



УДК.692.78.001.5(574)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕР РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТОПЛИВА

*Е.В. Надежкина, В.А. Вихрева, О.В. Молодова,
Е.С. Надежкина, Т.И. Хустнетдинова*

ФГБОУ ВПО Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)
125993, Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское ш., д. 4
Тел.: (8-499) 158-91-36; e-mail: o-molodova@rambler.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.02.005

Заключение совета рецензентов: 29.04.15 Заключение совета экспертов: 05.05.15 Принято к публикации: 07.05.15

Использование ракет космического назначения Ангара-А5 тяжелого класса на космодроме Восточный с экологически чистыми компонентами ракетного топлива (КРТ) (керосин – жидкий кислород) позволит значительно сократить выбросы и проливы КРТ на стартовом комплексе и обеспечить экологическую безопасность в районе космодрома.

Проведена рекультивация загрязненной почвы с использованием селената натрия, которая приводит к повышению активности микроорганизмов, увеличению скорости минерализации органического вещества, повышению нитрифицирующей и ферментативной способности серой лесной почвы, что способствует сохранению и восстановлению ее плодородия.

Ключевые слова: селенат натрия, химическое загрязнение, авиационный керосин, гидразиновые горючие, биологическая активность почвы.

ON IMPROVING SAFETY OF OPERATION OF ROCKET-SPACE SYSTEMS USING MEASURES OF REMEDIATION OF LANDS CONTAMINATED BY DIFFERENT TYPES OF FUELS

*E.V. Nadezhkina, V.A. Vihreva, O.V. Molodova, E.S. Nadezhkina,
T.I. Hustnutdinova*

Moscow Aviation Institute (National Research University)
4 Volokolamskoe Drive, GSP-3, A-80, Moscow, 125993 Russian Federation
Tel.: +7 (499) 195-91-36, e-mail: o-molodova@rambler.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.02.005

Referred 29.04.15 Expertise 05.05.15 Accepted 07.05.15

Using heavy space rockets Angara-A5 on Vostochny Spaceport with environmentally friendly components of rocket fuel (kerosene – liquid oxygen) would allow significantly reducing emissions and spills from the Space Rocket Machinery on the launch pads and to ensure environmental safety in the spaceport area.

Treatment of contaminated soil using sodium selenate increases the microbial activity, mineralization rate, nitrifying and enzymatic capacity of mineralization of grey forest soil. This effects the conservation and restoration of the soil fertility.

Keywords: sodium selenate, chemical pollution, aviation petroleum, hydrazine fuel, the biological activity of the soil.





*Надежкина
Елена Валентиновна
Elena V. Nadezhkina*

Сведения об авторе: доктор биологических наук, профессор кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Московского авиационного института (Национального исследовательского университета); научно-педагогический стаж более 28 лет. Имеет 2 патента. Награждена дипломом III-й степени и бронзовой медалью за участие в VII Российской агропромышленной выставке «Золотая осень». Член 2 диссертационных советов по специальности «Экология»

Образование: Пензенский педагогический институт, физико-математический факультет

Область научных интересов: экология урбанизированных территорий; охрана окружающей среды; нормирование и снижение загрязнения окружающей среды; оценка воздействия на окружающую среду; геоэкология; экологическая токсикология

Публикации: Всего опубликовано более 250 научных статей, в том числе 5 монографий, 20 учебных пособий.



*Вихрева
Валерия Александровна
Valerya A. Vihreva*

Сведения об авторе: доктор биологических наук, профессор кафедры «Биологии, экологии и химии» Пензенской Государственной Сельскохозяйственной Академии. Имеет 2 патента. Стаж научно-педагогической деятельности 17 лет.

Образование: Саратовский Государственный университет им. Н.Г. Чернышевского.

Область научных интересов: влияние селена на рост и развитие растений; антиоксидантные свойства селена для почв и растений; химия, экология.

Публикации: 83 научных статьи: 20 опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК; 3 монографии; 1 учебное пособие.



*Молодова
Ольга Владимировна
Olga V. Molodova*

Сведения об авторе: ассистент кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Московского авиационного института (Национального исследовательского университета); научно-педагогический стаж 4 года.

Образование: Московский авиационный институт.

Область научных интересов: экология космических средств, экология.

Публикации: 7 статей, из них 2 в журналах, рекомендованных ВАК, 3 пособия.

Information about the author: PhD in biology, Professor of the department "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience more than 28 years. She has two patents. She has been awarded the diploma and bronze medal for participation in the VII Russian Agro-industrial exhibition "Golden Autumn". Member of 2 dissertation councils on "Ecology".

Education: Penza Pedagogical Institute, department of Physics and Mathematics.

Research interests: ecology of urbanized areas; environmental protection; regulation and reduction of environmental pollution; environmental damage assessment; geoecology; environmental toxicology, anti-oxidative qualities of selenium.

Publications: more than 250 scientific articles, including 5 monographs and 20 textbooks.

Information about the author: PhD in biology, Professor of the chair «Biology, Ecology and Chemistry» in the department of Penza State Agricultural Academy. She has 2 patents; scientific and pedagogical experience of 17 years.

Education: N.G. Chernyshevsky Saratov State University.

Research interests: influence of selenium on the growth and development of the higher plants, anti-oxidative qualities of selenium for soils and plants, chemistry, ecology.

Publications: 83 scientific articles: 20 in scientific journals recommended by Higher Attestation Committee, 3 monographs, one textbook.

Information about the author: assistant of the department "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience of more than 4 years.

Education: Moscow Aviation Institute.

Research interests: ecology of space resources, ecology.

Publications: 7 articles: 2 in scientific journals recommended by Higher Attestation Committee, 3 textbooks.



Надежкина
Екатерина Сергеевна
Ekaterina S. Nadezhkina

Сведения об авторе: аспирантка третьего курса Российского Государственного Аграрного Заочного Университета по специальности «Экология»; имеет Certificate of proficiency in English (CPE); в настоящее время работает инженером 1-ой категории в Московском Государственном Университете им М.В. Ломоносова.

Образование: Российский Университет Дружбы Народов

Область научных интересов: экологическая токсикология; экология урбанизированных территорий; экологическое право и нормирование

Публикации: всего опубликовано 7 статей, из них 2 в журналах, рекомендованных ВАК.

Сведения об авторе: кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Факультета почвоведения Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Образование: факультет почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Область научных интересов: диагностика и оценка экологического состояния почв; научные исследования по биологизированной технологии выращивания плодовоовощных культур, мониторинг пахотных почв.

Публикации: 65 научных статей, 3 монографии, 4 учебных пособия.



Хустнутдинова
Тамара Ивановна
Tamara I.
Hustnutdinova

Information about the author: postgraduate student on the third year majoring Ecology at Russian State Agrarian Distant University; she has a Certificate of proficiency in English (CPE); currently she is working as the first category engineer in Lomonosov Moscow State University.

Education: People's Friendship University of Russia

Research interests: environmental toxicology; ecology of urbanized areas; environmental law.

Publications: 7 articles: 2 in scientific journals recommended by Higher Attestation Committee.

Information about the author: PhD in biology, Senior research fellow in the Department of Soil science in Lomonosov Moscow State University.

Education: soil science department of Lomonosov Moscow State University

Research interests: diagnostics and evaluation of the ecological state of soils; scientific research on bio-technologies in plant growth; monitoring of soils.

Publications: 65 scientific article, 3 monographs, 4 textbooks.

Введение

Проведение запусков ракет-носителей (РН) типов «Протон», «Циклон», «Днепр», «Рокот», «Космос-3М» среднего и тяжелого классов с космодромов Байконур и Плесецк с большими запасами компонентов ракетного топлива (КРТ) на борту ракеты: несимметричного диметилгидразина (НДМГ) и азотного тетраоксида (АТ), относящихся к первому и третьему классам опасности соответственно, связано с повышенной опасностью. Безопасность эксплуатации ракетно-космических систем (РКС) обеспечивается при этом применением эффективных методов сбора и нейтрализации выбросов и проливов НДМГ в зонах отчуждения земель у стартовых комплексов (СК), и падения отработанных ступеней РН по трассе полета [1,2].

Химическое загрязнение почвы при эксплуатации ракетной космической техники (РКТ) происходит: в результате оседания продуктов сгорания топлива из стартового облака в районе стартового комплекса; проливов остатков компонентов топлива из отделяющихся частей ракет-носителей в районах падения.

В результате выбросов и проливов, например, НДМГ в почве в результате разложения и окисления образуются вода, углекислый газ и молекулярный азот. Кроме того могут образовываться ряд токсичных продуктов: диметиламин (ДМА), нитрозодиметиламин (НДМА), метилен-

диметилгидразин (МДМГ), тетраметилтетразен (ТМТ), формальдегид (ФА), синильная кислота (СК), загрязняющих почвы и отрицательно влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов [3].

При эксплуатации модификаций РН «Союз-2», «Союз-2.1а», «Союз-2.1б» и «Союз-2.1в» на СК космодромов Байконур и Плесецк также возможны проливы и выбросы КРТ – керосина, относящегося к 4-му классу опасности, которые, окисляясь, также образуют токсичные продукты окисления и длительное время могут сохраняться в почве и уничтожать микроорганизмы. Основными источниками загрязнения окружающей природной среды (ОПС) авиационным керосином при эксплуатации авиационных комплексов являются проливы при заправке и обслуживании топливных систем заправщиков, летательных аппаратов и их систем технического обеспечения, потери при транспортировке и хранении.

Потенциальная опасность опасных веществ, образуемых при окислении выбросов НДМГ и керосина, определяется их высокой летучестью, неограниченной растворимостью в воде, способностью к миграции и накоплению в глубоких слоях почвы, длительным закреплением в растениях [4,5].

Кроме того, в местах хранения авиационного и ракетного топлива (НДМГ и керосин) нередко остаются почвы, которые называют «мертвыми». Биологическая активность таких почв подавлена или

вообще сведена к минимуму. Поэтому поиск мер рекультивации таких земель приобретает важное значение для улучшения экологической безопасности в зонах расположения космодромов, стартовых комплексов и аэродромов.

Исследования, проведенные авторами и в ряде других работ, показывают, что применение селената натрия при нейтрализации токсичных продуктов за счет участия в живой клетке в сложном комплексе ферментативных систем влияет на различные показатели их содержания в зараженных участках почвы.

Согласно данным А.Ф. Блинохвотова [7], селинат натрия, не смотря на второй класс токсичности, в малых дозах признан незаменимым микроэлементом как для человека, так и для животных. Селен, поступающий в виде селината натрия в живой организм, выводится из него быстрее, чем остальные его соединения.

По данным И. Боговой (2008) селинат натрия влияет на устойчивость растения к стрессам за счет воздействия на накопления в листьях аминокислоты – пролина. Анализ литературных данных [6,7] свидетельствует о том, что некоторые представители почвенной микрофлоры: бактерии, микрогрибы, актиномицеты реагируют на внесение селена в почву. В опытах отмечено, что активизация жизнедеятельности живых почвенных организмов начиналась сразу после внесения селена в почву. Эти факты позволяют предположить возможность использования неорганических форм селена для рекультивации почвенного покрова, поврежденного ракетно-космической и авиационной деятельностью.

Цель исследований – изучить поведение и влияние разных видов топлива, используемых в ракетно-космическом и авиационном комплексе, на биологическую активность почвы, и исследовать возможность применения селена для рекультивации загрязненных топливом земель.

Методика исследования

В опытах изучалось поведение гидразиновых горючих в почве и их действие, а также авиационного керосина и дизельного топлива на биологическую активность подзолистой и серой лесной почвы разного гранулометрического состава.

Содержание оксида углерода в загрязненной серой лесной суглинистой почве колебалось от 9,5 до 13 мг/м² (ПДК 5,0 мг/м²), оксида серы 1,9-2,73 мг/м² (ПДК 0,5 мг/м²), оксида азота от 0,004 до 0,0095 мг/м².

Почва в сосудах компостировалась с 0,75 и 1,50 мг/кг селена (в виде селената натрия) в естественных и оптимальных условиях (при температуре 25-30⁰С, влажности равной 60% капиллярной влагоемкости и аэрации).

Лабораторные анализы почвенных образцов проводились следующими методами: нитратный азот – ионометрическим методом, биологическая активность почв – по интенсивности разложения

целлюлозы аппликационным методом (Методические указания ..., 1983), активность ферментов – протеазы по Лэду и Батлеру (1972) в изложении Ф.Х. Хазиева (1990), уреазы по Т.А. Щербаковой (1983).

Результаты исследований

Результаты исследований показали, что гидразиновые виды топлива поглощаются (сорбируются) почвами по ионно-обменному механизму: чем выше катионообменная ёмкость почвы, тем больше степень поглощения горючих. Глинистые почвы поглощают их на 70-90%, песчаные – на 2-46%.

Концентрация горючего изменяется во времени. Наиболее резко снижение содержания топлива происходит в первые дни после попадания в почву, что свидетельствует как о прочном закреплении гидразиновых горючих почвенным поглощающим комплексом, так и о наличии процессов разложения их на НДМА и ФА, концентрации которых в первые сутки после пролива увеличиваются в 2 раза.

Степень разложения топлива до ДМА зависит от их исходной концентрации и от разновидности почвы. С увеличением концентрации горючих наблюдается уменьшение степени их разложения. Степень разложения максимальна в поверхностном горизонте глинистой почвы, в песчаной она на порядок ниже.

Наряду с разложением, поглощением и окислением имеет место и испарение гидразиновых горючих с поверхности почвы. Например, при внесении 1000 мг/кг НДМГ с поверхности почвы за сутки испарялось 0,3%.

Наряду с сорбцией происходит десорбция (вымывание). Степень десорбции гидразиновых горючих зависит от гранулометрического состава почвы. Из поверхностного слоя глинистой почвы вымывается в количестве около 2,7%, песчаной – около 30%.

Процесс десорбции протекает неравномерно: 70-85% горючих и продуктов их разложения вымывается первой порцией воды, затем происходит замедление процесса. Менее прочно удерживается почвой ДМА и удаляется при промывке в первую очередь.

Гидразиновые горючие и их производные благодаря своей высокой растворимости и стабильности в почве обладают выраженной способностью мигрировать по профилю почв. Миграционная способность гидразиновых горючих (сорбция, глубина проникновения в почву) обусловлена типом почвы, её поглотительной способностью, водным режимом, количеством КРТ, поступившим на поверхность.

Результаты исследований показали, что при проливе топлива на поверхность подзолистой супесчаной почвы гидразиновые горючие и продукты их окисления могут через 2 месяца проникать на глубину 50-70 см, а при проливе на

серую лесную суглинистую почву только на 40-60 см.

Чем выше концентрация загрязнителей на поверхности, тем на большую глубину они мигрируют. В почве повышаются концентрации ДМА и ФА, что свидетельствует об окислении гидразиновых горючих не только на поверхности почвы, но и на различной глубине. Лучшей фильтрационной способностью обладает песчаная почва. Глинистые почвы препятствуют миграции топлива вниз по профилю. Однако, несмотря на высокие сорбционные свойства, глина и суглинок не могут полностью задерживать вертикальную миграцию КРТ. Так, при проливе 12 кг несимметричного диметилгидразина на глину, через 4 месяца продукт проник на глубину до 130 см, а через 14 месяцев – на 180 см (рис. 1).



Рис. 1. Миграция мителендиметилгидразина в глинистой почве

Fig. 1. Подпись к рисунку на английском языке

Гидразиновые горючие имеют выраженную щелочную реакцию ($pH=12$). При их проливе на почвенно-растительный покров возможны щелочные ожоги. Проникая в листья и стебли, они способны в них сохраняться длительное время (НДМГ может сохраняться в растениях более 1 года).

Гидразиновые горючие – летучие вещества, поэтому проникновение в растения может происходить не только через почву, но и атмотехногенным путём. Присутствие гидразиновых горючих в растениях может объясняться образованием прочных химических связей с компонентами растительных тканей. Аналогично накоплению этих горючих в почвах может происходить их накопление в растениях по ионно-обменному механизму [3].

Биохимическое разложение основной массы топлива протекает очень медленно. Бактериальное воздействие отличается высокой селективностью и полное разложение горючих требует воздействия многочисленных бактерий разных видов, причем для разрушения образующихся промежуточных продуктов требуются другие микроорганизмы.

Гидразиновые горючие, являясь углерод- и азотсодержащими соединениями, оказывают в умеренных дозах стимулирующее воздействие на микробиоту почвенно-растительной системы. При

умеренном содержании гидразиновых горючих в почвенной среде увеличивается средний объём клеток и биомасса микроорганизмов в единице объёма. При достаточно высоком уровне загрязнённости почвы происходит деградация клеток микроорганизмов и ингибирование их жизнедеятельности.

Было установлено, что концентрация гидразиновых горючих оказывает влияние на растения. При концентрации горючих веществ до 1,0 г/кг почвы стимулируется рост, развитие и продуктивность растений; от 1,0 до 10 г/кг – вызывается снижение отдельных показателей роста и продуктивности, увеличение сроков развития; от 10 до 50 г/кг наблюдается заметное ухудшение состояния растений, при 100 г/кг они погибают.

Почвы, подвергшиеся сильному загрязнению различными видами топлива, называются «мертвыми». Биологическая активность таких почв подавлена, а иногда и вообще сведена к минимуму. Использование этих почв для выращивания сельскохозяйственных культур невозможно, поэтому поиск мер рекультивации загрязнённых земель имеет особое значение.

Исследования показали усиление ферментативной активности при внесении селената натрия в верхний слой серой лесной суглинистой почвы. Это происходило как при длительном (в течение 90 дней) компостировании в естественных, так и оптимальных условиях.

В верхнем 0-15 см слое незагрязнённой почвы активность протеазы при внесении селена повышалась по сравнению с исходной почвой в зависимости от увеличения дозы внесённого селената натрия в 1,8-2,2 раза и уреазы на 6,3 мг NH_4 /100 грамм почвы.

Активность этих ферментов в том же слое почвы, но загрязнённой авиационным керосином, повышалась при внесении 1,5 мг/кг селената натрия несколько в меньшей степени и составляла 0,9 мкмоль и 2,4 мг NH_4 /100 грамм почвы, соответственно (таблица 1).

В оптимальных условиях лабораторного компостирования почвы активность ферментов усиливалась от внесения селената натрия в дозе 1,5 мг/кг почвы по сравнению с естественными условиями: протеазы в 5,4 раза, уреазы в 3,1 раза.

В агроэкологическом отношении особый интерес представляет оценка действия на минерализацию органического вещества. Определение нитрификационной способности загрязнённой почвы показала, что она была очень низкой, и за 3 месяца содержание нитратного азота увеличилось в естественных условиях в варианте с дизельным топливом с 0,5 до 2-2,6 мг/100 г, с авиационным керосином с 0,3 до 0,5-0,9 мг/100 грамм почвы. При оптимальных условиях количество нитратов было несколько выше и достигало 4,0-4,8 и 0,8-1,3 мг/100 г почвы, соответственно. Накопление нитратов в незагрязнённой почве увеличилось от внесения

селената натрия в 6,5-7,3 раза, на загрязненной керосином почве – на 1,7- 3,5 мг/кг почвы.

Положительное действие селена можно предположительно объяснить тем, что этот

микроэлемент в микроорганизмах, как и в животных организмах, выполняет функцию активатора ферментных систем.

Таблица 1. Влияние селената натрия на биологические свойства серой лесной суглинистой почвы
Table 2. Influence of Na_2SeO_4 on the biological properties of grey forest loamy soils

Почва	Селенат натрия, мг/кг почвы	Условия			
		I. Естественные			
		Разложение льняного полотна, % от массы	Ферменты		NO_3 мг/100 г почвы
Протеаза, мк/моль Лейцина	Уреаза, мг NH_4 /100 г почвы				
Незагрязненная	0	31,0	0,5	1,8	2,3
	0,75	45,6	0,7	8,1	3,9
	1,50	35,0	1,1	5,4	3,0
Загрязненная	0	5,3	н/об	0,4	0,3
	0,75	9,6	0,4	1,6	0,5
Авиац. керосин	1,50	15,1	0,9	2,4	0,9
	0	15,4	0,1	0,7	0,5
Дизельное топливо	0,75	19,3	0,5	2,6	2,0
	1,50	25,3	1,2	4,9	2,6
	II. Оптимальные				
Незагрязненная	0	67,5	75,1	4,9	15,7
	0,75	80,4	10,8	13,7	53,1
	1,50	73,6	8,3	10,2	28,0
Загрязненная	0	7,4	1,2	1,7	2,0
	0,75	13,9	2,7	5,6	4,0
Авиац. керосин	1,50	20,7	3,9	7,4	11,3
	0	26,9	1,8	2,9	3,0
Дизельное топливо	0,75	48,5	3,4	8,1	5,3
	1,50	51,4	4,0	7,6	3,5

Особо следует обратить внимание на участие селена в антиоксидантной защите микроорганизмов. В некоторых из них он выполняет ту же функцию, что и в животных и растительных организмах, участвуя в деятельности главного фермента антиоксидантной защиты – селенозависимой глутатионпероксидазы, обеспечивая при этом надежность биомембран по отношению к окислительным процессам.

В стрессовых условиях происходит неконтролируемое образование реакционных форм кислорода: супероксид-аниона (O_2^-), гидроперекисного радикала (НОО), а также самого опасного гидроксильного радикала (НО), которые могут превышать антиоксидантный потенциал клетки и реагировать с белками, липидами, нуклеиновыми кислотами, изменяя и разрушая их структуру. Селен способствует поддержанию концентрационного оптимума свободных радикалов.

Следует отметить, что значительное улучшение экологической обстановки в зоне космодрома Восточный можно обеспечить после создания СК для запусков и эксплуатации ракетно-космического комплекса «Ангара» тяжелого класса на

экологически чистых КРТ (жидкий кислород – керосин) и внедрения на первых ступенях РН возвращаемых блоков (ВБ) с универсальным ракетным модулем (УРМ), снабженных разворачиваемым крылом и турбовинтовым реактивным двигателем (ТВД), который обеспечит возвращение и посадку отработанного ВБ 1-й ступени за счет использования керосина из топливного бака на аэродром в зоне СК и исключит практически проливы токсичных веществ в зоне отчуждаемых территорий космодрома [1].

Заключение

1. Применение метода рекультивации загрязненных почв, содержащих токсичные продукты, образуемых за счет окисления проливов НДМГ, с применением селената натрия позволят обеспечить экологическую безопасность эксплуатации ракетно-космических систем с РН «Протон» и др., планируемых для вывода научно-хозяйственных и коммерческих грузов на космические орбиты с космодромов Байконур и Плесецк.

2. Использование ракет космического назначения Ангара-А5 тяжелого класса на космодроме Восточный с экологически чистыми компонентами ракетного топлива (керосин – жидкий кислород), снабженных возвращаемыми блоками 1-й ступени на основе УРМ, эксплуатацию которых согласно Федеральной космической программе России 2015-2025 гг. для выполнения космических программ планируется обеспечить с 2022 г., позволит значительно сократить выбросы и проливы КРТ на стартовом комплексе и обеспечить экологическую безопасность в районе космодрома.

3. Гидразиновые горючие и их производные в умеренных дозах не являются токсичными для микроорганизмов и растений, содержащийся в них углерод и азот могут использоваться как источники питания.

4. Оценивая выявленные факты с экологических позиций, можно заключить, что к элементу селену почвенные микроорганизмы безразличны. Это свидетельствует о том, что от содержания селена в почве зависит биологическая активность почвы. Обработка почвы, загрязненной разными видами топлива, селенатом натрия приводит к повышению нитрифицирующей и ферментативной способности.

Список литературы

1. Галеев А.Г. Экологическая безопасность при испытаниях и отработке ракетных двигателей: Учебное пособие. М.: Изд-во МАИ. 2006.
2. Родченко В.В., Галеев А.Г., Пичужкин П.В., Палешкин А.В., Гусев Е.В. Экологические проблемы эксплуатации ракетно-космических систем // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 5. Р. 22.
3. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду. Справочное пособие / Под ред. чл.-корр. РАН В.В. Адушкина. М.: Анкил. 2000.
4. Сосунова И.А., Мамонов Н.Е., Крестикова С.И. Российская космонавтика: социальная отдача и социально-экологические проблемы в зеркале общественного мнения. М: РЭФИА. 2004.
5. Шатров Я.Т., Королев М.О. Обеспечение экологической безопасности РКД. Часть 1. ЦНИИмаш. 2010.
6. Вихрева В.А., Блинохватов А.А., Клейменова Т.В. Селен в жизни растений Пенза: РИО ПГСХА. 2012.
7. Блинохватов А.Ф. Селен в биосфере. Пенза: РИО ПГСХА. 2005.

References

1. Galeev A.G. Èkologiĉeskaâ bezopasnost' pri ispytaniâh i otrabotke raketnyh dvigatelej: Uĉebnoe posobie. M.: Izd-vo MAI. 2006.
2. Rodĉenko V.V., Galeev A.G., Piĉuĉkin P.V., Paleškin A.V., Gusev E.V. Èkologiĉeskie problemy èkspluatácii raketno-kosmiĉeskih sistem // Aĉternativnaâ ènergetika i èkologiâ. 2015. № 5. P. 22.
3. Èkologiĉeskie problemy i riski vozdeystvij raketno-kosmiĉeskoj tehniky na okruĉaûšû prirodnuû sredu. Spravoĉnoe posobie / Pod red. ĉl.-korr. RAN V.V. Aduškina. M.: Ankil. 2000.
4. Sosunova I.A., Mamonov N.E., Krestikova S.I. Rossijskaâ kosmonavtika: social'naâ otdaĉa i social'no-èkologiĉeskie problemy v zerkale obšestvennogo mneniâ. M: RÈFIA. 2004.
5. Šatrov Â.T., Korolev M.O. Obespeĉenie èkologiĉeskoj bezopasnosti RKD. Ćast' 1. CNIImaš. 2010.
6. Vihreva V.A., Blinohvatov A.A., Klejmenova T.V. Selen v Źizni rastenij Penza: RIO PGSHA. 2012.
7. Blinohvatov A.F. Selen v biosfere. Penza: RIO PGSHA. 2005.

Транслитерация по ISO 9:1995

