

УДК 504.06:629.78.004

Доктор техн. наук
Канд. биол. наукЖ. Жубатов *
Ш.С. Бисариева *
Е.Ю. Степанова ***ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РАЙОНОВ ПАДЕНИЯ
БОКОВЫХ БЛОКОВ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ «СОЮЗ» (ЗОНА Ю-25)***КРИТЕРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ, РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ «СОЮЗ», РАЙОН ПАДЕНИЯ*

Представлены результаты экологической оценки состояния природных комплексов в районах штатного падения боковых блоков (отработавшая первая ступень) ракеты-носителя «Союз» в зоне Ю-25 в Улытауском районе Карагандинской области. Системный анализ критериев экологической устойчивости позволил определить в центре исследуемой территории зону интенсивного техногенного воздействия на объекты окружающей среды, занимающую 30 % от общей площади. Выявлена повышенная чувствительность почвы и растительности к загрязнению углеводородным ракетным топливом (керосин Т-1). Балльная оценка состояния зоны Ю-25 соответствует среднему уровню экологической устойчивости к воздействию ракетно-космической деятельности, с признаками трансформации биогеоценоза.

Многофакторный характер внешнего воздействия в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей (РП ОЧ РН) требует применения комплексного подхода к экологической оценке состояния этих территорий. В ходе детального анализа показателей процессов, нарушающих равновесное состояние природных систем, производится их оценка в баллах, по компонентам окружающей среды и суммарно. Достоинством такого метода является максимальный учет всего многообразия воздействующих факторов, и вклада каждого из них в суммарную оценку. В итоге, достигается должная степень объективности при определении уровня экологической устойчивости к воздействию ракетно-космической деятельности (РКД) [1, 2, 4].

* РГП НИЦ «Гарыш-Экология», Алматы

В 2012 г. исследована зона Ю-25, расположенная на обширном (более 225 тыс. га) и малонаселенном участке территории Улытауского района Карагандинской области. Территория является частью туранской пустынной ландшафтной геосистемы и представлена природным комплексом с тесно взаимосвязанными компонентами и высокой чувствительностью к внешним воздействиям. Потенциальные возможности экосистемы сохранять свой естественный баланс в значительной мере формируются абиотическими факторами (погодно-климатические условия, рельеф местности, морфогенетические и физико-химические свойства почвы и пр.). В ряду источников антропогенного воздействия, таких как хозяйственно-бытовая деятельность местных жителей, выпас скота на пастбищах, автотранспортные перемещения, промышленная деятельность (гг. Жезказган, Сатпаев), ключевую позицию занимает ракетно-космическая деятельность.

Характер загрязнения атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных грунтовых вод в штатных РП ОЧ РН определяется разрушением конструкции отделившейся первой ступени, при вхождении в плотные слои атмосферы, и при ударе о земную поверхность. На высоте 10...20 км остатки компонентов ракетного топлива (КРТ) из разрушившихся двигательных установок ступени поступают в воздух. Жидкий кислород испаряется практически моментально, а керосин (Т-1) лишь частично. Момент удара о землю и механического разрушения ступени (боковых блоков) сопровождается проливом КРТ на грунт, их испарением, накоплением или миграцией по почвенному профилю. Нередко происходит возгорание керосина, оставшегося в топливных баках и магистралях.

Учитывая низкую сопротивляемость почвогрунтов к механическим нагрузкам и высокую чувствительность растений к загрязнению нефтепродуктами, к основным факторам экологического риска РКД в зоне Ю-25 отнесены:

- химическое загрязнение воздуха, почвы, воды, растений нефтепродуктами;
- механическое повреждение почвенно-растительного покрова;
- возгорание степной растительности.

Для оценки экологической устойчивости исследуемой территории выбраны критерии, отражающие состояние структурных элементов экосистемы (атмосфера, ландшафты, почва, флора, фауна). Каждый из критериев, представленный группой показателей и характеристик, исследован на вариабельность и ранжирован по уровням экологической опасности. Для экологического

ранжирования используется количественная оценка (санитарно-эпидемиологические нормативы) и полуколичественная оценка (оценки в баллах, сделанные в ходе выполнения научных исследований).

В качестве показателя *ориентировочно допустимого уровня (ОДУ) химического загрязнения почвенного покрова нефтепродуктами* в зоне Ю-25 используется величина 100 мг/кг почвы. Это соответствует санитарными правилами и нормам для нефтяных месторождений Жетыбай и Каражанбас, по влиянию на санитарный режим почвы [4].

Покомпанентное ранжирование показателей и характеристик, служащих основой для критериев экологической устойчивости, в соответствии с классификацией Н.Ф. Глазовского и др. [3, 5, 7], проведено по 4 уровням:

- низкий (плохие условия, идет деградация биогеоценоза – 1 балл);
- средний (неудовлетворительные условия, техногенное воздействие нарушает ее экологическую устойчивость, появляются признаки деградации биогеоценоза – 2 балла);
- высокий (удовлетворительные условия, состояние нормы, техногенное воздействие на природный комплекс не превышает допустимых нагрузок – 3 балла);
- очень высокий (условия экологического благополучия, налицо признаки ненарушенности экосистемы – 4 балла).

Результаты ранжирования составляющих исследуемой экосистемы зоны Ю-25 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Интегральная оценка устойчивости элементов природного комплекса в зоне Ю-25

| Наименование критерия экологической устойчивости | Наименование показателя, характеризующего оцениваемые критерии | Оценочный балл | | | |
|--|--|----------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Атмосфера | | | | | |
| Химическое загрязнение | Кратность превышения ПДК нефтепродуктов в атмосфере | | | | + |
| Состояние атмосферы | Изменение погодных условий после пусков РН «Союз» | | + | | |
| | Метеопараметры в послепусковой период | + | | | |

| Наименование критерия экологической устойчивости | Наименование показателя, характеризующего оцениваемые критерии | Оценочный балл | | | |
|--|---|----------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Климат | Суммарная продолжительность солнечного сияния за год | | + | | |
| | Температура воздуха по сезонам | | + | | |
| | Годовое количество осадков | | + | | |
| | Среднегодовая скорость ветра | | + | | |
| | Климатические сезоны пусков РН (теплый, холодный) | | | + | |
| Средний балл | | 2,3 | | | |
| Ландшафт | | | | | |
| Техногенная нагрузка РКД | Количество падений ОЧ РН за весь период эксплуатации РП | + | | | |
| Деградация территорий | Типы ландшафтов | | | + | |
| | Почвенно-географические условия | | | + | |
| | Сельскохозяйственное воздействие на ландшафты | | | + | |
| | Геохимическая устойчивость ландшафтов к техногенным нагрузкам (нефтепродукты) | | | + | |
| | Крепость почвогрунтов | + | | | |
| Средний балл | | 2,8 | | | |
| Почва | | | | | |
| Химическая трансформация почв | Кратность превышения ПДК/ПДУ КРТ по классам опасности | + | | | |
| Физическая трансформация почв | Изменение мощности и содержания гумуса в профиле почвы (А+В), % от исходного, содержание валового азота и углерода, величина емкости поглощения (ЕКО), содержание обменного калия, натрия, магния, засоленность, изменение щелочно-кислотной характеристики почвы (рН), уменьшение окислительно-восстановительного потенциала (Еh), сумма частиц физической глины, естественная влажность | | | | + |
| Биологическая трансформация почв | Изменение видового состава и численности микроорганизмов, снижение длины проростков по сравнению с фоном (фитотоксичность) | | + | | |
| Средний балл | | 2,3 | | | |

| Наименование критерия экологической устойчивости | Наименование показателя, характеризующего оцениваемые критерии | Оценочный балл | | | |
|--|---|----------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Водные объекты | | | | | |
| Химическое загрязнение вод КРТ и продуктами их распада и трансформации | Кратность превышения ПДК приоритетных по опасности вредных химических веществ в природных водах; Превышение ПДК биогенных веществ в воде поверхностных водоемов | | | | + |
| Состояние воды | Щелочно-кислотная характеристика воды (рН), уровень минерализации | | | | + |
| Средний балл | | 4,0 | | | |
| Флора | | | | | |
| Видовое разнообразие | Уменьшение биоразнообразия, плотности популяции вида-индикатора химической нагрузки, видовой состав растительности | | + | | |
| Состояние растительности | Изменение проективного покрытия растительности | | + | | |
| Антропогенная трансформация | Площадь растительности, нарушенной вследствие механического и химического воздействия РКД | + | | | |
| Средний балл | | 1,6 | | | |
| Фауна | | | | | |
| Антропогенная трансформация | Признаки угнетенного состояния | | | + | |
| Средний балл | | 3,0 | | | |

Атмосфера и климат. Выявленные в ходе анализа климатических показателей зоны Ю-25 закономерности свидетельствуют о естественной способности атмосферы к быстрому восстановлению после негативного техногенного воздействия. Типичными для ненарушенной экосистемы являются температурные контрасты в разные сезоны года. В июле средняя суточная температура воздуха варьирует в пределах 23...30 °С; в январе -8...-12 °С. Основным фактором, способствующим трансформации углеводородного ракетного топлива в окружающей среде, является высокий показатель продолжительности солнечной освещенности в зоне Ю-25 – 2 753 ч/год. Затормозить процессы химического распада и переноса загрязнения за пределы территории способны: слабая ветровая деятельность (4...5 м/с, с порывами до 15 м/с), невысокое

увлажнение воздуха (гидротермический коэффициент менее 0,3), малая сумма осадков (65...70 мм в холодном и 90...130 мм в теплом периодах); небольшое число дней в году с пыльными бурями (2...4). Воздействие погодных условий в зоне Ю-25 является благоприятным преимущественно для накопления нефтепродуктов в объектах окружающей среды. По результатам инструментальных замеров химическое загрязнение в приземном воздухе на местах пролива ракетного углеродного топлива отсутствует. В целом, атмосфера соответствует среднему уровню экологической устойчивости (2,3 балла).

Ландшафт зоны Ю-25 демонстрирует возможность стока загрязнений. В центральной части исследуемой территории ландшафт равнинный, пустынный и полупустынный, в юго-западной и южной части – низменный, в северо-западной – относительно возвышенный. С одной стороны это предполагает миграцию и трансформацию КРТ в экосистеме. С другой стороны, почвенно-географическими условиями северных пустынь обеспечиваются процессы самоочищения от загрязнений. Тип антропогенного фонового воздействия (преимущественно, выпас скота), и геохимические особенности (преобладание бурых почв с низким содержанием гумуса), определяют устойчивость ландшафтов зоны Ю-25 к загрязнению керосином Т-1.

К механическому воздействию ракетно-космической техники (РКТ), вызванному большим количеством падений ОЧ РН, почвогрунты в зоне Ю-25 неустойчивы. С учетом захламления старых мест падений остатками фрагментов ОЧ РН, установленного в 2012 г., по данному показателю определена низкая устойчивость. В сумме, экологическая устойчивость ландшафтов к воздействию РКТ оценивается на уровне, выше среднего (2,8 балла).

Почва. Механический состав и морфологические характеристики бурых и сопутствующих им почв в подзоне северных пустынь Центрального Казахстана, в значительной степени обуславливают преобладание выноса техногенных загрязнителей над процессами их миграции и аккумуляции в почвенной среде, обеспечивая тем самым самоочистку экосистемы от углеродородного загрязнения. Показатели физической трансформации почвы находятся на очень высоком уровне устойчивости.

На местах падения ОЧ РН сроком давности 9...11 лет показатели остаточных концентраций нефтепродуктов в поверхностном слое почвы и на глубинах до 107 см имеют относительно низкий уровень загрязнения (\leq ОДУ). На свежих местах падения (1...6 лет) предельные концентрации

нефтепродуктов в верхнем слое почвы превышают ОДУ с кратностью 20...98. Данные о химической трансформации почвы демонстрируют ее низкий уровень устойчивости.

В ходе анализа характеристик микрофлоры почвы и ее фитотоксичности, выявлен ряд признаков биологической трансформации под токсическим воздействием керосина Т-1. Это свидетельствует о низкой устойчивости биогеоценозов к воздействию РКТ. В сумме показатели физической, химической и биологической трансформации почвенного покрова зоны Ю-25 оцениваются в 2,3 балла (средний уровень экологической устойчивости).

Характеристики природной воды в зоне Ю-25 соответствуют естественному состоянию пресноводных объектов с проточным типом водообмена. Уровень минерализации находится в пределах предельно-допустимой концентрации для вод хозяйственно-питьевого назначения. Показатели рН (7,7...9,47) указывают на слабо- и сильно-щелочную среду. В природных водах исследуемой зоны содержание нефтепродуктов не превышает предельных уровней (0...0,005 мг/дм³). В итоге, в зоне Ю-25 определен очень высокий уровень устойчивости воды к загрязнению углеводородным ракетным топливом (4 балла).

Флора. Биохимическими свойствами растительности обусловлена восприимчивость к загрязнению нефтепродуктами. При геоботаническом обследовании, проведенном в зоне Ю-25 в 2012 г., в 42 % из рассмотренных случаев определены признаки сильной нарушенности растений в результате загрязнений почвы углеводородным ракетным топливом, деформаций, вызванных возгоранием и захламлением территорий остатками упавших фрагментов ОЧ РН. Сделаны выводы о повреждении корневой системы растений на местах падения ОЧ РН «Союз», слабом и долговременном процессе восстановления растений на местах пожарищ. Таким образом, растительный покров на местах падений ОЧ РН оценивается на промежуточном (между средним и низким) уровне (1,6 балла).

Фауна. При выполнении зоологических обследований в 2012 г. на 50 % территории зоны Ю-25 отмечена пониженная плотность животных. Установлена связь между антропогенной нарушенностью растительного покрова на местах падения ОЧ РН и изменением видового разнообразия фауны. В то же время, сделан вывод об отсутствии патологий внутренних органов, цитогенетических и гематологических нарушений у 6-ти отловленных мышевидных грызунов (индикаторный вид в зоне Ю-25). Это дает

основание определить состояние фауны, как близкое к фоновому, с высоким уровнем экологической устойчивости (3 балла).

Вариабельность. При анализе критериев экологической устойчивости, сгруппированных по компонентам окружающей среды, высокая изменчивость определена для показателей состояния атмосферы (метеопараметры и климатические характеристики), ландшафтов (показатель крепости почвогрунтов), природной воды (рН, нитраты, натрий, хлориды), почвенного покрова (рН, число азотфиксирующих микроорганизмов, грибов и бактерий), растительности (проективное покрытие, число видов) и критериев антропогенного воздействия (физическая трансформация почв, химическая трансформация почвы и воды, антропогенная нарушенность растительного покрова, плотность населения зооценозов). Это указывает на сохранение экосистемной зоны Ю-25 естественного баланса сил при существующем риске трансформации экосистемы из-за негативного воздействия техногенной деятельности.

Зонирование. На этапе выявления на территории зоны Ю-25 зон с различными уровнями значений оценочных показателей экологической устойчивости, с привлечением ГИС-технологий, созданы тематические карты. В центральной части зоны Ю-25 выделена зона интенсивного воздействия РКД, занимающая 30 % от общей площади.

Уровень устойчивости экосистемы к воздействию РКД определяется в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Сводная таблица экологических оценок

| Уровень риска | Характеристика экологического риска от РКД | Индекс (в баллах) |
|------------------|--|-------------------|
| <i>Низкий</i> | Условия экологического благополучия, налицо признаки ненарушенности экосистемы | 110...128 |
| <i>Умеренный</i> | Удовлетворительные условия. Состояние нормы, техногенное воздействие на ОС не превышает допустимых нагрузок | 90...109 |
| <i>Средний</i> | Неудовлетворительные условия, техногенное воздействие на ОС нарушает ее устойчивость, появляются признаки трансформации биогеоценоза | 55...89 |
| <i>Высокий</i> | Экологическое бедствие. Плохие условия, идет деградация биогеоценоза | 24...54 |

Суммарная оценка экологической устойчивости зоны Ю-25 в 63 балла указывает на неудовлетворительную ситуацию, связанную с признаками деградации биогеоценоза под воздействием РКД.

Адаптация ценозов зоны Ю-25 к негативному техногенному воздействию обеспечивается климатическими условиями, морфологическими характеристиками почвенного покрова и биологической устойчивостью флоры и фауны на большей части исследованной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд Д.Л. Балльные оценки в географии // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1973. – № 2. – С. 111-123.
2. Глазовская М.А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу / Биохимические циклы. – М.: Наука, 1976. – С. 99-118.
3. Глазовский Н.Ф. Геохимические потоки в биосфере. / Избранные труды в 2 т. Том 1 – М.: Изд-во КМК, 2006. – 535 с.
4. Жубатов Ж. Система критериев экологической устойчивости территории Республики Казахстан к воздействию ракетно-космической деятельности. – Алматы, 2008. – 145 с.
5. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. – М. – Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.
6. Нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву. Утв. совместным приказом Минздрава РК от 30 января 2004 года № 99 и МООС РК от 27 января 2004 года № 21-II.
7. Прикладная экология: учебник для студентов высших учебных заведений / Под ред. В.В. Дмитриева, А.И. Жирова, А.Н. Ласточкина. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 608 с.

Поступила 20.06.2013

| | |
|-----------------------|----------------|
| Техн. ғылымд. докторы | Ж. Жубатов |
| Биол. ғылымд. канд. | Ш.С. Бисариева |
| | Е.Ю. Степанова |

«СОЮЗ» ЗЫМЫРАН-ТАСЫҒЫШЫНЫҢ БҮЙІР БЛОКТАРЫНЫҢ ҚҰЛАУ АУДАНДАРЫ АУМАҚТАРЫНЫҢ (Ю-25 АЙМАҚ) ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ

*Қарағанды облысының Ұлытау ауданында орналасқан
«Союз» зымыран-тасығышының (ЗТ) бүйір блоктарының Ю-25*

аймағындағы штатты құлау аумақтарындағы (жұмысы аяқталған бірінші сатыларының) табиғи нысандардың экологиялық жай-күйін бағалау нәтижелері ұсынылған. Экологиялық тұрақтылық өлшемдерін жүйелі талдау барысында, зерттеу аумағының орталық бөлігінің 30 % көлеміндегі қоршаған орта нысандары интенсивті техногенді әсердің ықпалында екені анықталды. Топырақ пен өсімдік жамылғыларының көмірсутекті зымыран отынымен (Т-1 керосині) ластануға өте сезімтал екені анықталды. Ю-25 аймағының жай-күйінің зарыштық-зымыран қызметінің әсеріне экологиялық тұрақтылығы, биогеоценоздың өзгеру белгілерімен қатар, балдық бағалау бойынша орташа деңгейге сәйкес келеді.