

АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН К ВОЗДЕЙСТВИЮ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ж. Жубатов

В работе приводятся результаты формирования основ нормативной базы в области экологической безопасности эксплуатации ракетно-космической техники космодрома «Байконур». Разработанная Система критериев экологической устойчивости территории Казахстана с учетом фоновой техногенной нагруженности к ракетно-космической деятельности апробирована на примере районов падения ОЧ РН №25,15.

В Концепции экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 годы большое внимание уделяется созданию системы экологической безопасности территории Казахстана и военно-космических комплексов. Обеспечение экологической безопасности должно гарантировать отсутствие деградации объектов окружающей среды при осуществлении ракетно-космической деятельности (РКД). Выявление характеристик состояния окружающей среды, как правило, осложнено многообразием факторов воздействия и природных объектов, на которые оказываются воздействия, а также разнообразием их связей в процессе осуществления РКД. В связи с этим при разработке Системы критериев экологической устойчивости территории Казахстана к РКД были учтены следующие основные факторы:

- эффект суммации, аккумуляции и последующих цепных реакций, возникающих при РКД;
- сбалансированный комплекс критериев, соответствующий возможному разнообразию видов воздействия;
- наиболее существенные критерии экологической устойчивости, не дублирующие друг друга;
- обязательный территориальный анализ выбранных критериев в различных природных условиях.

В качестве основы для дополнительных методических разработок критериев экологической устойчивости были рассмотрены методология Рабочей группы по мониторингу и оценке окружающей среды Европейской экономической комиссии ООН [1].

При разработке системы критериев показатели состояния почв объединены в комплексные критерии физической, химической и биологической деградации почв. Перечень критериев устойчивости ландшафтов дополнен комплексными

критериями «интегральная фоновая нагрузка на окружающую среду от РКД», «уровень здоровья населения», «устойчивость экосистемы к РКД». Введены такие новые параметры СКЭУ, как «изменение климата», «отходы» и «социально-экономические критерии».

Апробация Системы критериев экологической устойчивости территорий Казахстана к воздействию ракетно-космической деятельности проведена на примере наиболее интенсивно используемых районов падения первой ступени ракеты-носителя «Протон» РП №25,15 по 11 критериям для 6 параметров окружающей среды. РП №25,15 расположен на территории Улытауского района Карагандинской области и занимает общую площадь 160 тыс. га. С 1967 г., на протяжении 40 лет, территория РП №25,15 находится под воздействием многочисленных падений первой ступени РН «Протон» (от 4 до 18 падений ежегодно) [2].

Основным источником исходных данных, обеспечивающих апробацию СКЭУ, являлись результаты полевых измерений на местах падения ОЧ РН. В качестве дополнительных источников информации рассматривались материалы статистического агентства, а также научно-исследовательских институтов.

Достаточное информационное обеспечение стало основным условием отбора критериев для апробации СКЭУ на территории РП № 25, 15. Так, для критериев экологической устойчивости атмосферы «критические уровни атмосферного содержания КРТ, продуктов его распада и трансформации», «степень вертикальной устойчивости атмосферы» и «изменение озонового слоя» источниками информации являются результаты полевых и стационарных измерений загрязнения атмосферы формальдегидом (СН₂О), окисью азота (NO₂), средние суточные показатели общего содержания озона (ОСО). Критерии

физической, химической и биологической деградации почв будут обеспечены данными о содержании в почве компонентов ракетного топлива и продуктов их распада и трансформации, содержании иона аммония, нитрат- и нитрит- ионов, щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных характеристиках почвы, содержании в почве общего азота и общего углерода, содержания солей. Для оценки состояния пресноводных экосистем будут использованы данные замеров химического загрязнения вод НДМГ, нефтепродуктами, окисью азота и тяжелыми металлами (Cu, Zn, Ni, Co, Cd, Pb), продуктов донной аккумуляции. Оценка состояния ландшафтов будет основана на показателях химического загрязнения воды, почвы и атмосферного воздуха, показателях пожароопасности погоды, данных о загрязнении окружающей среды, статистических данных о средней продолжительности предстоящей жизни при рождении, валовом региональном продукте и заболеваемости населения исследуемого района. Информационным обеспечением социально-экономических критериев являются статистические данные о количестве запусков РН.

Из-за отсутствия достаточного количества исходных данных, из списка критериев, предназначенных для апробации были удалены параметры «изменение климата», «животный мир» и «отходы».

В качестве исходных данных для выполнения апробации СКЭУ рассматривались результаты полевых и стационарных замеров различных параметров состояния атмосферы, почвы, воды и растительности.

Классификация (ранжирование) территорий по комплексным эколого-географическим критериям является одним из необходимых условий для оценки степени экологической устойчивости экосистемы. Показатель частоты падений ОЧ РН основан на использовании статистики общего количества падений ОЧ РН, отмеченных за весь период РКД на территории РП №25,15 [3]. Частота падений отделяющихся частей в РП №25,15 получена путем отнесения общего за весь период эксплуатации числа падений к единице квадратной площади, равной 25 км². Определение критических значений данной величины является сложной задачей, из-за отсутствия аналогичных показателей в других регионах.

Показатель условий, благоприятных для трансформации КРТ в почвах, основан на

методологии классификации районов территории по почвенно-геохимическим условиям, предложенной сотрудниками МГУ им. М.В. Ломоносова. Шкала объединяет типы почв на три основных типа – высокий, умеренный и низкий уровень трансформационных условий НДМГ. С учетом типов почв РП №25,15 были выделены группы с высоким (бурые пустынно-степные, солонцы) и низким (солончаки) уровнем трансформации НДМГ.

Определение показателя кратности содержания нитратов в поверхностном слое почвы основано на ПДУ содержания нитратов в почве, обозначенном в гигиеническом нормативном документе, принятом к использованию на территории РК [4]. Сделано разделение превышений ПДУ по градациям 1-5, 5-10, 10-20 показателей кратности.

Ранжирование территории РП с применением комплекса показателя типов подземных вод и глубинных геологических разломов проведено на основе материалов по итогам комплексных исследований, приведенных в экологическом паспорте РП ОЧ РН №25,15 [3].

Наиболее эффективно проведение комплексного ранжирования с применением показателя содержания НДМГ в растениях и показателя степени восприимчивости растительных сообществ к техногенному химическому загрязнению. В качестве регионального уровня содержания НДМГ в растениях определена концентрация 0,3 мг/кг. Шкала степени восприимчивости растительных сообществ к НДМГ и комплексные ландшафтно-фито-экологические показатели разработаны на основе выводов, сделанных в ходе выполнения комплексных экспедиций в РП №25,15. Шкала распределения показателей кратности по ПДУ концентрации НДМГ в поверхностной почве разбита на градации 0-1, 1-10, 10-100, 100-1000, и 1000-10000.

Проведение комплексного ранжирования территорий, подвергаемых РКД, является одним из перспективных направлений, так как позволяет учитывать взаимосвязи между различными параметрами окружающей среды.

Карты территориального распределения критериев экологической устойчивости к воздействию РКД построены на основе ГИС технологий. Техногенное воздействие РКД на территорию РП ОЧ РН №25,15 выражено неравномерно. Максимальная частота падений ОЧ РН наблюдается в центральной части, преимущественно в руслах пересыхающих

АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН К ВОЗДЕЙСТВИЮ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

рек, и достигает значения 37 падений ОЧ РН на 25 км².

Природные условия экосистем РП способствуют химической, механической и биологической деградации из-за воздействия РКД. Низкие показатели крепости почвогрунтов (0,5-1,0), демонстрирующие неустойчивость почвы к механическому воздействию соответствуют участкам, наиболее интенсивно подвергаемым падению ОЧ РН. Геоморфологические свойства почв на подавляющей части территории РП обуславливают их высокую восприимчивость к НДМГ и способствуют процессам химических трансформаций НДМГ. Участки РП с повышенными показателями рН соответствуют солончаковым, луговым и лугово-бурым почвам, наиболее часто встречаемым в руслах рек. Фоновое значение рН, характерное для местных пород, составляет около 7,0. Отклонения рН от фоновых значений в пределах 1,0 – 1,5 наблюдаются на участках, наиболее интенсивно подвергаемых падению ОЧ РН. Именно здесь наблюдаются процессы окислительно-выщелачивания компонентов ракетного топлива.

Гидрогеологическая карта демонстрирует наличие на территории РП участков с поверхностными и глубинными разломами в земной коре и подземных вод трещинно-карстового происхождения. Таким образом, техногенное загрязнение от РКТ, попадая на поверхность почв, без затруднений перемещается и вглубь, где откладывается на неопределенное время или переносится грунтовыми водами на большие расстояния.

Поверхностная почва на участках в центральной части исследуемой территории характеризуются высокими концентрациями нитратов. Максимальные концентрации нитратов наблюдаются на центральных участках исследуемой территории и достигают значений 4788,48 мг/кг, что составляет 20 ПДК.

Местные разновидности растительных сообществ обладают хорошим потенциалом накопления НДМГ. Подавляющая часть территории РП покрыта растительностью, обладающей средней и высокой восприимчивостью к химическому загрязнению. Абсолютные значения концентрации НДМГ достигают своего максимального уровня 6,3-6,4 мг/кг на центральных участках РП, преимущественно в руслах рек, превышая региональный уровень более чем в 6 раз. Территория РП, наиболее сильно подвергаемая воздействию РКД, представлена элювиально-делювиальной наклонной равниной, элюви-

ально плоской равниной и долинами русел временных водотоков с разновидностями растительных сообществ. Ландшафты РП обладают хорошей способностью поглощать и накапливать НДМГ практически на всей исследуемой территории.

Выводы о том, что химическое загрязнение экосистем РП ОЧ РН №25,15 имеет локальный характер, подтверждены в ходе выполнения оценки экологической устойчивости по данным полевых замеров.

Загрязнение атмосферы, почв и воды наблюдается, как правило, в местах падения ОЧ РН, в особенности там, где происходило приземление двигательных установок, вызвавшее срыв и раздробление почво-грунтов, разлив остатков КРТ. В пробах почвы, отобранных на местах падения различного срока давности, содержание НДМГ превышает ПДУ в десятки и сотни раз. Согласно данным полевых измерений, проведенных в 2000-2005 гг. на территории РП №25,15, встречаемость НДМГ с концентрациями в поверхностных почвенных слоях от 0,02 до 939,04 мг/кг составляла 28% случаев от общего количества проб (1420 проб), 43% проб поверхностного слоя почвы относится к пределам от 0,02 - 148,0 мг/кг. Гораздо реже, в 0,86 % проб встречаются концентрации от 0,07 до 0,1 мг/кг.

Превышение НДМГ ВПДУ, равного 0,1 мг/кг, выявлено в 26% отобранных проб. Случаи с превышением ВПДУ до 5 раз составили 8% от общего количества поверхностных проб, от 5 до 10 раз – 2%, от 10 до 50 раз – 8%, от 50 до 100 раз – 3%, более 100 раз – 5%. Глубина проникновения НДМГ с концентрацией в пределах 0,04 – 939,04 мг/кг составляет 5 - 160 см.

Поступление в РП №25,15 окислителя – азотного тетраоксида вызывает общее подкисление верхних горизонтов почв, особенно в районах максимального падения ОЧ РН. ТМТ обнаруживается в основном в местах старых падений ОЧ РН (юго-западный сектор РП №25,15). Пространственный анализ аномалий нитратов и нитритов показывает, что, наряду с природной дифференциацией нитратов и нитритов, наблюдается их корреляционная связь с очагами загрязнения НДМГ и ТМТ. Это позволяет сделать вывод о присутствии в почвах техногенной составляющей нитратов и нитритов. На «свежих» местах падения ОЧРН уровни концентрации нитратов превышают ПДК несколько раз.

Содержание тяжелых металлов мало зависит от типа, рода, вида и разновидности

почв. Превышение ПДК по кадмию, кобальту и свинцу отмечено только на РП №25,15 и не отмечено на сопредельной территории. Превышение ПДК на нитраты, составляющей 130 мг/кг, обнаружено в 35% проб (56 из 161). Концентрация нитратов составляет 0,02 - 41,5 ПДК. В 2000 году в РП №25,15 выявлено превышение ПДК содержания тяжелых металлов. Концентрация никеля наблюдается в пределах от 1,3 до 4,5 ПДК; по кобальту - в пределах от 1,2 до 1,8 ПДК; по меди - в пределах от 1,1 до 1,8 ПДК; кадмий - до 1,3 ПДК. Превышение концентрации свинца составляет 1,1 - 3 ОДК. Концентрация нефтепродуктов в почве РП №25,15 достигает 180 мг/кг, что не превышает ориентировочно допустимый уровень (1000 мг/кг). Большинство из проанализированных методом биоиндикации проб почвы РП №25,15 являются остротоксичными, что приводит к выводу о замедлении процессов самоочищения и самовосстановления почв.

Содержание НДМГ и продуктов его разложения в поверхностных водах РП №25,15 не выявлено. В пробах воды, отобранных из воронок от падения ОЧ РН, концентрации НДМГ составляют 0,06 мг/л. В грунтовых водах обнаружено присутствие продуктов окисления НДМГ. Содержание солей тяжелых металлов Cu, Zn, Ni, Co, Cd, Pb, нефтепродуктов и нитратов во всех поверхностных водоемах и водотоках не превышает нормативно допустимые уровни.

Оценка современного состояния растительности на местах РП №25,15 показала, что на территории РП преобладают территории, растительность которых нарушена в сильной степени (56% от общего числа описанных мест падений ОЧ РН). Восстановление растительного покрова наблюдается на местах падения ОЧ РН 70-х годов. На местах падений ОЧ РН 80-х годов наблюдаются очаги нарушений, где растительный покров находится на начальных стадиях восстановления, а также фрагменты восстановленной растительности близкой к фоновой. Растительность мест падений ОЧ РН 90-х годов очень неоднородна – имеются участки первичного зарастания с пионерными группировками и с сообществами, представляющими начальные стадии восстановления. Вторичная и фоновая растительность нарушена в очень сильной степени в недавнее время, при сборе металлолома.

Уровни содержания НДМГ в растениях РП №25,15 изменяются от 0,02 до 6,42 мг/кг, наиболее часто наблюдаются концентрации

от 0,02 до 0,03 мг/кг. Встречаемость НДМГ в растениях РП №25,15 составляет 18% от общего числа отобранных проб за 2000-2005 гг. Наиболее интенсивно НДМГ поглощается растениями из семейств сложноцветных и маревых, а также злаками с анионогенной биохимической специализацией, накапливающих в своих органах химические соединения, подвижные в щелочных условиях. Содержание НДМГ в злаках составляет 35% от проб данного семейства, в сложноцветных – 42%, в маревых – 50%.

Анализ образцов растений, отобранных в РП №25,15, показал, что растения, отобранные в точках отбора проб почвы, содержащих ракетное топливо, также содержат НДМГ. Однако, некоторые растения, в которых был обнаружен НДМГ, были отобраны в местах, где содержание ракетного топлива в почвах не было выявлено. Таким образом, можно предположить, что источник заражения лежит либо в нижних слоях почвенного профиля на геохимических барьерах данного ландшафта, либо растения способны поглощать НДМГ из воздуха.

Влияние запусков ОЧ РН на состояние стратосферного озона носит локальный и сравнительно кратковременный характер. Над РП № 25,15 за период 2000-2006 г. наблюдается отрицательное отклонение средних годовых значений суммарного озона от средних многолетних значений, рассчитанных за период 1970-2006 гг. Оно составляет примерно -0,8%. Следует также отметить высокую естественную изменчивость стратосферного озона, связанную, в основном с флуктуациями атмосферной циркуляции. В дни, приходящиеся на запуск РН «Протон» с космодрома «Байконур, среднесуточные значения общего содержания озона (сокращенно, ОСО) над РП №25,15, как правило, уменьшались на 1-6 % по сравнению с предыдущими сутками. Отрицательное отклонение ОСО от многолетнего среднего в эти дни составляло от 5 до 10%. В последующие после запуска РН сутки ОСО возрастало, в пределах 2-5% от значений ОСО в день запуска. В течение 3-4 последующих после запуска дней стратосферный озон увеличивается на 3-7% по сравнению со значениями в день запуска. Абсолютные значения ОСО над территорией РП № 25,15 в период запуска РН и последующие дни изменяются в пределах 250 – 360 матм/см³, что свидетельствует о нормальном уровне ОСО над территорией РП №25,15.

АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН К ВОЗДЕЙСТВИЮ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

По итогам апробации СКЭУ и ранжирования территории РП №25,15 сделаны следующие выводы о высокой степени экологической неустойчивости территории РП №25,15 установлено что:

– техногенная нагрузка на РП распределена неравномерно, максимальная частота падений ОЧ РН наблюдается в центральной части, преимущественно в руслах пересыхающих рек;

– природные условия экосистем РП способствуют их химической, механической и биологической деградации из-за воздействия РКД;

– геоморфологические свойства почв обуславливают их высокую восприимчивость к несимметричному диметилгидразину и способствуют процессам химических трансформаций НДМГ на подавляющей части территории РП;

– участки РП с повышенным рН соответствуют солончаковым, луговым и лугово-бурым почвам, наиболее часто встречаемым в руслах рек, именно здесь происходит усиление процессов окислительного выщелачивания компонентов ракетного топлива;

– на территории РП присутствуют участки с поверхностными и глубинными разломами в земной коре и подземными водами трещинно-карстового происхождения, что может способствовать беспрепятственному попаданию техногенных загрязнений на большие глубины и перенос их грунтовыми водами на большие расстояния;

– поверхностный слой почвы на участках в центральной части исследуемой территории характеризуются высокими концентрациями нитратов, максимальные уровни которых наблюдаются в центральных участках исследуемой территории;

– подавляющая часть территории РП покрыта растительностью, обладающей

средней и высокой восприимчивостью к химическому загрязнению;

– ландшафты РП обладают хорошей способностью поглощать и накапливать НДМГ, практически на всей исследуемой территории;

– установлены высокие показатели техногенного загрязнения атмосферы и почв в местах падения ОЧ РН;

– над РП за период 2000-2006 г. установлено отрицательное отклонение средних годовых значений общего содержания озона от средних многолетних значений.

Таким образом, апробация предложенного методического подхода и системы критериев экологической устойчивости территорий Казахстана к воздействию ракетно-космической деятельности показала их эффективность, обеспечила комплексное ранжирование территорий и построение карт территориального распределения критериев с учетом взаимосвязи между различными параметрами окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мониторинг и оценка окружающей среды: Восточная Европа, Кавказ, и Центральная Азия //Сборник документов, подготовленный Рабочей Группой ЕЭК ООН по мониторингу и оценке окружающей среды, Женева, 2003 г.
2. Экологический паспорт района падения отделяющихся частей ракет-носителей РП ОЧ РН №25,15 – зона Ю-24 космодрома «Байконур». – ДГП «Инфракос-Экос», Алматы, 2001. – 60 с.
3. Экологический паспорт района падения отделяющихся частей ракет-носителей РП ОЧ РН №25,15 – зона Ю-24 космодрома «Байконур». – ДГП «Инфракос-Экос», Алматы, 2001. – 60 с.
4. Заключительный отчет о НИР «Об итогах выполнения Программы «Оценка влияния запусков ракет-носителей с космодрома «Байконур» на окружающую среду», – ДГП «Инфракос-Экос», Алматы, 2005. – 117 с.