

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА  
KAZAKH NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER K. SATPAEV**

**«Қазақстанның жаңа экономикалық саясатын таратуда жас ғалымдардың орны мен рөлі»  
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ**

**ЕҢБЕКТЕРІ**

**IV том**

**ТРУДЫ**

**«Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики  
Казахстана» МЕЖДУНАРОДНЫХ САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ**

**Том IV**

**PROCEEDINGS**

**INTERNATIONAL SATPAYEV'S READINGS  
«Role and position of young scientists in implementation Kazakhstan's New Economic Policy»**

**IV volume**

**Алматы 2015 Almaty**

УДК 330 (063)  
ББК 65  
Қ 18

**Главный редактор:** Адилов Ж.М., академик  
**Редакционная коллегия**

Кульдеев Е.И., Жусупбеков С.С., Жунусова Г.Ж., Кумеков С.Е., Абдыкаппарова С.Б.,  
Дюсембаев И.Н., Ахметов Б.С., Бесимбаев Е.Т., Турдалиев А.Т., Бердибаев Р.Ш., Рысбеков К.Б.

**Қ18 «Қазақстанның жана экономикалық саясатын таратуда жас ғалымдардың орны мен рөлі»**  
Халықаралық Сәтбаев оқуларының еңбектері = **«Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана»** Труды Международных Сатпаевских чтений = **«Role and position of young scientists in implementation Kazakhstan's New Economic Policy»** Proceedings International satpayev's readings /бас ред. Ж.М. Адилов. – Алматы: ҚазҰТУ 2015. – қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-228-803-2  
Т.4. –2015. – 911 б.  
ISBN 978-601-228-806-3

*В книгу включены доклады представленные на Международные Сатпаевские чтения «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана». В них нашли отражение некоторые задачи, обозначенные в Послании Президента РК Н.А. Назарбаева «Нурлы жол – путь в будущее», также доклады соответствуют научным направлениям Республики Казахстан:*

*Инновации в энергосбережении, традиционной и альтернативной энергетике;*

*Инновации в машиностроении, транспорте и технике;*

*Инновации для восполнения водных, минеральных и углеводородных ресурсов в геологоразведочной и углеводородной отраслях;*

*Инновации для освоения и переработки углеводородного, минерального и техногенного сырья с получением новых материалов в нефтегазовом, горно-металлургическом и топливно-энергетическом комплексах;*

*Инновации по информационным, телекоммуникационным и космическим технологиям;*

*Инновации в архитектуре, строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве;*

*Нанотехнологии и наноматериалы;*

*Социально-гуманитарные эффекты и устойчивое развитие экономики страны;*

*Труды данной конференции могут быть полезны преподавателям высших учебных заведений, докторантам, магистрантам, студентам, работникам науки и производства.*

УДК 330 (063)  
ББК 65

ISBN 978-601-228-806-3  
ISBN 978-601-228-803-2

© Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, 2015

<b>Хаимов И., Куров А.</b> Новые технологии графических процессоров NVIDIA.....	820
<b>Чанитбаева С.Б., Бейсембекова Р.Н., Хасенова А.М.</b> Применение облачных вычислений в бизнесе.....	823
<b>Шайханова А.К.</b> Исследование быстродействия средства выбора метода модулярного экспоненцирования.....	828
<b>Шангытбаева Г.А., Ташимова А.К., Жумагалиева Ж., Жумагулова А.А.</b> Метод вероятностной маркировки пакетов для отслеживания источника распределенных сетевых атак.....	833
<b>Shangytbayeva G.A.</b> Features of denial-of-service attacks in information systems.....	837
<b>Шаяхметқызы Д., Қыдырбаева Н.Қ., Алдияров Н.У.</b> Заманауи потенциалдік датчиктер: қалай таңдап және тиімді пайдалану керек?.....	841
<b>Яғалиева Б.Е., Өсербай Ә.О.</b> Изотропты және анизотропты массивте жер бетіне жақын орналасқан қазбалардың серпімді толқын дифракциясының негізгі мәселелері.....	845
<b>Сатыбалдиева Ф.А., Бейсембекова Р.Н., Аuezбаева Т.Е., Сарыбаев А.С., Сатбаева Ж.Б.</b> Функциональная структура солнечной установки, структура математической модели и последовательности оптимизационных алгоритмов.....	848

*Секция – Космическая техника и технологии*

<b>Гусейнов С.Р., Суйменбаев Б.Т., Сысоев В.К., Ермолдина Г.Т., Суйменбаева Ж.Б., Батышев А.М.</b> Фотопреобразователи в системах передачи энергии по лазерному лучу.....	857
<b>Жубатов Ж., Степанова Е.Ю., Агапов О.А., Камкин В.А., Кабжанова Г.Р., Убаськин А.В., Абылхасанов Т.Ж., Джаксыбаева Г.Г., Джумабаева Л.С., Байбатчаев А.А.</b> Экологические аспекты воздействия керосина Т-1 в районах падения первой ступени рн «Союз» и «Зенит» (на примере РП № 16,49,67,70 и РП № 226).....	865
<b>Иркегулов А.Ш.</b> Расчет излучения симметричных ТМ-волн в полубесконечной коаксиальной системе.....	873
<b>Мырзахметова А.А., Рябикин Ю.А., Байтимбетова Б.А., Бектурсын Б.</b> Получение графена в атмосфере паров ароматических углеводородов и изучение его свойств.....	880
<b>Суйменбаев Б.Т., Сысоев В.К., Ермолдина Г.Т., Суйменбаева Ж.Б., Гусейнов С.Р., Батышев А.М.</b> Фотопреобразователи в системах передачи энергии по лазерному лучу.....	885
<b>Суйменбаева Ж.Б., Кусайнов Б.К., Омар Р.Т.</b> Особенности НИОКР в сфере военно-космической деятельности.....	893
<b>Суйменбаева Ж.Б.</b> К вопросу разработки комплексной программы развития научных основ инфокоммуникационного обеспечения и космической поддержки вооруженных сил, других войск и воинских формирований Республики Казахстан.....	898

17 Колпаков А., «Охлаждение в системах высокой мощности» // Силовая Электроника.- 2010г.-№ 3.- С. 62-66.

18 Электронный ресурс <http://geektimes.ru/post/200140/>

19 Электронный ресурс <http://geektimes.ru/post/200140/>

Гусейнов С.Р., Сүйменбаев Б.Т., Сысоев В.К., Ермолдина Г.Т., Сүйменбаева Ж.Б., Бапышев А.М.

#### **Лазерлік сәулесі арқылы электр энергиясын беру жүйесіндегі фототүрлендіргіштер**

**Түйіндеме.** Ғарыш күн сәулесі электр станциясын құру тұжырымдамасында қабылдау жүйесін зерттеу және электр энергиясын лазерлік энергиясына түрлендіру үлкен қызығушылық туғызады. Бұл мақалада барынша мүмкін қабылдаушы-таратушы күшін қарауы бойынша фотоэлектрлі түрлендіргіштеріне таңдау және анализ жүргізіледі, сондай-ақ ең жоғарғы тиімділігін осы материалдар таңдауы жүргізілді.

**Түйін сөздер:** ғарыш күн электр станциясы, энергия жіберу лазерлік арнасы, фототүрлендіргіштер, жартылай өткізгіш құрылғылар, күн концентраторлары.

Gusseinov S.R., Suimenbayev B.T., Sysoev V.K., Yermoldina G.T., Suimenbayeva Zh. B., Bapyshev A.M.

#### **Photoconverters in the power transmission system by laser beam**

**Summary.** At the concept construction of space solar power considerable interest is the study of reception and transformation of laser energy into electricity. This article provides on analysis and selection of photovoltaic cells for reasons of maximum possible both receiving and transmitting power, as well as the choice of material, on which one can achieve this with maximum efficiency. The analysis in the selection of solar concentrators was conducted.

**Key words:** space solar power station, laser energy transmission channel, photovoltaics, semiconductors, solar concentrators.

УДК 504.5.:629.78:614.1

**Жубатов Ж.<sup>1</sup>, Степанова Е.Ю.<sup>1</sup>, Агапов О.А.<sup>1</sup>, Камкин В.А.<sup>2</sup>, Кабжанова Г.Р.<sup>2</sup>,  
Убаськин А.В.<sup>2</sup>, Абылхасанов Т.Ж.<sup>2</sup>, Джаксыбаева Г.Г.<sup>2</sup>,  
Джумабаева Л.С.<sup>1</sup>, Байбатчаев А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>РГП «НИЦ «Ғарыш-Экология»,  
г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>РГП «Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова»,  
г. Павлодар, Республика Казахстан  
s.ell@mail.ru

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КЕРОСИНА Т-1 В РАЙОНАХ ПАДЕНИЯ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ РН «СОЮЗ» И «ЗЕНИТ» (НА ПРИМЕРЕ РП № 16,49,67,70 И РП № 226)**

**Аннотация.** В ходе выполнения в 2012-2013 гг. комплексных экологических исследований в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей (РП ОЧ РН), были выявлены признаки негативного воздействия керосинового ракетного топлива на почвенную структуру и биологические объекты окружающей среды. Изученные экосистемы в целом характеризуются как ненарушенные и устойчивые к техногенному воздействию ракетно-космической деятельности (РКД), уровень которого не превышает допустимых нагрузок на окружающую среду. Учитывая возможность техногенных нарушений в результате воздействия керосинового ракетного топлива, рекомендованы детальные научные исследования состояния почвенного покрова и биоценозов РП ОЧ РН.

**Ключевые слова:** экологическое исследование, район падения, ракетно-космическая деятельность, керосиновое ракетное топливо, природная экосистема, биоценоз.

Углеводородное горючеекеросин Т-1, применяемое в паре с жидким кислородом в двигателях ступеней космических ракет-носителей (РН), обладает рядом преимуществ по сравнению с гидразиновым топливом. Помимо хороших противозносных свойства относительной химической стабильности, это вещество, как и любой другой нефтепродукт, является малоопасным веществом (4-й класс токсической опасности для атмосферного воздуха и воды). Тем не менее, результаты экспедиционных и лабораторных исследований, проведенных к настоящему времени российскими и казахстанскими учеными, указывают на способность Т-1 к угнетению естественных процессов развития экосистемы РП [1-3].

Экспериментально доказано, что воздействие углеводородных горючих может проявляться напрямую, в виде ингибирующего действия ароматических углеводородов на почвенную биоту, либо

опосредованно, вследствие изменений физических и химических свойств почвенного покрова. Пленка из тяжелых фракций углеводов, оседающая в почве или в воде, обволакивающая корневую часть растений, может значительно изменить водно-воздушный баланс между живыми организмами и средой их обитания, нарушая тем самым внутриклеточный и межклеточный обмен питательными веществами, и трофические связи [3,4].

**Цель и объекты научного исследования.** Для проверки существующих мнений по поводу негативного влияния углеводородного горючего (УВГ) на природные объекты, проведены комплексные экспедиционные обследования мест падений фрагментов ступеней с проливом ракетного топлива керосин Т-1 на территориях РП первой ступени РН «Союз» (РП 16, 49, 67, 70) и РП первой ступени РН «Зенит» (РП 226) в Карагандинской области. Работы выполнены в 2012 и 2013 гг. РГП «НИЦ «Гарыш-Экология», совместно с научными организациями Республики Казахстан, в рамках республиканской бюджетной программы «Прикладные научные исследования в области космической деятельности» [5, 6].

**Методы и материалы исследования.** Методическую основу выполненных исследований составляет экосистемный подход, позволяющий изучить состояние структурных элементов экосистемы (воздух, природная вода, почва, ландшафты, флора, фауна), биоценозов (почвенная микрофлора; морфология, цитогенетика, гематология зооценоза; цитогенетика фитоценоза) изучается в комплексе с факторами абиотическими (климат, физические и химические свойства почв и природных вод), и факторами техногенными.

Основным информационным источником для научного исследования являются результаты полевых экологических обследований территорий РП, протоколы количественного химического анализа (КХА) проб объектов окружающей среды, сводные таблицы, тематические карты и диаграммы, созданные в ходе выполнения камеральной обработки полевых материалов и лабораторных экспериментов с отобранными образцами почвы, растений и отловленными животными.

Для КХА отобранных проб природной воды, донных отложений и почвы использован метод флуориметрии со спектрофотометрическим детектированием (ПНДФ 16.1.21-98), применен фильтровый флуориметр «Флюорат-02-3М».

По результатам анализа фактических научных данных, полученных в ходе выполнения полевых и лабораторных исследований, сделаны выводы об специфике воздействия керосина Т-1 на природные экосистемы РП.

**Результаты экспедиционного обследования в РП № 16, 49, 67, 70** (Улытауский район Карагандинской области). За продолжительный период эксплуатации (более 45 лет), на обширной территории РП (более 2 тыс. км<sup>2</sup>) зарегистрировано свыше 290 падений отработавших боковых блоков, выполняющих функции первой ступени РН «Союз». Наибольшая техногенная нагрузка приходится на центр, юго-западные и восточные участки РП (до 40-58 падений ОЧ РН на 25 км<sup>2</sup>).

**Ландшафт** преимущественно пустынный равнинный. Центр РП, его юго-западные и южные территории характеризуются относительно опущенными аккумулятивными озерными равнинами, и относительно приподнятыми аккумулятивно-денудационными равнинами – в северо-западной. Равнинным типом рельефа во многом обусловлена аккумуляция керосина Т-1 в почве и процессы выдувания загрязнений из рыхлых поверхностных горизонтов и переноса в соседние ландшафты с газо-пылевыми потоками.

**Атмосферный воздух.** В первые же часы после пролива молекулы углеводов (как правило, легкие фракции) испаряются в приземный слой атмосферы и разносятся ветром. Процессы атмосферной трансформации нефтепродуктов значительно активизируются в условиях засушливого климата, характерного для РП, на фоне повышенных температур и пониженного увлажнения [2-4].

Спустя несколько часов после пуска РН «Союз», при инструментальных замерах на местах падения первой ступени УВГ и продукты его трансформации в приземном слое атмосферного воздуха обнаружены не были [5].

**Природные воды.** Характерной особенностью речной системы РП № 16, 49, 67, 70 является отсутствие постоянного поверхностного стока и пересыхание их летом. Интенсивный водообмен происходит только во время снеготаяния. Летом, когда реки пересыхают или разбиваются на отдельные небольшие водоемы (плесы), сток осуществляется лишь в подземной донной части русел. Устойчивый химический состав русловых вод, хлоридный, либо сульфатный, с повышенной минерализацией (вследствие засоленности почво-грунтов в донной части), щелочная pH-среда (7,7-9,47), наличие подземного стока, – все эти особенности свидетельствуют о сохранении естественной ненарушенности водных объектов и об их потенциальной способности к самоочищению от техногенных примесей.

За всю историю гидрохимических обследований в РП № 16, 49, 67, 70, в пробах воды и донных отложениях зафиксированы единичные случаи обнаружения нефтепродуктов, в сравнительно небольшом количестве. Так, при пуске РН «Союз-2.1а» от 19.10.2010 г., возле места падения бокового блока «Б», в пробе воды из реки Ащылысай было определено до 0,01 мг/дм<sup>3</sup> нефтепродуктов, без превышений ПДК=0,05 мг/дм<sup>3</sup> [7].

В 2012 г., рядом с местом падения бокового блока «В» «Союз-ФГ» шестилетней давности (пуск от 18.09.2006 г.) в природной воде были выявлены следы нефтепродуктов, в пределах чувствительности флуориметрического метода КХА ( $\leq 0,005$  мг/дм<sup>3</sup>). В этом же году в центральной части РП, в донных отложениях (русло реки Ащылысай) было обнаружено до 5,8 мг/кг нефтепродуктов, ана юго-западной границе РП (русло реки Кумола) – до 0,65 мг/кг. Зафиксированные концентрации нефтепродуктов не превышали ориентировочно допустимого уровня в почве (ОДУ=100 мг/кг) [8].

*Почвенный покров.* Загрязнение УВГ обнаруживается в основном на местах падения двигательных установок и топливных баков боковых блоков, в бурых полупустынных почвах с глинистым, тяжело- и среднесуглинистым механическим составом, обладающих адсорбционной способностью, щелочной и слабощелочной рН-средой (7,3-9,8) и небольшим содержанием гумуса (0,2-1,6%). В этих почвах нефтепродукты аккумулируются преимущественно в верхних почвенных горизонтах.

Непосредственно после пуска РН «Союз», содержание нефтепродуктов в верхнем почвенном слое 0-25 см может превышать ОДУ в 3,5 - 8 раз (места падения, соответственно, от 2008 г. и 2010 г.), до 33 раз (пуск от 2006 г.), в 27 – 98,5 раз (пуск от 2011 г.).

В 2012 г. загрязнение нефтепродуктами выявлено в 4-5% от общего числа проб почвы, отобранных в РП № 16, 49, 67, 70, преимущественно в слое 20-60 см. Для мест падения 10-11 лет давности (пуски от 2001 г. и 2002 г.) концентрации достигали уровня 1,2 – 2,7 ОДУ. Спустя 6 лет после падения (пуск от 2006 г.) в почве показатели загрязнения уменьшились в 20 раз (с 33 до 1,7 ОДУ). За два года, прошедших с момента падения боковых блоков РН «Союз» (пуск от 2010 г.) в верхнем слое почвы 0-25 см обнаружен небольшой спад уровня загрязнения (от 8 до 7,5 ОДУ), но в нижележащем слое 25-50 см обнаружено 21,5 ОДУ. Еще глубже, в слое 50-75 см содержание уменьшилось до 25 мг/кг, в слое 100-125 см - до 5 мг/кг.

На участке с загрязнением почвы нефтепродуктами до 98,5 ОДУ (пролив керосина Т-1 в 2011 г.), через год превышений ОДУ не выявлено, концентрации варьировали от 42 мг/кг (слой 0-25 см) до 5 мг/кг (слой 80-100 см).

Согласно заключениям почвоведов, в бурой полупустынной почве на местах падения первой ступени РН «Союз» керосин Т-1 сохраняется на протяжении нескольких лет, приводя к нарушению почвенной структуры почвы и уплотнению верхних почвенных горизонтов (плотность твердой фазы 2,58-2,69 г/см<sup>3</sup>). Показатели пористости, полученные расчетным путем, отнесены по принятой градации, к неудовлетворительному уровню (<50%). Исходя из показателей солонцеватости почвенных профилей, сделан вывод о направленности почвообразовательного процесса в сторону рассоления и рассолонцевания.

Ослабление процесса гумусообразования обусловлено низкой интенсивностью биологического круговорота, понижением активности почвенных микроорганизмов, малой продуктивностью растительности. Малое содержание гумуса в почве способствует накоплению загрязнения в почве. Сравнительный анализ показателей гумусированности почв с фоновыми показателями, проведенный в 2012 г., позволил установить уменьшение содержания гумуса на 0,4% в загрязненной нефтепродуктами почве, через 10 лет после падения бокового блока (пуск от 2002 г.). На месте пролива керосина Т-1 (пуск от 2011 г.) с обнаружением до 98,5 ОДУ нефтепродуктов в почве, через год определено на 0,2% меньше гумуса.

Характерные для РП № 16, 49, 67, 70 природно-климатические условия обеспечивают аккумуляцию углеводородных загрязнений в слое почвы, питающей почвенную микрофлору и корневую систему степных растений.

*Микрофлора почвы.* В 2012 г. на местах падения с загрязнением почвы УВГ со сроком давности от 1 до 11 лет, установлены признаки угнетенности почвенной микрофлоры, выраженные в отсутствии в почве актиномицетов (в 100% исследованных образцов почвы) и микроскопических грибов (в 40%), а также в пониженных показателях интенсивности дыхания почвы.

Прямой зависимости между временными и количественными параметрами загрязнения нефтепродуктами почвы и общей микробной численностью (ОМЧ) обнаружено не было. Наименьшее число микробов, выросших на органических формах азота установлено в почвенном образце,

отобранном на месте падения 4-летней давности (в 2008 г. в почве до 355 мг/кг нефтепродуктов, в 2012 г. - 2,15 мг/кг). Наибольшее ОМЧ на органических формах азота было определено на месте падения 6-летней давности (в 2006 г. до 3 325 мг/кг нефтепродуктов, 172 мг/кг - в 2012 г.).

Биотестирование образцов почвы с мест падения фрагментов боковых блоков РН «Союз» показало низкую всхожимость семян редиса (*Raphanussativus*L. var. *Sativus*) - в 20-40% от общего количества исследованных проб почвы. Это значительно ниже контрольных показателей (100% всхожимости). Фитотоксичными (не давшие проростков) признаны два образца почвы, загрязненные на момент падения ОЧ РН нефтепродуктами в количестве 355 мг/кг (в 2008 г.), и 9 850 мг/кг (в 2011 г.).

**Растительность.** По результатам геоботанических исследований на территории РП, выполненных в 2012 г. сделан вывод о том, что падения боковых блоков РН «Союз» приходится главным образом на полынно-боялычевые, белоземельно-полынные и ковыльно-полынные ассоциации, отмеченные повышенной восприимчивостью растений к загрязнению УВГ. На участках пролива керосина Т-1 обнаружена мацерация тканей подземных органов боялыча и поражение их личинками насекомых. Аномалии развития генеративных органов отмечены для образца ковыля (*Stipasareptana*Beck), отобранного на месте падения с почвой, загрязненной нефтепродуктами (98,5 ОДУ в 2011 г.). В растении обнаружены цветки с нормально развитыми завязями, но со стерильными пыльниками.

По мнению геоботаников, исследовавших РП № 16, 49, 67, 70 в 2012 г., негативные последствия воздействия УВГ на фитоценозы выражены следующим образом:

- угнетение и гибель кустарничков (боялыч, кокпек), полукустарничков (полыни) и дерновинных злаков (ковыль);
- замена доминантов и субдоминантов на малопродуктивные сообщества рудеральных однолетников (эбелек, мортукпшеничный);
- уменьшение проективного покрытия почвы растениями.

**Животный мир.** Цитогенетические и гематологические исследования индикаторных видов млекопитающих животных (большая песчанка и серый хомячок), отловленных в 2012 г. в РП первой ступени РН «Союз», указывают на отсутствие каких-либо признаков патологий митоза и выраженных признаков анемии, эритроцитоза и лейкоцитоза, которые могли бы быть вызваны длительным воздействием загрязнений окружающей среды нефтепродуктами.

Вместе с тем, для половины обследованных в 2012 г. участков территории РП № 16, 49, 67, 70, включая места падения с загрязнением керосином Т-1, определены пониженные показатели видового разнообразия и численности фауны, вследствие недостатка растительных кормов диких животных, вызванного техногенной нарушенностью растительного покрова в целом и негативным воздействием керосина Т-1, в частности.

**Результаты экспедиционного обследования РП № 226** (на границе Актогайского, Шетского и Каркаралинского районов Карагандинской области). РП занимает меньшую, по сравнению с РП № 16, 49, 67, 70, площадь - 1,2 тыс. км<sup>2</sup>, для которой в 2008, 2009 и 2011 гг. зафиксировано всего 8 падений первой ступени РН «Зенит». Наибольшие значения плотности падений ОЧ РН (до 23 падений на 25 км<sup>2</sup>) соответствуют центральным и восточным участкам территории РП.

**Ландшафт** низменно-равнинный полупустынный и степной. Рельеф представлен мелкосопочными и низкогорными массивами с многочисленными выходами плотных пород, пересеченными руслами пересыхающих рек, и рек с постоянным водотоком. Неоднородностью рельефа, почвообразующих пород и влажностного режима в РП обусловлен снос и перенос техногенных загрязнений с поверхности склонов, в совокупности с накоплением УВГ на равнине и в низинах, в каштановых почвах.

**Атмосферный воздух.** Измерения приземного слоя атмосферного воздуха после падения первых ступеней РН «Зенит» с помощью аспиратора АМ-5, показали наличие концентраций нефтепродуктов до 0,1 мг/м<sup>3</sup>, оксида углерода (СО) до 0,6-0,7 мг/м<sup>3</sup>, оксида азота (NO) до 0,08 мг/м<sup>3</sup>, диоксида азота (NO<sub>2</sub>) до 0,01 мг/м<sup>3</sup>, без превышений предельно-допустимых уровней.

**Природные воды.** Характеристики состояния водоемов и водотоки РП № 226 соответствуют природным условиям данного региона - водообмен интенсивный, рН-среда воды от нейтральной до щелочной (6,8-8,5), прозрачность от 0,2 до 1 м, без превышений ПДК<sub>хл</sub> сульфат-ионов, хлорид-ионов и сухого остатка.

В водоемах, подвергаемых интенсивному воздействию РКД (центр и восток РП № 226) присутствует постоянный поверхностный сток, поэтому в русле водотока аккумуляция углеводородных загрязнений затруднена, но в донных участках плесов и стариц их накопление вполне возможно.

Непосредственно после падений первой ступени РН «Зенит» присутствие нефтепродуктов в природной воде определяется на уровне 0,007-6,7 мг/дм<sup>3</sup> (до 134 ПДК) и в донных отложениях - 12,58-17,9 мг/кг (без превышений ОДУ). Наибольший уровень загрязнения природной воды определен южнее места падения бака с горючим и двигательной установки (пуск от 2009 г.), в водохранилище Тескенсу. Учитывая тот факт, что в 6 км от загрязненного участка расположена зимовка Сарыозек, однозначный вывод о присутствии в водоеме керосина Т-1 невозможен.

В 2013 г., при обследовании природных водоемов, расположенных рядом с местами падения первой ступени РН «Зенит» разных сроков давности, в донных отложениях было обнаружено от 0,35 до 9,7 мг/кг нефтепродуктов. Максимальные концентрации выявлены в русле р. Нурланаша.

*Гидробионты.* Большинству малых рек и ручьев территории РП № 226 присущи сходные экологические черты: невысокая температура воды, благоприятный кислородный режим, низкая мутность, преобладание в бентосе моллюсков и пиявок.

В ходе выполнения гидробиологических исследований в 2013 г., нарушения в видовом составе гидробионтов, вызванные загрязнением водоемов керосином Т-1 не обнаружены. Выявленные изменения численности, биомассы и количества видов в большей степени связаны с естественными особенностями жизненных циклов гидробионтов, в зависимости от типа водоема.

*Почвенный покров.* Каштановые почвы, широко представленные в РП № 226 на местах падения ОЧ РН «Зенит», характеризуются нейтральной или щелочной реакцией почвенного раствора (5,86-8,48), и более высоким, по сравнению с РП № 16, 49, 67, 70, содержанием гумуса (1,5-5%). Примерно 54% территории РП заняты тяжелыми суглинками, обеспечивающими аккумуляцию и трансформацию УВГ в верхних почвенных слоях.

Падения первой ступени РН «Зенит» сопровождаются загрязнением почвы нефтепродуктами, в количестве 0,02-2 225 мг/кг (до 22,3 ОДУ), в снежном покрове – от 0,012 до 1,29 мг/дм<sup>3</sup> (до 26 ПДК). Максимальные показатели загрязнения зафиксированы при проливе керосина Т-1 на брусстер воронки, образовавшейся на месте падения двигательной установки, а также в снежном покрове, под тоннельным трубопроводом от бака с горючим (пуск от 2009 г.).

Спустя четыре года на этих же участках содержание нефтепродуктов в почве сократилось на несколько порядков и не превышало ОДУ. Несмотря на это, при вскрытии почвенного покрова на участке появился характерный запах керосина. В почвенных горизонтах концентрации варьировали в небольших пределах - от 40 мг/кг (слой 0-25 см) до 59 мг/кг (слой 50-75 см). Еще глубже, в слое 75-100 см количество нефтепродуктов уменьшилось до 21 мг/кг.

Гумусовый горизонт, содержащий наибольшее количество органических веществ, обладает высокой сорбционной способностью. Поэтому количество нефтепродуктов, обнаруженных в каштановых почвах РП, в значительной мере зависит от содержания в них гумуса.

По результатам исследований, проведенных в 2013 г., на местах падения первой ступени РН «Зенит» наибольшее содержание нефтепродуктов выявлено в светло-каштановой маломощной средне-суглинистой почве на элювий-делювиальных почвообразующих породах (1,3-58,8 мг/кг), и в каштановой средне-суглинистой почве на щебнисто-гравелистых наносах, в комплексе с солонцами (0,7-34,8 мг/кг). Наименьшие количества определены для горно-каштановых почв с выходами горных пород (0,4-25,05 мг/кг) и темно-каштановой неполноразвитой нарушенной бесструктурной супесчаной почвы (12,4-15,9 мг/кг).

Нефтепродукты, поступающие в почву, способны привести к нарушению естественного соотношения углерода и азота, к дефициту кислорода, азота, подвижного фосфора и обменного калия. Вслед за изменением интенсивности и направленности окислительно-восстановительных процессов, нарушается нормальное функционирование почвенной экосистемы. В почвенных разрезах, сделанных в 2013 г. на местах падения с проливом керосина Т-1, выявлены отклонения в морфологических и физико-химических почвенных характеристиках.

Так, светло-каштановая почва в разрезе, сделанном в 2013 г. на месте падения двигательной установки первой ступени РН «Зенит-3SLB» (пуск от 2009 г.), отличается от аналогичной почвы в контрольном разрезе меньшей мощностью почвенного профиля, легким гранулометрическим составом, меньшей гумусированностью и меньшими запасами элементов питания, слабощелочной реакцией среды. Гранулометрический состав верхнего почвенного горизонта определен как средне-суглинистый, гумусово-аккумулятивный горизонт характеризуется как легко-суглинистый, а иллювиальный – как супесчаный. Для сравнения, в контрольном разрезе установлен средне- и тяжело-суглинистый состав почвы.

*Микрофлора почвы.* Загрязнение почвы УВГ способствует снижению численности микроорганизмов, использующих органические и минеральные формы азота, нарушению естественного баланса в биологическом составе почвенной микрофлоры.

В 2013 г. в каштановой почве на местах пролива керосина Т-1 сроком давности 2-5 лет выявлено двухкратное снижение ОМЧ (по сравнению с контрольной почвой), обнаружено отсутствие микроскопических грибов, определены пониженные (по сравнению с контролем) показатели дыхания почвы. На месте падения от 2009 г. (до 22 ОДУ нефтепродуктов) установлены наименьшие значения дыхания почвы. В верхнем почвенном слое 0-25 см преобладают почвенные микробы органического питания, а в слое 25-50 см - микроорганизмы минерального питания.

Загрязнение почвы УВГ обычно связано с образованием анаэробных микрозон и ограничением доступа растений и микроорганизмов к воде и питательным минеральным веществам, понижением содержания фосфора, нитратного азота и калия.

По результатам биотестирования, проведенного в 2013 г., почвенные образцы, отобранные в РП № 226 с мест пролива керосина Т-1, не являются фитотоксичными. Признаки угнетения вегетативного развития культурных сортов растений (пшеница и морковь) выражены в уменьшении размеров проростков и корней, в 1,5-2 раза по сравнению с контролем. Дикорастущие растения (пырей ползучий) оказались более чувствительными к загрязнению почвы нефтепродуктами. Для загрязненных УВГ почвенных образцов отмечена пониженная всхожесть семян (на 27-47% по сравнению с контрольной почвой), уменьшенные размеры ростков и корней (в 3,5-5 раз, по сравнению с контрольными показателями).

*Растительность.* Флора территории РП № 226 насчитывает более 877 видов высших сосудистых растений. Основу растительного покрова составляют полукустарничковые сообщества. Десятку ведущих семейств по количеству видов возглавляют сложноцветные, затем идут бобовые, крестоцветные, злаковые и мареновые, биохимические свойства которых предполагают восприимчивость к содержанию нефтепродуктов в почве.

В 2013 г. на местах падения ОЧ РН «Зенит» определены признаки угнетения растений, выраженные в низком проективном покрытии почвы растительностью (1-5%), усыхании и уменьшении олиственности побегов, снижении генеративных показателей для мест падения первой ступени РН «Зенит» с проливом керосина Т-1 сроком давности от 1 до 5 лет - до 5 ОДУ при пуске от 2008 г., 4,5-22 ОДУ при пуске от 2009 г., до 6,5 ОДУ при пуске от 2011 г.

На корнях бурачка, образцы которого были отобраны на месте образования в почве загрязнения нефтепродуктами (до 22 ОДУ в 2009 г., 40-59 мг/кг в 2013 г.) отмечено развитие килевидных опухолей.

Для растительного покрова РП № 226 характерны следующие виды реакции на загрязнение УВГ:

- уменьшение проективного покрытия почвы растениями и видового разнообразия;
- замена доминантов и субдоминантов на малопродуктивные рудеральные сообщества (тысячелистник благородный, гулявник изменчивый, коровяк фиолетовый, бурачок яйцевидный);
- угнетение и гибель кустарников (спирея, карагана, ива каспийская, ива Старка) и деревьев (береза бородавчатая и пушистая) из-за неблагоприятных изменений эдафических (почвенных) условий;
- формирование аномальных килевидных опухолей на корнях бурачка яйцевидного (семейство Крестоцветные) на местах пролива керосинового ракетного топлива.

Исследования особенностей распределения хромосом в различных стадиях митотического цикла в образцах растений, отобранных с мест падения первых ступеней РН «Зенит», приводят к общему выводу об отсутствии аномалий митоза растений, характерных для воздействия УВГ.

*Животный мир.* Визуальные наблюдения за животными, проведенные в 2013 г. в РП № 226, результаты морфологического анализа особей, отловленных в полевых условиях, показатели видового разнообразия, ценопопуляционные и структурные характеристики, указывают на соответствие фауны на территории РП № 226 природным условиям исследуемого региона.

В ходе выполнения лабораторных исследований образцов млекопитающих индикаторных видов (полевка обыкновенная и полевка плоскочерепная) сделан вывод об отсутствии патологий внутренних органов, цитогенетических и гематологических нарушений, характерных для воздействия УВГ. Отсутствуют также митотические патологии, и выраженные признаки сниженного гемоглобина, эритроцитоза и лейкоцитоза.

Также как и для мест падения боковых блоков РН «Союз», на участках приземления первых ступеней РН «Зенит» отмечена низкая численность мелких грызунов, вследствие обеднения разнообразия растительности – источника питания основных видов млекопитающих. Учитывая установленные факты пролива керосина Т-1 на территории РП № 226, следует предположить, что присутствие в почве нефтепродуктов является косвенной причиной этому явлению.

**Общие выводы по результатам комплексных экологических исследований,** проведенных в 2012-2013 гг. в районах падения первых ступеней РН «Союз» (РП № 16, 49, 67, 70) и РН «Зенит» (РП 226).

Изученные экосистемы территорий, подвергаемые воздействию ракетного горючего керосин Т-1, в целом характеризуются как ненарушенные и устойчивые к техногенному воздействию РКД, уровень которого не превышает допустимых нагрузок на окружающую среду.

Природными и климатическими условиями (повышенный уровень солнечной освещенности, температурные контрасты, недостаток увлажнения, особенности низменно-пустынных и степных ландшафтов, равнинный рельеф, адсорбционная емкость почв) обеспечивается накопление керосина Т-1 в верхних горизонтах почвенного покрова, вдонных отложениях речных систем, а также выдувание техногенных загрязнений из рыхлых поверхностных горизонтов и аэрогенного переноса в соседние ландшафты с газо-пылевыми потоками.

Интенсивный водообмен в речной системе препятствует углеводородному загрязнению природных вод. Невысокая температура природной воды, благоприятный кислородный режим, низкая мутность способствует благополучному развитию водных биосистем.

В бурой полупустынной почве на местах падения боковых блоков РН «Союз» керосин Т-1 сохраняется на протяжении нескольких лет, приводя к нарушению почвенной структуры почвы и уплотнению верхних слоев почвы, рассолению и рассолонцеванию почвенных горизонтов.

В каштановой почве на местах падения первой ступени РН «Зенит» присутствие техногенных загрязнений приводит к засолению почвенных слоев, возрастанию щелочности, облегчению гранулометрического состава, нарушению структуры плодородного горизонта, снижению гумусности, и уменьшению запасов элементов питания.

Признаки угнетенности почвенной микрофлоры под воздействием углеводородного загрязнения в верхних слоях почвы выражены в снижении общей численности почвенных микробов, отсутствии в почве актиномицетов и микроскопических грибов, а также в уменьшенных показателях интенсивности дыхания почвы.

Фитотоксичность почв, загрязненных в результате пролива керосинового ракетного топлива обнаружена для пустынной бурой почвы на местах падений фрагментов боковых блоков РН «Союз» 1-4 лет давности. Для каштановой почвы на местах падения первой ступени выявлены признаки угнетения вегетативного развития культурных сортов растений (пшеница и морковь) и дикорастущих растений (пырей ползучий), выраженные в пониженной всхожести семян, уменьшении размеров проростков и корней.

Отмечена восприимчивость растений к углеводородному загрязнению в почвах. Признаки техногенного угнетения растений выражены в низком проективном покрытии почвы растительностью, вследствие угнетения и гибели кустарничков (боялыч, кокпек), полукустарничков (полыни) и дерновинных злаков (ковыль); в замене доминантов и субдоминантов на малопродуктивные сообщества рудеральных однолетников; в аномальном развитии корневой системы растений. В отдельных случаях выявляются аномалии развития генеративных органов ковыля.

Не установлены какие-либо признаки патологий митоза и выраженных признаков анемии, эритроцитоза и лейкоцитоза, которые могли бы быть вызваны длительным воздействием загрязнений окружающей среды нефтепродуктами.

Вместе с тем, на местах падения с углеводородным загрязнением определены пониженные показатели видового разнообразия и численности фауны, вследствие недостатка растительных кормов диких животных, косвенной причиной которого является техногенная нарушенность растительного покрова под воздействием керосина Т-1.

Учитывая возможность техногенных нарушений почвенной структуры, изменения биологического баланса в природных экосистемах, рекомендованы детальные научные исследования состояния почв и биоценозов РП ОЧ РН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Экологическая безопасность деятельности космодрома «Байконур» / под ред. д.т.н., академика МАНЭБ Ж.Жубатова. – Алматы, 2011. – 430 с.
2. Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности. Принципы и методы // под ред. Н.С. Касимова, О.А. Шпигуна. – М.: РЕСТАРТ, 2011. – 470 с.
3. Обосновать методологические подходы к оценке экологического риска РКД и нормированию на основе устойчивости природных экосистем, дать токсикологическую характеристику воздействия продуктов химической трансформации несимметричного диметилгидразина на растения и животных, разработать экологически-гигиенические нормативы. Этап 3.2 - Разработка ПДК керосина Т-1 в почве: отчет о НИР (заключит.) / ДГП «Инфракос-Экос»: рук. Козловский В.А., Товасарова А.Д. – Алматы, 2009. – 110 с. – № ГР 0108РК00173. – Инв. № 0211РК00392.

4. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие для хим., хим.-технол. и биол. спец. вузов / под ред. Орлова Д.С., Садовниковой Л.К., Лозановской И.Н. – М.: Высш. шк., 2002. – С. 167-171.
5. Оценка устойчивости природных экосистем, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности. Экспериментальные исследования по обоснованию предельно-допустимой концентрации токсичных компонентов ракетного топлива и продуктов их химической трансформации. Этап 3.1 – Комплексная оценка устойчивости природных комплексов в районах падения первой ступени РН «Союз» (зона Ю-25) и здоровья населения на сопредельной территории в Карагандинской области: отчет о НИР (заключит.) / РГП «НИЦ «Фарыш-Экология»: рук. Жубатов Ж., Козловский В.А. – Алматы, 2012. – Ч. 1. – 367 с. – № ГР 0108РК00173. – Инв. № 0213РК00173.
6. Оценка устойчивости природных экосистем, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности. Экспериментальные исследования по обоснованию предельно-допустимой концентрации токсичных компонентов ракетного топлива и продуктов их химической трансформации. Этап 3.1 – Оценка устойчивости природных экосистем РП № 226 и на сопредельной территории в Карагандинской области: отчет о НИР (заключит.) / РГП «НИЦ «Фарыш-Экология»: рук. Козловский В.А., Бисариева Ш.С. – Алматы, 2013. – Ч. 1. – 457 с. – № ГР 0108РК00173. – Инв. № 0213РК02877.
7. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемосточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов», утв. Пост. Правительства РК от 18.01.2012 г. № 104.
8. РНД «Охрана земель. Экологические требования в области охраны и использования земельных ресурсов, в том числе земель сельскохозяйственного назначения». – Астана, 2005. – 25 с.

#### REFERENCES

1. Ekologicheskayabezopasnostdeyatelnostikosmodroma «Baykonur» / podred. d.t.n., akademikaMANEBZh. Zhubatova. – Almatyi, 2011. – 430 s.
2. Ekologicheskyy monitoring raketno-kosmicheskoydeyatelnosti. Printsipy i metody // pod red. N.S. Kasimova, O.A. Shpiguna. – M.: RESTART, 2011. – 470 s.
3. ObosnovatmetodologicheskiepohodyikotsenkeekologicheskogoriskaRKDinormirovaniyunaosnoveustoychivo stiprirodniihekosistem, dattoksikologicheskuyuharakteristikuvozdeystviyaproduktovhimicheskoytransformatsiiesimmetrichnogodimetilgidrazi nanarasteniyazhivotnyih, razrabotatekologicheskigigienicheskienormativyi. Etap 3.2 - RazrabotkaPDKkerosinaT-1 vpoche: otchetNIR (zaklyuchit.) / RGP «Infrakos-Ekos»: ruk. KozlovskiyV.A., TovasarovA.D. – Almatyi, 2009. – 110 s. – # GR 0108RK00173. – Inv. # 0211RK00392.
4. Ekologiya i ohranabiوسفeryiprihimicheskomezagryaznenii: ucheb. posobiedlya him., him.-tehnol. i biol. spets. vuzov / pod red. Orlova D.S., Sadovnikovoy L.K., Lozanovskoy I.N. – M.: Vyssh. shk., 2002. – S. 167-171.
5. Otsenkaustoychivostiprirodniihekosistem, podverzhennyihvozdeystviyraketno-kosmicheskoydeyatelnosti. Eksperimentalnyieissledovaniyapoobosnovaniyupredelno-dopustimoykontsentratsiitoksichnyihkomponentovraketnogotopliva i produktovihhimicheskoytransformatsii. Etap 3.1 – Kompleksnayaotsenkaustoychivostiprirodniihkompleksov v rayonahpadeniyapervoystupeni RN «Soyuz» (zona Yu-25) i zdorovyanaseleniyanasopredelnoyterritorii v Karagandinskoyoblasti: otchet o NIR (zaklyuchit.) / RGP «Infrakos-Ekos»: ruk. ZhubatovZh.,KozlovskiyV.A. – Almatyi, 2012. – Ch. 1. – 367 s. – # GR 0108RK00173. – Inv. # 0213RK00173.
6. Otsenkaustoychivostiprirodniihekosistem, podverzhennyihvozdeystviyraketno-kosmicheskoydeyatelnosti. Eksperimentalnyieissledovaniyapoobosnovaniyupredelno-dopustimoykontsentratsiitoksichnyihkomponentovraketnogotopliva i produktovihhimicheskoytransformatsii. Etap 3.1 – Otsenkaustoychivostiprirodniihekosistem RP # 226 i nasopredelnoyterritorii v Karagandinskoyoblasti: otchet o NIR (zaklyuchit.) / RGP «Infrakos-Ekos»: ruk. KozlovskiyV.A., BisarievaSh.S. – Almatyi, 2013. – Ch. 1. – 457 s. – # GR 0108RK00173. – Inv. # 0213PK02877.
7. Sanitarnyye pravila «Sanitarno-epidemiologicheskyye trebovaniya k vodoistochnikam, mestam vodozabora dlya hozyaystvenno-pitevyih tseley, hozyaystvenno-pitevomu vodosnabzheniyu i mestam kulturno-bytovogo vodopolzovaniya i bezopasnosti vodnyih ob'ektov», utv. Post. PravitelstvaRKot 18.01.2012 g. # 104.
8. RND «Ohranazemel. Ekologicheskyye trebovaniya v oblasti ohranyii ispolzovaniya zemelnyih resursov, v tom chisle zemel selskohozyaystvennogo naznacheniya». – Astana, 2005 g.. – 25 s.

Ж. Жұбатыов, Е.Ю. Степанова, О.А. Агапов, В.А. Камкин Г.Р. Кабжанова, А.В. Убаськин,  
Т.Ж. Абылхасанов, Г.Г. Жаксыбаева, Л.С. Жұмабаева, А.А. Байбатшаев

**«Союз» және «Зенит» ЗТ бірінші сатысының құлау аудандарындағы Т-1 керосинінің әсер етуінің экологиялық аспектілері (16,49,67,70 ҚА мен 226 ҚА мысалында)**

**Түйіндеме.** 2012-2013 жж. зымыран-тасығыштардың ажырайтын бөліктерінің құлау аудандарына (ЗТ АБ ҚА) кешенді экологиялық зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында керосиндік зымыран отынының қоршаған ортаның топырақтық құрылымы мен биологиялық аспектілеріне жағымсыз әсер ету белгілері анықталған болатын. Зерттелген экожүйелер тұтастай алғанда ҒЗҚ-ның техногендік әсеріне тұрақты және бұзылмаған деп сипатталады, аталмыш әсердің деңгейі қоршаған ортаға түсетін жарамды жүктемелерден аспайды. Керосиндік зымыран отынының әсер етуінің нәтижесінде техногендік бұзушылықтардың ықтималдығын ескере отырып, ЗТ

АБ ҚАтопырақ жамылғысының мен биоценоздарының күйіне толық ғылыми зерттеу жүргізу ұсынылған.

**Түйін сөздер:** экологиялық зерттеу, құлау ауданы, ғарыштық-зымыран қызметі, керосиндік зымыран отыны, табиғи экожүйе, биоценоз.

Jh.Zhubatov, E.Ju. Stepanova, O.A. Agapov, V.A. Kamkin, G.R. Kabjhanova, A.V. Ubasskin,  
T.Jh. Abylkhassanov, G.G. Zhaksybaeva, L.S. Dzhumabaeva, A.A.Bajbatchaev

**Ecological aspects of kerosene T-1 influence for the first stages of the "Soyuz" LV and "Zenit" LV fallareas  
(by example of FA No.16,49,67,70 and FA No.226)**

**Summary.** By the complex ecological researches in 2012-2013 in the launch vehicle's separating parts fall areas (LV SP FA) were studied the signs of kerosene rocket fuel negative influence on a soil structure and biological objects of environment. The studied ecosystems on the whole are characterized as undisturbed and steady to technogenic influence of space-rocket activities (SRA), the level of that does not exceed the possible loading on an environment. Taking into account possibility of technogenic violations as a result of kerosene rocket fuel influence, the detailed scientific researches of the biocenosis state in the LV SP FA are recommended.

**Key words:** ecological research, fall area, space-rocket activity, kerosene rocket fuel, natural ecosystem, biocenosis.

УДК 621.3,7.1.

**Иркегулов А.Ш.**

Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева  
г. Алматы, Республика Казахстан  
iamantay@mail.ru

**РАСЧЕТ ИЗЛУЧЕНИЯ СИММЕТРИЧНЫХ ТМ-ВОЛН В ПОЛУБЕСКОНЕЧНОЙ  
КОАКСИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ**

**Аннотация.** Методом краевой задачи Римана рассчитано излучение электромагнитных волн в полубесконечной коаксиальной системе.

Источником возбуждения является кольцевой сгусток зарядов с переменным током, движущийся с релятивистской скоростью вдоль оси системы. Проведено сравнение результатов расчетов с данными, полученными по методу Винера-Хопфа-Фока.

**Ключевые слова:** коаксиальная система, волновод, азимутальный ток, ускорительный тракт, фурье-компонента.

**1. Введение**

Волноводные системы с неоднородными проводящими стенками находят широкое применение в технике сверхвысоких частот для создания согласующих элементов, частотных фильтров и преобразователей типов волн, а также для изучения поперечного действия электромагнитного поля<sup>[1-2]</sup>.

Эффективные методы решения класса краевых задач электродинамики, к которому сводится задача о возбуждении сложных волноводных систем, пока не разработаны. К числу известных аналитических методов решения подобного типа задач относятся метод задачи Римана-Гильберта<sup>[3]</sup>, а также метод Винера-Хопфа-Фока (ВХФ)<sup>[4]</sup>.

Ниже приведено решение краевой задачи о возбуждении симметричных ТМ-волн в полубесконечных коаксиальных системах (рис.1) методом классической задачи Римана<sup>[5]</sup>. Полученные результаты сравниваются с решениями аналогичных задач, найденными с помощью метода ВХФ.

**2. Постановка задачи**

Задача о возбуждении симметричных ТМ-волн в одной из полубесконечных коаксиальных систем \* (см. рис.1, а) сводится к следующей системе интегральных уравнений<sup>[6]</sup>: