

УДК 389.17:006

© Полянский В.И., Чертов Е.А., Сова А.Н., Краснобаев Ю.Л.
Polyanskiy V., Chertov E., Sova A., Krasnobaev Y.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ АНАЛИЗА АВАРИЙ И КАТАСТРОФ

METHODOLOGY TO EVALUATE THE ENVIRONMENTAL SPACE-ROCKET COMPLEXES FOR ADVANCED ROCKETS BASED ON THE ANALYSIS OF EMERGENCY AND CATASTROPHE

Аннотация. В статье проанализирована необходимость оценки экологичности при проектировании ракетно-космических комплексов, обозначены приоритетные направления деятельности по обеспечению экологической безопасности на ракетно-космических комплексах и предложена методика оценки экологичности, позволяющая в полной мере учесть влияние на экологичность территориального размещения наземной космической инфраструктуры для перспективных ракет-носителей с учетом анализа аварий и катастроф.

Работа выполнена на средства гранта Президента РФ государственной поддержки молодых российских ученых МД-7570.2013.10.

Annotation. The article analyzes the need to evaluate sustainability in the design of space-rocket complexes, designated priority areas to ensure. Environmental Safety for space-rocket complexes and proposed environmental assessment methodology, which allows to fully consider the impact on the territorial distribution of terrestrial ecology space infrastructure for advanced launch vehicles based on analysis of emergency and catastrophe.

Work performed under the grant of the President of the Russian state support of young Russian scientists MD-7570.2013.10.

Ключевые слова. Экологичность, источник загрязнения, зона загрязнения, ущерб, авария, катастрофа.

Key words. The environmental, polluter, polluted area, damage, emergency, catastrophe.

Загрязнение окружающей среды при авариях и катастрофах ракет-носителей, как правило, носит комплексный характер и может включать физическую и химическую составляющую.

Физическая составляющая при авариях характеризуется загрязнителями – ингредиентами и физическими полями, такими как радиоактивные вещества, тепловое, звуковое и др. поля. Химическая составляющая – это

различного рода простые вещества и химические соединения. Сюда относятся, прежде всего, химически опасные вещества, которые образуются в результате аварийного смешивания окислителя и горючего [1].

Анализ имевших место в последние десятилетия техногенных аварий показывает, что происходящее при них загрязнение окружающей среды обуславливается одним или некоторой совокупностью ингредиентов количественно или качественно чуждых естественным био-

Полянский Владимир Иванович – доктор технических наук, генеральный директор, ОАО «Корпорация «Стратегические пункты управления-Центральное конструкторское бюро тяжелого машиностроения»;

Чертов Евгений Александрович – инженер-конструктор первой категории, ОАО «Корпорация «Стратегические пункты управления-Центральное конструкторское бюро тяжелого машиностроения»;

Сова Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные установки», МАДИ;

Краснобаев Юрий Леонидович – кандидат технических наук, доцент, Военная академия РВСН им. Петра Великого, тел. 8(495)543-36-76.

Polyanskiy Vladimir – doctor of technical sciences, the general director, PJSC «Corporation «Strategic points of control-Central design office of heavy mechanical engineering»;

Chertov Evgeniy – design engineer first category, PJSC «Corporation «Strategic points of control - Central design office of heavy mechanical engineering»;

Sova Alexander – doctor of technical sciences, the professor? managing chair «Transport installations», MADI;

Krasnobaev Yuri – candidate of technical sciences, associate professor, Strategic missile forces military academy Peter the Great, тел. 8(495)543-36-76.

геоценозам. Это обстоятельство является одной из причин тех неблагоприятных изменений экологической обстановки и условий обитания и служит возникновением зон загрязнений.

Зоны загрязнения значительно затрудняют, а в некоторых случаях исключают возможность проживать и проводить какую либо деятельность человека в этом районе.

Важным в практическом отношении является определение характера, масштабов экологических последствий аварий и экологического состояния территорий, и это необходимо учитывать при размещении объектов наземной инфраструктуры ракетно-космического комплекса. Эта задача должна решаться как в интересах принятия необходимых мер по обеспечению экологической безопасности населения, так и проведения работ по ликвидации последствий аварий и катастроф.

В настоящее время методы создания объектов наземной космической инфраструктуры не в полной мере учитывают влияние объемно-планировочных решений, территориального размещения на экологичность наземных комплексов ракет-носителей.

Под экологичностью ракет-носителей понимается их свойство сохранять качество окружающей среды в установленных пределах в процессе их наземной и летной эксплуатации, а также по окончании эксплуатации [2].

Приоритетные направления деятельности по обеспечению экологической безопасности РФ подтверждают актуальность данного направления и разработки данной методики оценки экологичности для перспективных ракет-носителей.

Под обеспечением экологической безопасности понимается совокупность правовых, природоохранных, инженерно-технических, медицинских и организационных мероприятий, направленных на предупреждение и (или) ликвидацию чрезвычайных экологических ситуаций либо экологических бедствий.

Основной задачей в этой области является обеспечение экологической безопасности потенциально опасных видов деятельности, реабилитация территорий и акваторий, пострадавших в результате техногенного воздействия на окружающую среду.

Не менее важным направлением является предотвращение и снижение экологических последствий чрезвычайных ситуаций.

Основной задачей в указанной области является выявление и минимизация экологических рисков для природной среды и здоровья населения, связанных с возникновением чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Для этого необходимо:

- своевременное прогнозирование и выявление возможных экологических угроз, включая оценку природных и техногенных факторов возникновения возможных чрезвычайных ситуаций с негативными экологическими последствиями;
- обоснование, разработка и осуществление мер по снижению риска чрезвычайных ситуаций с негативными экологическими последствиями;
- обучение населения правилам поведения, действиям и способам защиты при чрезвычайных ситуациях с негативными экологическими последствиями;
- разработка и совершенствование универсальных средств защиты населения и территорий при возникновении чрезвычайных ситуаций с негативными экологическими последствиями.

Вместе с тем, необходимо объемно-планировочные решения и территориальное размещение объектов наземной космической инфраструктуры космодрома обосновывать с учетом анализа техногенных рисков, а также последствий нештатных ситуаций на космодромах «Байконур», «Плесецк» и других космодромах мира.

Анализ нештатных ситуаций, имевших место на космодромах «Байконур», «Плесецк» и других космодромах мира, нормативно-правовых актов и нормативно-технической документации по эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры с учетом их экологичности, а также повышение значимости и безопасности космодромов обусловили проведение теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию и разработке методики оценки ракетно-космических комплексов для перспективных ракетно-космического назначения с учетом анализа причин и последствий аварий и катастроф.

Методика оценки экологичности включает пять этапов:

I. *Определение состава продуктов горения (расчет с помощью программного обеспечения (ПО)).*

На данном этапе необходимо знать элементный состав компонентов ракетного топлива (окислитель + горючее) и их температуру горения. Далее с помощью программного обеспечения можно определить состав продуктов горения.

II. *Определение опасности загрязнений (методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ).*

Для определения опасности загрязнения атмосферного воздуха используется «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ,

содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86), на основании которой можно оценить риск возникновения конкретного вида загрязнения.

Согласно методике ОНД-86, которая была положена в основу расчетов по математической модели развития ситуации, в перечень исходных данных должны входить следующие показатели:

- коэффициент температурной стратификации атмосферы;
- высота источника выброса;
- коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;
- температура выбрасываемой газовой смеси;
- среднелетняя и среднезимняя температуры окружающей среды;
- среднегодовая скорость ветра;
- повторяемость направления ветра и повторяемость направления ветра одного румба;
- параметры расчетной области;
- координаты расположения источника;
- ПДК выделяемого вредного вещества;
- коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;
- фоновая концентрация вредного вещества;
- масса выделяемого вредного вещества.

К выходным данным относятся:

- значения концентрации вредного вещества;
- значения доли ПДК вредного вещества;
- максимальное значение концентрации вредного вещества;
- размер санитарно-защитной зоны для каждого источника вредных выбросов;
- суммарный выброс по всем источникам;
- опасная скорость ветра;
- расстояние, на котором концентрация вредных веществ достигает максимального значения.

При расчете рассеивания примесей в атмосферном воздухе учитывается следующее:

1. Для определения опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха (высота до 2 метров) рассчитывают наибольшую концентрацию этих веществ в расчетной точке, соответствующей наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям. Расчетами определяются разовые концентрации.

2. Наибольшая допустимая концентрация C_M каждого вредного вещества в расчетной точке приземного слоя атмосферы на площадке должна отвечать условию: $C_M \leq 0,3 \text{ ПДК}_{\text{мр}}$; для жилой застройки $C_M \leq \text{ПДК}_{\text{мр}}$.

3. Если в выбросах в атмосферу вредные веще-

ства полностью или частично превращаются в более токсичные, то в расчетах следует учитывать образовавшиеся вещества.

Максимальная концентрация вредного вещества

находится по формуле

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1)$$

где A – температурный коэффициент стратификации атмосферы;

M – масса загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (г/сек);

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания примесей в атмосферном воздухе;

m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H – высота источника выброса над уровнем земли, (м);

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха, (°C);

V_1 – объем выбрасываемой газовой смеси, (м³/сек).

Температурная стратификация атмосферы значительно влияет на уровень приземной концентрации вредных веществ. Способность поверхности Земли поглощать или излучать тепло в свою очередь влияет на вертикальное распределение температуры. В обычных условиях с подъемом вверх температура падает.

Температурная стратификация атмосферы оказывает сильное влияние на уровень приземной концентрации вредных веществ, то есть характер вертикального распределения температур. Температурная стратификация определяется способностью поверхности Земли поглощать или излучать тепло. При обычном состоянии атмосферы в дневное время земная поверхность нагревается и за счет конвективного теплообмена нагревает приземный слой воздуха. В этих условиях по мере подъема вверх температура падает. Земная поверхность, охлаждаясь сама, охлаждает приземный слой воздуха, который остывает быстрее верхних слоев. В результате происходит инверсия (поворот) распределения температур в воздушной оболочке Земли - температура воздуха с высотой (до верхних границ инверсионного слоя) повышается.

При определении ΔT следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха равной средней температуре наружного воздуха в 13 часов наиболее жаркого месяца года (согласно СНиП 2.01.01-82).

Расстояние от источника выброса X_M (м) в направлении среднего ветра при неблагоприятных метеословиях, на котором концентрация загрязняющего вещества достигает значения C_m находится по формуле

$$x_M = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (2)$$

где d - безразмерный коэффициент.

Концентрация вредных веществ C (мг/м³) в атмосфере по оси факела выброса при опасной скорости ветра определяется по формуле

$$C = S_1 \cdot C_{MP} \quad (3)$$

где S_1 - безразмерный коэффициент, зависит от отношения x/x_M и F .

Величина приземных концентраций примесей в атмосфере C_Y (мг/м³) на расстоянии Y (м) по перпендикуляру к оси факела выброса

$$C_Y = S_2 \cdot C, \quad (4)$$

где S_2 - безразмерная величина, зависит от скорости ветра и отношения X и Y .

В соответствии с предлагаемой методикой проводим расчеты по наиболее токсичным продуктам выброса и определяем зоны загрязнения.

III. *Оценка экологического ущерба.* В федеральном законе РФ «Об охране окружающей среды» вред окружающей среде определяется как негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов. Термин ущерб используется в контексте закона как количественное выражение вреда.

Ущерб, нанесенный экологически значимой хозяйственной деятельностью окружающей среде, связан с показателями ее качества.

Реализация экономического механизма охраны окружающей среды подразумевает в этой связи применение инструментов, стимулирующих постепенное сокращение воздействия или делающих экономически невыгодным воздействие на окружающую среду (рис. 1).

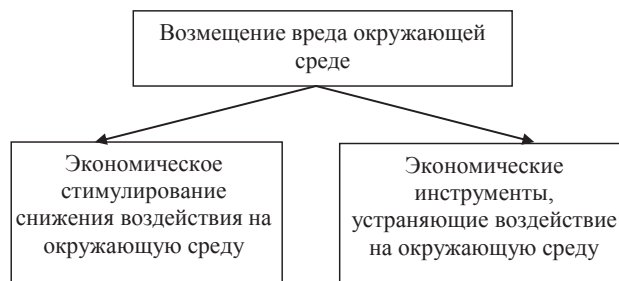


Рис. 1. Возмещение вреда окружающей среде

В РФ широко используется подход расчета ущерба на окружающую среду, связанный с нормированием этого воздействия.

Многие нормативы имеют стоимостное выражение, которое проявляется в базовой ставке платы за негативное воздействие на окружающую среду.

В настоящий момент в РФ действует представленная на рис. 2 система платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Плата за негативное воздействие представляет собой форму возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, которая частично компенсирует вредное воздействие выбросов и сбросов загрязняющих веществ и стимулирует снижение или поддержание выбросов и сбросов в пределах нормативов.

Плата за негативное воздействие на окружающую



Рис. 2. Система платы за негативное воздействие на окружающую среду в РФ

среду установлена ст. 16 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Порядок исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду был установлен Постановлением Правительства РФ от 28 августа 1992 г. № 632 «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (с последующими изменениями). Конституционный Суд РФ своим определением № 284-О от 10 декабря 2002 г. признал платежи, взимаемые согласно рассматриваемому постановлению, платежами неналогового характера, а само постановление – сохраняющим силу.

Основой исчисления платы за негативное воздействие являются ее базовые нормативы. Действующие нормативы утверждены постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».

Базовые нормативы платы (руб/т) за выбросы и сбросы конкретных загрязняющих веществ определяются, как произведение удельного экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в пределах допустимых нормативов или лимитов выбросов (сбросов) на показатели относительной опасности конкретного загрязняющего вредного вещества для окружающей среды и здоровья населения.

Существует методика расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду, разработанная в соответствии с положениями действующих нормативных правовых и инструктивных документов Российской Федерации (РФ), в том числе:

- Федерального закона от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ;
- Постановления Правительства РФ от 28 августа 1992 г. N 632 "Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия";
- «Инструктивно–методических указаний по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды», утвержденных Минприроды РФ 26 января 1993г. (с изменением и дополнением от 15.02.2000 г.);
- Постановления Правительства РФ «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязня-

ющих веществ стационарными и передвижными источниками, сброса загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» от 12.06.2003 г., № 344 (с изменениями в приложении №1 утвержденными постановлением Правительства РФ №410 от 1.07.2005 г.);

- Федерального классификационного каталога отходов, утвержденного приказом МПР России от 2.12.2002 № 786 (в редакции Приказа МПР России от 30.07.2003 № 663);
- Приказа Ростехнадзора от 5 апреля 2007 г. № 204 «Об утверждении формы расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду и порядка заполнения и представления формы расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду»;
- Приказа Ростехнадзора от 08 июня 2006 г. № 557 «Об установлении сроков уплаты платы за негативное воздействие на окружающую среду».

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28 августа 1992 г. № 632 взимание платы осуществляется за следующие виды вредного воздействия на окружающую среду:

- выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
- размещение отходов;
- другие виды вредного воздействия (шум, вибрация, электромагнитные и радиационные воздействия и т.п.) [3].

Результатом п.3 настоящей методики является определение экологического ущерба в денежном эквиваленте.

IV. *Прогноз развития ситуации.* При проведении прогноза развития ситуации за основу берутся результаты п.2 и климатические данные по исследуемому району (роза ветров).

V. *Обоснование и разработка рекомендаций по уменьшению последствий от аварии (катастрофы).* В основу рекомендаций по уменьшению (предотвращению) последствий от аварии (катастрофы) входят рекомендации по размещению объектов наземной инфраструктуры и объемно-планировочные решения на этапе проектирования ракетно-космического комплекса.

Помимо вышеизложенных рекомендаций необходимо обосновать рекомендации по предотвращению загрязнения, очистке и восстановлению окружающей среды, нарушенной в процессе эксплуатации ракетносителей, которые включают в себя:

- разработку и реализацию комплекса мер по соблюдению нормативов допустимых выбросов, допустимых сбросов и лимитов на размещение отходов;
- разработку и реализацию комплекса мер по предотвращению негативных экологических последствий при авариях и чрезвычайных ситуациях на объектах РКТ;
- реализацию мероприятий по плановой очистке и восстановлению окружающей среды, загрязненной в процессе космической деятельности;
- сбор, удаление (переработка, утилизация) и уничтожение твердых бытовых отходов и производственных отходов космической деятельности;
- рекультивацию земель с нарушенным растительным и почвенным покровом и восстановление лесных насаждений;

- выработку комплекса мер по ликвидации экологических последствий аварий на экологически опасных объектах;

- ликвидацию аварий и чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями на объектах РКТ.

Разработка и применение методики оценки экологичности позволит определить показатели экологичности наземных комплексов, зоны загрязнения, дать обоснованные рекомендации при проектировании наземных комплексов, позволит спрогнозировать развитие нештатных ситуаций и тем самым сократить ущерб от выбросов в окружающую среду, обезопасить персонал комплекса и близлежащее население от вредных выбросов при нештатных пусках перспективных ракет-носителей.

Литература

1. *Экология и безопасность технических систем: учеб. пособие / А.В. Николаев и др.; - М.: Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» - КБТХМ, 2011. - 194 с.*
2. *Основы эксплуатации космических средств: учебник / Е.С. Александров и др.; - СПб: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 2000. - 499 с.*
3. *Правовые и экономические основы охраны окружающей среды: учебное пособие / А.А. Егоркин и др.; - М.: ВА РВСН имени Петра Великого, 2011. - 485 с.*

Материал поступил в редакцию 20. 08. 2014 г.