

УДК 581.524.3

В.М. Феодоритов¹, А.В. Шарапова², Т.В. Королева³, П.П. Кречетов⁴

СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РАЙОНАХ ПАДЕНИЯ СТУПЕНЕЙ РАКЕТ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)

Рассмотрена структура растительного покрова полупустынных ландшафтов в районах падения первых ступеней ракет-носителей «Союз» на юго-западе Карагандинской области в Республике Казахстан. Определена степень воздействия ракетно-космической деятельности по сравнению с традиционными типами антропогенной трансформации аридных экосистем (выпас, пожары). На примере разновозрастных мест падения ступеней ракет на основании фитоценологических, структурных и ценопопуляционных показателей сообщества разделены по степени их деградации. Осуществлена оценка уязвимости различных экосистем к воздействию ракетно-космической деятельности. В 10 местах падения боковых блоков первых ступеней ракет выделены 4 комплекса растительных ассоциаций: балхашско-караганово-белоземельно-полынный, сарептско-ковыльно-белоземельно-полынный, песчано-рогачево-белоземельно-полынный и шерстисто-климакоптерово-белоземельно-полынный. Они представляют различные группы ассоциаций, объединенные ландшафтной позицией и степенью хозяйственной трансформации.

Влияние ракетно-космической деятельности представлено механическим, химическим и пирогенным воздействием на экосистемы. В целом оно носит локальный характер. Только пирогенное воздействие в местах падения ступеней ракет в отдельных случаях может привести к масштабным нарушениям растительности. С увеличением возраста места падения повышается значимость качественных показателей фитоценоза (соотношение эколого-ценотических групп растений, возрастная структура доминантов) для определения степени его деградации. Сообщества с наибольшей степенью деградации, как правило, формируются в местах падения двигателей и на сгоревших площадях и в большинстве случаев занимают площадь не более 100 м² (для одного места падения). Наиболее уязвимы к техногенному воздействию в местах падения ступеней ракет сообщества балхашско-караганово-белоземельно-полынного комплекса. В них из-за медленного роста кустарников *Caragana balchaschensis* и *Salsola arbuscula* восстановительные сукцессии могут идти более 20 лет. Сообщества песчано-рогачево-белоземельно-полынного и шерстисто-климакоптерово-белоземельно-полынного комплексов, имеющие однородный флористический состав и простую структуру, восстанавливаются после нагрузки в местах падения ступеней ракет менее чем за 5 лет.

Ключевые слова: ракетно-космическая деятельность, районы падения ступеней ракет-носителей, аридные ландшафты, трансформация растительности, деградация, уязвимость.

Введение. Изучение антропогенного влияния на пустынные и полупустынные ландшафты представляется крайне важным в ключе современных проблем распространения опустынивания и деградации земель в аридных регионах. Анализ особенностей влияния хозяйственного и техногенного воздействия на разные типы пустынных экосистем необходим для организации рационального природопользования в регионе. В Центральном Казахстане влияние ракетно-космической деятельности в районах падения ступеней ракет-носителей – один из значимых видов антропогенного воздействия на ландшафты наряду с традиционным видом хозяйственных нагрузок – пастбищной дигрессией и ее следствиями (ускоренная эрозия и дефляция почв, пожары). Ежегодно с космодрома Байконур осуществляется 10–12 запусков ракет-носителей

(РН) «Союз» и 8–10 запусков РН «Протон». Для приема отработавших первых ступеней ракет наиболее часто используются районы падения, расположенные в Улытауском районе Карагандинской области. Их общая площадь для ступеней РН «Союз» составляет 2104 км², для РН «Протон» – 1664 км².

Масштаб и степень экологических последствий от техногенного воздействия ракетно-космической деятельности (РКД) в пустынных ландшафтах обусловлены ландшафтными условиями мест падения, особенностями погодных условий в момент падения и эвакуации фрагментов, сезоном года, а также особенностями приземления и разрушения конструкции ступени. В среднем общая площадь проявления воздействия составляет 3000 м² от падения первой ступени РН «Союз» и 6200 м² от РН «Протон».

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, лаборатория экологической безопасности, инженер; e-mail: biogeodvijenie@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, лаборатория экологической безопасности, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: avsharapova@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, лаборатория экологической безопасности, заведующий лабораторией, канд. геогр. н.; e-mail: korolevat@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, доцент, канд. биол. н.; e-mail: krechetov@mail.ru

Изменения характеристик растительности служат индикатором влияния антропогенного воздействия, основные типы которого в исследуемом регионе представлены выпасом и пожарами [Булахтина, Шагайпов, 2011]. В результате неумеренного выпаса происходит выпадение из сообщества поедаемых видов (дерновинных злаков и полыней), их замена на мелкие злаки и однолетники (*Ceratocarpus arenarius*, *Alyssum desertorum*, *Climacoptera lanata*), упрощение структуры и снижение общего проективного покрытия фитоценоза [Воронцова, 1992; Шамсутдинов, Шамсутдинов, 2010]. На аридных территориях пожары случаются почти во всех типах сообществ [Кречетов и др., 2011; Рябцов, 2010]. Наиболее подвержены возгоранию злаковые и полынные ассоциации, а также их комплексы. В сообществах ассоциаций, восстановившихся на месте выгоревших, изменяются состав и структура травостоя. При длительном периоде воздействия высокой температуры и отсутствии осадков пожар полностью уничтожает все ксерофитные полукустарнички и полукустарники, а также старые растения дерновинных злаков, у которых почки роста расположены над землей [Танфильев, 1936]. На горях в первые годы возобновляются только молодые особи многолетних злаков и разнотравья, а также однолетники. Ракетно-космическая деятельность в местах падения ступеней представляет собой специфическую форму антропогенного воздействия, влияющего на ландшафты совместно с перевыпасом и пожарами.

Цель исследования – оценка состояния растительности на разновозрастных местах падения ступеней ракет. Решались следующие задачи: установление природных и антропогенных факторов, определяющих степень трансформации растительности; характеристика пространственной структуры растительности в местах падения; оценка степени деградации сообществ на основе показателей их состояния; определение уязвимости растительных сообществ к техногенному воздействию по характеру возобновления растительности.

Материалы и методы исследований. Исследование основано на данных, собранных в мае 2014 г. в 10 разновозрастных (2006–2014) местах падения первых ступеней ракет-носителей «Союз», расположенных в разных ландшафтах с разной исходной антропогенной трансформацией сообществ. На каждом месте падения растительность описывалась на 2 площадках: на фоне (в фитоценозах, которые не нарушены воздействием РКД) и в сообществах, испытавших техногенное воздействие от падения ступени. В ходе полевых исследований составлено 20 геоботанических описаний на площадках размером 100 м².

Для определения структуры и характера нарушений растительности на каждом месте падения выделены и описаны типы фитоценозов. Для отображения пространственной структуры растительного покрова применялся метод дешифрирования крупномасштабных аэрофотоснимков (1:1000) мест

падения ступеней. На основе ранее выполненных работ [Экологический..., 2011] и с учетом полевых материалов при проведении исследований в других районах падения ступеней ракет в Центральном Казахстане предложен принцип деления сообществ по степени их деградации, в основе которого лежит набор следующих показателей, характеризующих структурно-функциональные особенности экосистем [Неронов, 2007; Дубинин и др., 2010]:

- ценопопуляционные (жизненность доминантов; возрастной спектр ценопопуляции коренных доминантов);

- фитоценоотические (соотношение экологических групп и жизненных форм растений; проективное покрытие (ПП) сорных и пионерных видов (% от общего ПП));

- структурные (общее проективное покрытие; средняя высота травостоя; морфометрические показатели доминантов).

По этим показателям выделены 4 степени деградации сообществ (слабо-, средне-, сильно- и очень сильно деградированные) (табл. 1). Каждую ассоциацию относили к конкретной степени деградации в том случае, когда критерии хотя бы одного из показателей удовлетворяли этой степени деградации (табл. 1). По мере увеличения возраста места падения значимость ценопопуляционных и фитоценоотических показателей возрастает по сравнению со структурными (количественными), так как с ходом сукцессии меняется видовой и возрастной состав сообщества [Воронцова, 1992]. Оценка характера протекания восстановительных сукцессий на разновозрастных местах падений, занятых разными комплексами растительности, выполнена путем сравнения показателей фоновой и нарушенной (место падения) площадок (рисунок).

Результаты исследований и их обсуждение.

Территория исследований находится в Улутауском районе (Карагандинская область) в юго-западных отрогах Казахского мелкосопочника и представляет собой возвышенную волнистую равнину, сильно изрезанную долинами мелких временных водотоков (притоки р. Кумола). Климат умеренный континентальный, с годовым количеством осадков 150–200 мм, максимум которых приходится на май. Территория расположена в пределах подзоны северных пустынь и относится к Центрально-Северотуранской ботанико-географической подпровинции Ирано-Туранских пустынь [Рачковская, Сафронова, 1992]. Комплексность почвенно-растительного покрова проявляется в сочетании на небольших участках дерновинно-злаковых и полынно-солянковых сообществ на бурых пустынно-степных почвах. На автоморфных позициях преобладают сообщества из ковыля сарептского (*Stipa sareptana*), полыни белоземельной (*Artemisia terra-albae*) с участием ксерофильных кустарников караганы балхашской (*Caragana balchaschensis*) и лебеды седой (*Atriplex cana*). Для засоленных почв в нижних частях долин и на надпойменных террасах характерны сообщества ежовника солончакового (*Anabasis salsa*), нанофитона

Таблица 1

Критерии состояния фитоценозов и шкала степени их деградации под воздействием РКД

Степень деградации фитоценозов	Показатели состояния фитоценозов				
	жизненность коренных доминантов	возрастной спектр ценопопуляций коренных доминантов	соотношение жизненных форм растений в сообществе	ПП сорных и рудеральных видов, % от общего ПП	Общее ПП растительности, % от исходного
Слабая (экологическое благополучие)	хорошая	нормальный возрастной спектр	абсолютное преобладание травянистых, кустарничковых и кустарниковых многолетников	<20	>90
Умеренная	слабая угнетенность	нарушение возрастного спектра, до 20% особей погибают	снижение доли многолетников, появление сорных однолетников	20–40	70–90
Сильная	сильная угнетенность	регрессивный тип возрастного спектра (преобладание старых особей), до 50% особей погибают	переход сорных однолетников на позиции содоминантов	40–70	50–70
Очень сильная	коренные доминанты отсутствуют	полное уничтожение ценопопуляции	абсолютное преобладание сорных и пионерных однолетников	>70	<50

ежового (*Nanophyton erinaceum*) и других сочно-тебелных солянок [Ботаническая..., 2003].

На вершинах сопков по берегам р. Кумола формируются кустарниковые группировки из караганы балхашской, практически не затронутые антропогенным воздействием в течение нескольких десятков лет. Большинство ландшафтов на изучаемой территории вторичные, измененные в результате хозяйственной деятельности. На многих территориях наблюдается неумеренный выпас скота, ведущий к нарушению почвенно-растительного покрова. Из-за пастбищной дигрессии из травостоя выпадают типичные виды, которые заменяются однолетниками (*Eremopyrum orientale*, *Poa bulbosa*, *Ceratocarpus arenarius*, *Alyssum desertorum*), что способствует повышению степени пожарной опасности в сообществах.

На основании полевых исследований и дешифрирования космических снимков DigitalGlobe 2014 определено, что более 50% площади в пределах исследованных районов падения ступеней ракет заняты пирогенно-трансформированными песчано-рогачево-белоземельно-полынными (*Ceratocarpus arenarius* – *Artemisia terra-albae*) и сарептско-ковыльными фитоценозами с молодым возрастным спектром популяций доминантов. Устойчивость этих сообществ к воздействию огня подтверждается данными других исследователей [Булахтина, Шагайпов, 2011; Максимова, Неронов, 2013].

Техногенное воздействие на ландшафты в местах падения первой ступени РН «Союз» подразде-

ляется на 3 основных вида: механическое повреждение растений и турбированность почвенных горизонтов; пирогенное – сгорание надземных частей растений, а также почек роста; химическое – повреждение от пролитых остатков компонентов ракетного топлива (керосина и перекиси водорода) на почву и растительность. В зависимости от характера приземления ступени ракеты эти виды воздействий проявляются в разной степени, чем определяются масштаб и степень трансформации растительности.

Загрязнение почвы и растений компонентами топлива и продуктами их сгорания всегда носит локальный характер и, как правило, приурочено к местам падения топливных баков [Дымова, 2009]. Сразу после падения ступени химическое воздействие проявляется в некрозах надземных органов растений, а через несколько лет после падения его уже невозможно диагностировать.

Площадь пирогенного воздействия при возгорании или взрыве топлива на местах падения отработавших ступеней, в случае способствующих пожарам метеоусловий и наличия горючего растительного материала, может достигать нескольких десятков и даже сотен тысяч квадратных метров.

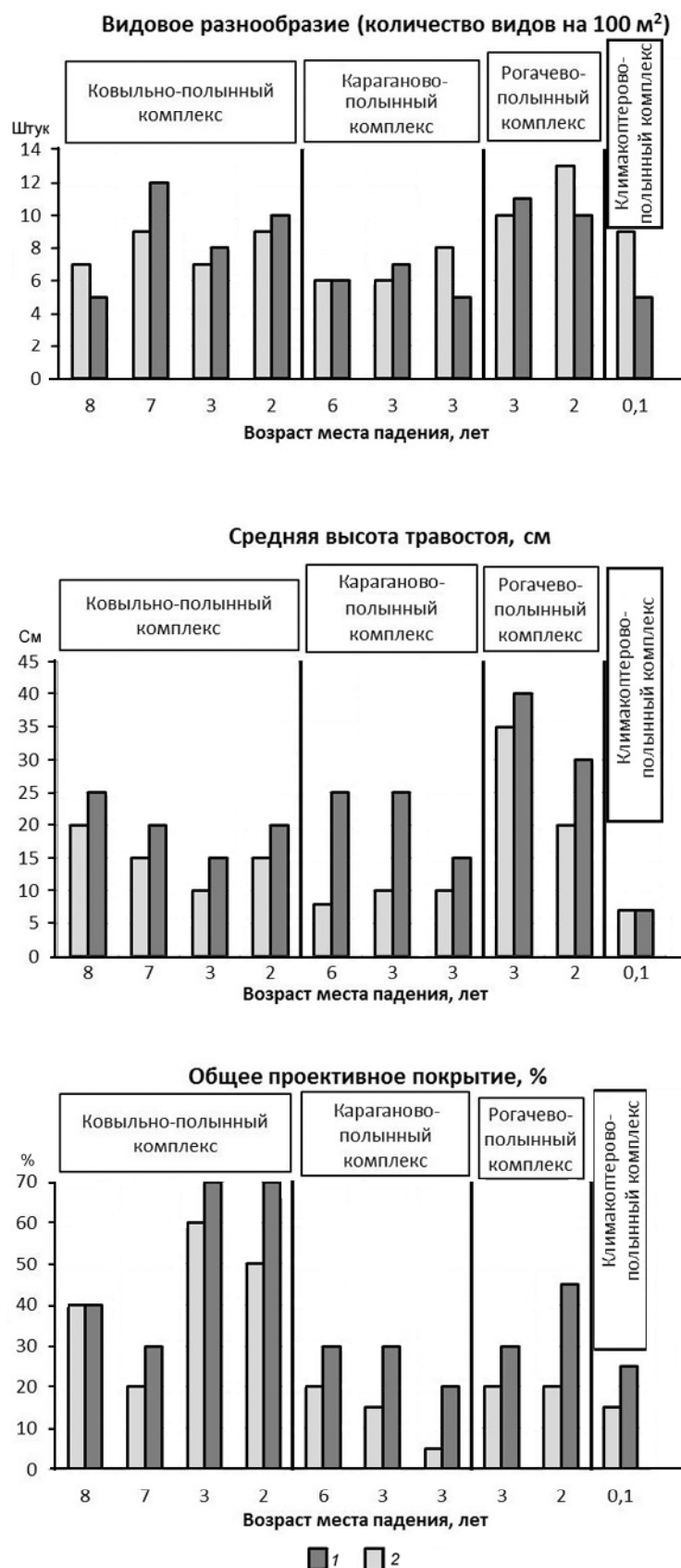
Наибольший ущерб растительным сообществам наблюдается при механическом воздействии, возникающем в результате падения двигателей ступени, однако площадь таких нарушений редко превышает 50 м². Площадь и степень механических повреждений, нанесенных компонентам экосистем, увеличиваются при эвакуации фрагментов ступени

с места падения из-за проезда тяжелой техники, участвующей в эвакуации. Интенсивность механических воздействий на экосистемы возрастает весной после снеготаяния, когда при проезде техники не только ломаются надземные части растений, но и образуются глубокие автомобильные колеи в рыхлом переувлажненном грунте. Обычно площадь такого воздействия не превышает 3000 м² [Дымова, 2009]. Зимой, в условиях промерзания грунта и повсеместного распространения снежного покрова, повреждаются только крупные многолетние полукустарники семейств маревых и бобовых с ломкими ветвями (*Caragana balchaschensis*, *Atriplex cana*, *Eurotia ceratoides*, *Kalidium caspicum*, *Salsola arbuscula*). Площадь нарушенных экосистем сильно увеличивается в случае приземления ступени со взрывом и сильным разбросом фрагментов. По характеру нарушений растительности на старых местах падения точно устанавливается только механическое воздействие в центральном месте удара (по турбированности почвы в месте падения наиболее тяжелых элементов ступени – двигательных установок). Наличие химического или пирогенного воздействия на старовозрастных местах падения выявляется только по косвенным признакам (обгорелые куртины растений).

Растительные сообщества обладают разной чувствительностью к техногенному воздействию, и, соответственно, ущерб от падения и эвакуации фрагментов ступени ракеты (при условии одинакового характера падения и сезона года, а также возраста места падения) различается. Так, полынно-кустарниковые пустыни, развитые на вершинах сопок и гряд в местах выхода скального основания, значительно более чувствительны к антропогенным нарушениям, чем разреженные группировки однолетников, распространенные на склонах водоразделов и в долинах саев.

В местах падения ступеней выделены 4 комплекса растительных ассоциаций (табл. 2), под которыми понимается совокупность сообществ, объединенных эдификаторами, положением в пределах конкретной ландшафтной позиции, имеющих одинаковую степень исходной (не связанной с РКД) антропогенной трансформации. Выделенные ассоциации представляют эдафические варианты растительности, различающиеся по видовой структуре, которая определяется степенью увлажнения экотопа и особенностям почв.

Балхашско-караганово-белоземельно-полынный комплекс (*Caragana balchaschensis*–*Artemisia terra-albae*)



Показатели состояния фитоценозов нарушенных и фоновых участков на разновозрастных местах падения первых ступеней РН «Союз»: 1 – фон; 2 – место падения

Indicators of the state of plant communities on disturbed and background sites within the different-age disposal areas of the «Soyuz» launcher-vehicle first stages: 1 – background; 2 – crash site

Т а б л и ц а 2

Структура растительности на местах падения первых ступеней РН «Союз» (2014 г.)

Комплекс	Ассоциация
Балхашско-караганово-белоземельно-попынный	Караганово-попынная
	Нанофитоново-попынная
	Попынная
Сарептско-ковыльно-белоземельно-попынный	Ковыльно-попынная
	Ковыльно-попынная (с терескеном)
	Попынная
	Попынно-нанофитоновая
	Попынно-эфедрово-ковыльная
	Лебедово-попынная
	Лебедово-ковыльно-попынная
Песчано-рогачево-белоземельно-попынный	Рогачево-попынная
	Мортуково-рогачевая
	Ковыльная
	Мертвопокровная (с ферулой и ревенем)
	Клоповниково-гультемирово-ковыльная
Шерстисто-климакоптерово-белоземельно-попынный	Климакоптеровая (с ревенем)
	Климакоптерово-попынная (с ревенем)
	Бассиево-колосняковая

занимает водоразделы р. Кумола, вершины гряд и сопок в местах выхода скального основания на поверхность. В этом ландшафте характерны мало-развитые, сильнокаменистые бурые полупустынные почвы. В сообществах помимо полыни преобладают многолетние ксерофитные полукустарники (*Caragana balchaschensis*, *Kalidium caspicum*, *Salsola arbuscula*), крайне восприимчивые к техногенной нагрузке. Фоновая антропогенная нагрузка на территории практически отсутствует.

Оценка состояния растительности комплекса на 3 местах падения выявила сильную степень деградации сообществ в пределах центрального места удара ступени на площади 20–100 м². В этой зоне, где присутствует механическое воздействие от удара, отмечается значительное снижение общего проективного покрытия (на 30–65% по сравнению с фоном) и средней высоты травостоя (на 30–70%) (рисунки). В фитоценозах отсутствуют молодые особи, не возобновляются коренные доминанты (кустарники). Растительность представлена сообществами начальной стадии сукцессии – пионерными группировками солянки холмовой (*Salsola collina*). После выпадения караганы – основного эдификатора фитоценоза – из-за низкой скорости роста кустарников для полного восстановления сообществ этого комплекса, вероятно, требуется несколько десятилетий.

Сарептско-ковыльно-белоземельно-попынный комплекс (*Stipa sareptana*–*Artemisia terraealbae*) наиболее распространен в исследуемых районах падения. Он занимает плоские и слабонаклонные поверхности водоразделов на участках без скальных гряд с бурыми полупустынными, местами слабокаменистыми почвами. В сообществах

преобладают многолетние полукустарнички и плотнотравянистые злаки, устойчивые к выпасу [Дубинин и др., 2010]. Полное уничтожение фитоценозов этого комплекса огнем с выжиганием почек роста многолетников, судя по возрастной структуре доминантов, не происходило, по крайней мере в течение последних 20 лет. В пределах распространения техногенного воздействия от РКД отмечено снижение общего проективного покрытия и средней высоты травостоя (на 20–30% по сравнению с фоном) (рисунки). Сильно деградированные фитоценозы с угнетенным состоянием коренных доминантов и преобладанием сорного разнотравья (в том числе однолетников) занимают площадь до 200 м² в пределах центрального места удара ступени и в зоне вероятного пирогенного воздействия от падения ступени. Чередувание доминантов и быстрый рост молодых особей в полынно-ковыльных фитоценозах позволяет им довольно быстро восстанавливаться после сильных техногенных нагрузок, иногда минуя стадию однолетников.

Песчано-рогачево-белоземельно-попынный комплекс (*Ceratocarpus arenarius*–*Artemisia terraealbae*) занимает плоские поверхности водоразделов с бурыми полупустынными почвами. В нем преимущественно представлены фитоценозы, сформированные под постоянным воздействием пожаров, устойчивые к выгоранию (с быстрым восстановлением доминантов), или фрагментарные группировки, близкие к пирогенным пустошам. Сообщества комплекса представляют собой производные от ковыльно-попынных ассоциаций. В пустынях пожары, повторяющиеся из года в год, обеспечивают высокую изменчивость сообществ, когда доминирующие виды (*Stipa sareptana*, *Ceratocarpus arenarius*,

Artemisia terra-albae) чередуются, сменяя один другой, раз в несколько лет [Рябцов, 2010]. Многолетние полукустарнички и травы в связи с этим имеют молодой состав ценопопуляций. Фоновый доминант – рогач песчаный.

Шерстисто-климакоптерово-белоземельно-полынный комплекс (Climacoptera lanata–Artemisia terra-albae) занимает вершинные поверхности и верхние части склонов гор Бестобе с бурыми полупустынными почвами. Сообщества комплекса сформированы под влиянием повышенной нагрузки от выпаса скота и представляют собой одну из стадий пастбищной дигрессии ковыльно-полынных пустынь. В видовом составе большую долю составляют сорные однолетние виды, представляющие эксплерентную стратегию выживания (быстро занимающие нарушенные местообитания). В отдельных сообществах они доминируют (климакоптера шерстистая). При многолетней пастбищной нагрузке и влиянии пожаров большинство компонентов рогачево-полынного и климакоптерово-полынного комплексов изначально имеет более высокую степень антропогенной нарушенности, чем коренные сообщества. Для сообществ этих двух комплексов в местах падения ступеней ракет выделена очень сильная степень деградации на площади до 1400 м². В нарушенных сообществах в зоне техногенного воздействия от удара ступени общее покрытие и средняя высота травостоя меньше по сравнению с фоном, однако видовое разнообразие выше за счет появления в них сорных однолетников (рисунок). В результате наложения механической нагрузки от падения и эвакуации фрагментов ступеней на уже существующую нарушенность формируются фрагментарные группировки однолетников. Сообщества рогача песчаного, мортука восточного и климакоптеры шерстистой восстанавливаются на их месте в течение нескольких лет.

Для сообществ балхашско-караганово-белоземельно-полынного комплекса по мере увеличения возраста места падения отмечено увеличение отношения общего проективного покрытия травостоя нарушенного фитоценоза к фоновому показателю (от 0,25 для 3-летнего до 0,67 для 6-летнего), что характеризует ход восстановительных сукцессий.

Выводы:

– для территорий районов падения первых ступеней ракет-носителей «Союз» и «Протон» в Центральном Казахстане характерна комплексность почвенно-растительного покрова, сформированная

ландшафтными особенностями территории и длительным влиянием антропогенной нагрузки. Традиционная нагрузка в виде выпаса скота и сезонных пожаров привела к трансформации значительной части коренных пустынных сообществ во вторичные бедные и низкопродуктивные группировки однолетников;

– в целом воздействие от падения и эвакуации фрагментов ступеней носит локальный характер и не приводит к масштабным нарушениям растительности в пределах рассмотренных районов падения;

– количественные показатели фитоценоза (снижение площади общего проективного покрытия, изменение средней высоты травостоя) можно использовать для определения степени деградации сообществ в местах падения любого возраста. Для нарушенных сообществ в местах падения старше 3 лет наиболее значимыми становятся качественные показатели фитоценоза: возрастная структура и жизненность коренных доминантов, а также соотношение эколого-ценотических групп и жизненных форм растений в сообществе;

– существенная смена структуры и флористического состава (деградация) коренных сообществ (ковыльно-полынных и караганово-полынных) происходит на небольших площадях в местах падения ступеней ракет в силу локальности воздействия. Наиболее деградированные сообщества распространены в местах падения двигателей на площади менее 100 м²;

– в местах падения ступеней ракет из четырех выделенных комплексов растительных ассоциаций наиболее уязвимы к механическому и пирогенному воздействию сообщества балхашско-караганово-белоземельно-полынного комплекса, в которых в силу литолого-эдафических условий и особенностей роста коренных доминантов восстановительные сукцессии идут медленнее (более 20 лет);

– наименее уязвимы к техногенной нагрузке сообщества песчано-рогачево-белоземельно-полынного и шерстисто-климакоптерово-белоземельно-полынного комплексов, функционирующих в условиях постоянного антропогенного воздействия выпаса и пожаров. В этих сообществах из-за однородного флористического состава и простой структуры, а также из-за устойчивости однолетних доминантов к нагрузке от воздействия ракетно-космической деятельности на местах падения ступеней ракет восстановление растительности происходит довольно быстро – в течение 2–5 лет.

Благодарности. Исследование (анализ и обработка данных) выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-27-00083).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). СПб., 2003. 424 с.

Булахтина Г.К., Шагайнов М.М. Восстановительные сукцессии растительности на полупустынных естественных пастбищах, подвергнутых пирогенному воздействию // Изв.

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4(24). С. 1–5.

Воронцова Л.И. Фитоценоз. Оценка состояния и устойчивости экосистем. М.: ВНИИ природа, 1992. С. 72–76.

Дубинин М.Ю., Луцкина А.А., Раделов Ф.К. Оценка современной динамики пожаров в аридных экосистемах по материалам космической съемки (на примере Черных Земель) // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 3. С. 5–16.

Дымова Т.В. Критерии устойчивости фитоценозов под влиянием антропогенных воздействий // Естественные науки. Астрахань: Изд-во Астраханского ун-та, 2009. № 2. С. 20–26.

Кречетов П.П., Неронов В.В., Королева Т.В., Черникова О.В. Трансформация почвенно-растительного покрова на местах падения первых ступеней ракет-носителей // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17, № 1. С. 55–64.

Максимова В.Ф., Неронов В.В. Антропогенные факторы и динамика растительности Черных Земель Калмыкии во второй половине XX в. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 2. С. 78–83.

Неронов В.В. Оценка состояния фитоценозов на территориях, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности // Экологическое сопровождение ракетно-космической

деятельности: Мат-лы науч.-практ. конф. М.: ЦЭНКИ-МГУ, 2007. С. 31–42.

Рачковская Е.И., Сафронова И.Н. Новая карта ботанико-географического районирования Казахстана и Средней Азии в пределах пустынной области // Географическое картографирование. СПб., 1992. С. 33–49.

Рябцов С.Н. Формирование степного биогеоценоза под воздействием пирогенного фактора // Безопасность в техносфере. № 1. М.: Науч.-изд. центр ИНФРА-М, 2010. С. 17–19.

Танфильев В.Г. Опыты по выжиганию старой сухой травы в условиях степной зоны // Сов. ботаника. 1936. № 6. С. 82–88.

Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Учение Н.Т. Нечаевой о пустынных пастбищах // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 2. С. 11–29.

Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности. Принципы и методы / Под ред. Н.С. Касимова, О.А. Шпигуна. М.: Рестарт, 2011. С. 198–204.

Поступила в редакцию 08.10.2015

Принята к публикации 28.04.2016

V.M. Feodoritov¹, A.V. Sharapova²,
T. V. Koroleva³, P.P. Krechetov⁴

STATE OF VEGETATION IN THE DISPOSAL AREAS OF ROCKET STAGES (CENTRAL KAZAKHSTAN)

The structure of vegetation of semi-desert landscapes in the disposal areas of the «Soyuz» launcher-vehicle first stages in the south-west of the Karaganda region (Republic of Kazakhstan) is considered. The degree of the rocket-space activity impact was compared with traditional types of the anthropogenic transformation of arid ecosystems, i.e. grazing and fires. Plant communities in disposal areas of different ages were classified according to the degree of degradation on the basis of phytocenotic, structural and cenopopulation indicators. The vulnerability of different ecosystems to the rocket-space activity impact was evaluated. Four complexes of associations were identified in ten disposal areas of first rocket stages side blocks, namely *Caragana-Artemisia*, *Stipa-Artemisia*, *Ceratocarpus-Artemisia*, and *Climacoptera-Artemisia*. They represent various groups of associations, united by their position in landscape and the degree of agricultural transformation.

The influence of rocket-space activity includes mechanical, chemical and pyrogenic impact on ecosystems. In general, it is of local character. It is only pyrogenic impact in disposal areas of rocket stages that in some cases could produce major disturbances of vegetation. The qualitative indicators of phytocenosis (the ratio of ecological-coenotic groups of plants and the age structure of the dominants) gain in importance for the degree of degradation assessment with the increasing age of the rocket stages disposal areas. Usually communities with the highest degree of degradation are forming in the main engines disposal areas and within the burned areas. In most cases, such communities occupy less than 100 m² (for one disposal area). Communities of *Caragana-Artemisia* complex are the most vulnerable to the technogenic impact in the disposal areas of rocket stages. Because of the slow growth of *Caragana balchaschensis* and *Salsola arbuscula* shrubs the restorative successions could take more than 20 years there. Communities of *Ceratocarpus-Artemisia* and *Climacoptera-Artemisia* complexes, which have homogenous floristic composition and simple structure, could restore in the disposal areas of rocket stages in less than 5 years after the impact.

Key words: space-rocket activity, disposal areas of rocket stages, arid landscapes, transformation of vegetation, degradation, vulnerability.

Acknowledgements. The study (data analysis and processing) was financially supported by the Russian Scientific Foundation (project N 14-27-00083).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Laboratory of Environmental Safety, Engineer; e-mail: biogeodvijenie@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Laboratory of Environmental Safety, Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: avsharapova@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Laboratory of Environmental Safety, Head of the Laboratory, PhD. in Geography; e-mail: korolevat@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Associate Professor, PhD. in Biology; e-mail: krechetov@mail.ru

REFERENCES

- Botanicheskaja geografiya Kazakhstana i Srednej Azii (v predelakh pustynnoj oblasti) [Botanical geography of Kazakhstan and Middle Asia (within desert region)], Rachkovskaja E.I., Volkova E.A., Hramcov V.N. (red.), SPb., 2003, 424 p. (in Russian).
- Bulahtina G.K., Shagaipov M.M. Vosstanovitel'nye sukcesii rastitel'nosti na polupustynnyh estestvennyh pastbishhah, podvergnutyh pirogennomu vozdeystviyu [The spontaneous successions of vegetation on semi-desert natural pastures subjected to pyrogenic impact], Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie, 2011, no 4(24), pp. 1–5 (in Russian).
- Dubinin M.Ju., Lushhechina A.A., Radelof F.K. Ocenka sovremennoj dinamiki pozharov v aridnyh jekosistemah po materialam kosmicheskoy s'emki (na primere Chernyh Zemel') [An evaluation of the present dynamics of fires in arid ecosystems using satellite imagery data (on the example of the Black Lands)], Aridnye jekosistemy, 2010. Vol. 16, no 3, pp. 5–16 (in Russian).
- Dymova T.V. Kriterii ustojchivosti fitocenozov pod vlijaniem antropogennyh vozdeystvij [Stability criteria of phytocenoses under the influence of anthropogenic impacts], Estestvennye nauki, Astrahan': Izd-vo Astrahanskogo un-ta, 2009, no 2, pp. 20–26 (in Russian).
- Jekologicheskij monitoring raketno-kosmicheskoy dejatel'nosti. Principy i metody [Ecological monitoring of space-rocket activity], pod red. N.S. Kasimova, O.A. Shpiguna, Moscow, Restart, 2011, pp. 198–204 (in Russian).
- Krechetov P.P., Neronov V.V., Koroleva T.V., Chernicova O.V. Transformaciya pochvenno-rastitelnogo pokrova na mestah padenya pervyh stupenej vaket-nositeley [Transformations of soil-vegetation cover in the places of fall of the boosters' first stages], Arid Ecosystems, 2011, Vol. 17, no 1, pp. 55–64 (in Russian).
- Maksimova V.F., Neronov V.V. Antropogennye faktory i dinamika rastitel'nosti Chernyh Zemel' Kalmykii vo vtoroj polovine XX v. [Anthropogenic factors and vegetation dynamics of the Black Lands of Kalmykia during the second half of the twentieth century], Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5, Geografija, 2013, no 2, pp. 78–83 (in Russian).
- Neronov V.V. Ocenka sostojanija fitocenozov na territorijah, podverzhennyh vozdeystviyu raketno-kosmicheskoy dejatel'nosti [Assessment of plant communities in the territories subjected to the space-rocket activity influence], Jekologicheskoe soprovozhdenie raketno-kosmicheskoy dejatel'nosti: Sbornik statej (materialy nauchno-prakticheskoy konferencii), Moscow, CENKI-MGU, 2007, pp. 31–42 (in Russian).
- Rachkovskaja E.I., Safronova I.N. Novaja karta botaniko-geograficheskogo rajonirovanija Kazakhstana i Srednej Azii v predelakh pustynnoj oblasti [New map of botanical-geographical zoning of Kazakhstan and Central Asia within desert region], Geograficheskoe kartografirovanie, SPb., 1992, pp. 33–49 (in Russian).
- Rjabcov S.N. Formirovanie stepnogo biogeocenoza pod vozdeystviem pirogennogo faktora [Formation of steppe ecosystem under the influence of pyrogenic factor], Bezopasnost' v tehnosfere, Moscow, Nauchno-izdatel'skij centr INFRA-M, 2010, no 1, pp. 17–19 (in Russian).
- Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z. Uchenie N.T. Nechaevoj o pustynnyh pastbishhah [N.T. Nechaeva doctrine about the desert pastures], Aridnye jekosistemy, 2010. Vol. 16, no 2, pp. 11–29 (in Russian).
- Tanfil'ev V.G. Opyty po vyzhiganiju staroj suhoj travy v uslovijah stepnoj zony [Experiments on the burning of old dry grass in the conditions of the steppe zone], Sov. Botanika, 1936, no 6, pp. 82–88 (in Russian).
- Voroncova L.I. Fitocenozy [Phytocenosis], Ocenka sostojanija i ustojchivosti jekosistem, Moscow, VNIi priroda, 1992, pp. 72–76 (in Russian).

Received 08.10.2015

Accepted 28.04.2016