы с высокой скоростью, образуя постоянный факел пламени. Оценочный объем выбросов составляет около 10 000 м³ в сутки.

– Влияние на атмосферу:

Выброс метана и CO_2 приводит к локальному повышению концентраций парниковых газов. Возможно образование кислотных осадков из-за присутствия сероводорода.

– Воздействие на наземные экосистемы:

Высокая концентрация метана и CO_2 вызывает гибель растительности и животных вокруг кратера. Происходит изменение видового состава и структуры экосистем.

– Влияние на водные объекты:

Загрязнение поверхностных и подземных вод за счет миграции газов и растворенных веществ. Возможно загрязнение водных экосистем сероводородом.

– Геологические последствия:

Постоянное выделение газов приводит к образованию воронок и провалов грунта. Возможны активизация тектонических процессов и сейсмическая активность.

– Риски для человека:

Высокая концентрация метана и CO_2 создает угрозу для здоровья и жизни людей в непосредственной близости от кратера. Возможны отравления сероводородом и другими токсичными газами.

Ключевыми факторами, определяющими специфику воздействия "Врат ада" на окружающую среду, являются постоянный и интенсивный характер газовыделения, а также опасный состав выбрасываемых веществ. Это приводит к значительным нарушениям экосистем, загрязнению компонентов окружающей среды и представляет серьезную угрозу для здоровья человека.

4. К основным методикам определения неорганизованных выбросов природного газа относятся прямые и косвенные методы измерения, а также комплексная оценка.

На основании детального анализа данных методик, изучение их специфики, нами была предложена модификация методики для определения неорганизованных выбросов природного газа в атмосферу. Такая адаптированная модификация включает в себя:

- использование дистанционных методов;
- комбинированный подход;
- детальная инвентаризация источников;
- моделирование и прогнозирование;
- интеграция с системами управления;
- повышение чувствительности измерений;
- международная стандартизация.

Предложенная модификация методики позволит повысить эффективность выявления и количественной оценки неорганизованных выбросов природного газа, что в свою очередь будет способствовать улучшению экологической безопасности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

5. Проведение оценки экологического ущерба от газового кратера "Врата ада" включало в себя следующие основные аспекты:

- исследование ущерба климату и атмосфере;
- выявление ущерба экосистемам и биоразнообразию;
- ущерб здоровью населения;
- определение рисков техногенных катастроф.

Было выявлены высокие риски возникновения техногенных катастроф, способных нанести значительный экологический и экономический ущерб. Выбросы загрязняющих веществ, в том числе метана, существенно влияют на климат и окружающую среду в результате многолетних выбросов парниковых газов.

Установлено, что газовый кратер «Врата ада» оказывает значительное негативное воздействие на здоровье и качество жизни населения, проживающего в непосредственной близости, а также оказывает значительное негативное воздействие на экосистемы и биоразнообразие в прилегающих районах.

На основании проведенной оценки можно утверждать что, суммарный экологический ущерб от газового кратера "Врата ада" оценивается в сотни миллионов долларов в год, не считая потенциальных катастрофических рисков. Для минимизации экологического ущерба требуется разработка и реализация комплексных мер по ликвидации или консервации этого объекта.

В работе также были представлены мероприятия по снижению негативного воздействия газового кратера "Врата ада", включающие в себя: мониторинг и оценка рисков; ликвидацию или консервацию кратера; защиту населения посредством их переселения и строительства защитных сооружений; организацию медицинского наблюдения и оказания помощи жителям; проведение активных работ в области международного сотрудничества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаханянц, О. Е. Физико-географическая характеристика пастбищных территорий Северного Дарваза [Текст] / О. Е. Агаханянц. – Л.: Сталинабад, 1949. – 569 с. ; ил., табл., 22 см. – Библиогр.: с. 123-126. – ISBN 5-339-00697-2: 14.00.
2. Акопова, Г. С. Методические основы определения и нормирования технологических потерь природного газа на объектах малотоннажного производства и потребления СПГ [Текст] / Г. С. Акопова, В. В. Голушко, Е. В. Дорохова // Охрана окружающей среды, энергосбережение и охрана труда в нефтегазовом комплексе. – Москва, 2015. – С. 77–87. – Библиогр.: С. 79–81.
3. Андрияшина, Т. В. Воздействие радиоактивного загрязнения на окружающую среду [Текст] / Т. В. Андрияшина, Н. В. Шильникова // Вестник Казанского технологического университета. – Казань, 2011. – С. 39–44. – Библиогр.: с. 43–44.
4. Байков, И. Р. Разработка методики определения неорганизованных выбросов природного газа [Текст] / И. Р. Байков, С. В. Китаев, А. М. Шаммазов, Г. И. Зубаилов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск, 2022. – С. 71–80. – Библиогр.: с. 71–73.
5. Безбородова, О. Е. Оценка экономического ущерба от аварий на опасном производственном объекте: Методические указания к практическим занятиям по курсу «Управление техносферной безопасностью» [Текст] / О. Е. Безбородова. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2014. – 24 с. ; ил., табл., 21 см. – Библиогр.: с. 14–16. – ISBN 65.012.8:338.45.
6. Богоявленский, В. И. Катастрофа на Кумжинском газоконденсатном месторождении: причины, результаты, пути устранения последствий [Текст]

/ В. И. Богоявленский, С. О. Перекалин, В. М. Бойчук, Т. Н. Каргина // Арктика: экология и экономика, 2017. – С. 32–46. – Библиогр.: С. 38–39.

7. Богоявленский, В. И. Природные и техногенные угрозы при освоении месторождений горючих ископаемых в криолитосфере Земли [Текст] / В. И. Богоявленский // Научные исследования: Горная промышленность. – Москва, 2020. – С. 97–118. – Библиогр.: с. 107–110.

8. Вронский, В. А. Экология и окружающая среда [Текст] / В.А. Вронский. – Ростов-на-Дону: Феникс; 2009. – 428 с. ; ил., табл., 21 см. – Библиогр. : с. 245-246. – 500 экз. – 978-5-222-16112-8.

9. Горленко, Н. В. Сравнительная оценка экологического ущерба от загрязнения атмосферы при разработке нефтегазоносных месторождений [Текст] / Н. В. Горленко, М. А. Мурзин, С. С. Тимофеева // Московский экономический журнал: Экология и природопользование – Москва, 2020. – С. 82–89. – Библиогр.: С. 84–85.

10. Житенева, М. И. Оценка экологического ущерба от загрязнения окружающей среды [Текст] / М. И. Житенева // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – Санкт-Петербург, 2013. – С. 92–95. – Библиогр.: С. 92–93.

11. Замалетдинов, Р. И. Экологический контроль и мониторинг [Текст] / Р. И. Замалетдинов, Р. Р. Мингалиев ; Казанский Федеральный университет институт управления, экономики и финансов. – Казань: КФУ, 2023. – 148. ; ил., табл., 22 см. – Библиогр.: с. 19–26.

12. Иванов, А. Н. Методический инструментарий экономической оценки экологических последствий при освоении ресурсов недр [Текст] : дис. ... канд. эконом. наук : 08.00.05 : защищена 22.01.20 : утв. 15.07.20 / Игнатьева Маргарита Николаевна. – Екатеринбург, 2020. – 202 с. – Библиогр. : с. 58-74. – 551.576.551.521.3

13. Медведева, О. Е. Методологические проблемы стоимостной оценки экологического ущерба в России [Текст] / О. Е. Медведева, М. А. Вакула // Правовые проблемы возмещения вреда, причиненного

окружающей среде: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Москва, 2017. – С. 27–30. – Библиогр.: с. 28–29.

14. Мурзин, М. А. Горные предприятия как источник экологических рисков [Текст] / М. А. Мурзин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Тюмень, 2016. – С. 374–383. – Библиогр.: С. 377–379.

15. Салихов, Ф. С. Влияние вулканизма на формирование красноцветных меденосных отложений юго-западного Дарваза [Текст] / Ф. С. Салихов // Доклады академии наук Республики Таджикистан. – Республика Таджикистан, 2015. – С. 941–946. – Библиогр.: с. 942–944.

16. Сергеева, И. В. Экологический мониторинг среды: краткий курс лекций для аспирантов 3 года обучения направления подготовки 05.06.01 Науки о земле профиль подготовки «Экология» [Текст] / И. В. Сергеева. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. – 120 с. ; 22 см. – Библиогр.: с. 25–27. – ISBN 574- 2808.

17. Халмухаммедова, Л. Несгораемый огонь Дарваза [Текст] / Л. Халмухаммедова, Ю. Кулиева // Сборник материалов II Международных VIII Республиканских студенческих чтений, 4 октября 2019 г.: Диалог языков и культур. – Республика Таджикистан, 2019. – С. 161–164. – Библиогр.: с. 161–162.

18. Чумаковский, Н. Н. Основы общей экологии [Текст] / Н. Н. Чумаковский, П. Н. Рыбалкин, С. Б. Криворотов ; М-во образования Рос. Федерации. Куб. гос. ун-т. – Краснодар : КубГУ, КНИИСХ, 2002. – 220 с. ; 20 см. – Библиогр. : с. 128-129. – 120 экз. – ISBN 5-8209-0003-0.

19. Шавеева, З. А. Актуальные вопросы в сфере возмещения вреда, причиненного окружающей среде [Текст] / З. А. Шавеева // Правовые проблемы возмещения вреда, причиненного окружающей среде: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Москва, 2017. – С. 46–48. – Библиогр.: с. 47.

20. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба [Электронный ресурс]. – Москва, 1999. – Режим доступа URL:

<http://esp.iwp.ru/Download/02/Методика%20опред.%20предовр.%20экол.%20ущерба.pdf> (дата обращения 20.05.2024).

21. Российская Федерация. Приказы. Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением [Текст] : приказ : [Министр природных ресурсов и экологии РФ 1 января 2021 г. : утв. приказом Минприроды России 30 июля 2020 г.]. – [№ 61430]. – М. [2020]. – 78, [1] с. ; 20 см. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL:

<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74948136/?ysclid=lwgfpxhsm1352153206> (дата обращения 20.05.2024).

22. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 20 декабря 2001 г. : одобр. Советом Федерации 26 декабря 2001 г.]. – [2-е изд.]. – М. : Кнорус, [2011]. – 62, [1] с. ; 20 см. – (Актуальный закон). – ISBN 978-5-406-01448-6.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Рисунок А.1 – Горящий газовый кратер Дарваза в Туркменистане
(автор фото – Тормод Сандторв)



Рисунок А.2 – Географическое расположение газового кратера Дарваза