

ISSN 1694-8025



**ЖУСУП БАЛАСАГЫН атындагы
КЫРГЫЗ УЛУТТУК
УНИВЕРСИТЕТИНИН
ЖАРЧЫСЫ**

Ар бир кварталда чыгуучу илим-билим
жана маалымат журналы

**ВЕСТНИК
КЫРГЫЗСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА
имени ЖУСУПА БАЛАСАГЫНА**
Ежеквартальный научно-образовательный
и информационный журнал

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий,
рекомендованных Высшей
аттестационной комиссией Кыргызской Республики, Постановлением Президиума ВАК КР
№ 126 от 26.05.2016 г.
и в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ),
(Лицензионный договор № 03.01.2016 от 13 января 2016 г.)

2018/4 (96)

Бишкек

«Баласагын атындагы КУУнун Жарчысы» журналынын редакциялык коллегиясы

Башкы редактор

Садыков К.Ж. – Ж. Баласагын атындагы КУУнун ректору;

Башкы редактордун орун басары

Чекеев А. А - илимий иштер боюнча проректор;

Редколлегия:

Артыкбаев М. Т. - КР УИАнын корр. - мүч. филос. ж-а. полит. илим.д-ру,проф.;

Асанканов А. - КР УИАнын корр. -мүч., тарых илим. д-ру, проф.;

Ахметова Н. А. - пед. илим. д-ру, проф.;

Борубаев А. А. – КР УИАнын акад., физ-мат. илим. д-ру, проф.;

Ботобеков. А. - экон. илим. д-ру, проф.;

Галиева. З. И. – тарых илим, д-ру, проф.;

Жайнаков А. – КР УИАнын акад., физ-мат. илим. д-ру, проф.;

Карабаев С. О. – хим. илим. д-ру, проф.;

Мамбетакунов Э. – КР УИАнын корр-мүч., пед. илим. д-ру, проф.;

Молдоев Э. Э. – юрид. илим. д-ру, проф.;

Панков П. С. – КР УИАнын корр-мүч., физ-мат. илим. д-ру, проф.;

Садыков А. – КР УИАнын корр-мүч., фил. илим. д-ру, проф.;

Сманалиев К. М. – юрид. илим. д-ру, проф.;

Суранаев Т. Дж. - экон. илим. д-ру, проф.;

Тиллебаев С. А. - филол.илим. д-ру, проф.;

Токтомушев С. Ж. - КР УИАнын акад., техн. илим. д-ру, проф.;

Чотонов У.- тарых илимдеринин доктору, профессор;

Чет өлкөлүк мүчөлөрү:

Ахунбаев А.-Евразия Өнүгүү Банкынын изилдөө секторунун башчысы (Dr.PhD)

Бешимов Р. Б.- М. Улугбек атын.Улуттук Өзбек уни-ти, физ-мат. илим. д-ру, проф.;

Бородкин Л. И.-М. В. Ломоносов атын. ММУнун проф.,т.и.д. РАЕН корр-мүч.;

Ковальская Л. А.-биол. илим. д-ру, ВНИИГИБП лаб. башчысы;

Козлов К. Л.-М. В. Ломоносов атын. ММУ, физ-мат. илим. д-ру, проф.;

Перегудин С. И. – Санкт-Петербург мамлекеттик уни-ти, физ-мат. илим. д-ру, проф.;

Садовничий Ю. В.-М. В. Ломоносов атын. ММУ, физ-мат. илим. д-ру, проф.;

Редакциялык-басма бөлүм:

Чотонов У.-бөлүм башчы;

Казыбекова Д. Э.-жоопту катчы;

Кожомкулов К. Е. – редактор

Редакционная коллегия журнала «Вестник КНУ им. Ж. Баласагына»

Главный редактор

Садыков К.Ж. - ректор КНУ им. Ж. Баласагына;

Заместитель главного редактора

Чекеев А. А. - проректор по научной работе;

Редколлегия:

Артыкбаев М. Т. - чл.-корр. НАН КР, д-р филос. и полит. наук, проф.;

Асанканов А. - чл.-корр. НАН КР, д-р ист. наук, проф.;

Ахметова Н. А. – д-р пед. наук, проф.;

Борубаев А. А. - академ. НАН КР, д-р физ-мат. наук, проф.;

Ботобеков А. - д-р экон. наук, проф.;

Галиева З. И. - д-р ист. наук, проф.;

Жайнаков А. - академ. НАН КР, д-р пед. наук, проф.;

Карабаев С. О. - д-р хим. наук, проф.;

Мамбетакунов Э. - чл.-корр. НАН КР, д-р пед. наук, проф.;

Молдоев Э. Э. - д-р юрид. наук, проф.;

Панков П. С. - чл.-корр. НАН КР, д-р физ-мат. наук, проф.;

Садыков А. – чл.-корр. НАН КР, д-р фил. наук, проф.;

Сманалиев К. М. - д-р юрид. наук, проф.;

Суранаев Т. Дж. - д-р экон. наук, проф.;

Тиллебаев С. А. - д-р филол. наук, проф.;

Токтомышев С. Ж. - академ. НАН КР, д-р техн. наук, проф.;

Чотонов У. – доктор исторических наук, профессор;

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Ахунбаев А. - зав. сектором исследования стран Евразийского Банка Развития (Dr.PhD);

Бешимов Р. Б. - д-р физ-мат. наук, проф. Национального университета Узбекистана им. М. Улугбека;

Бородкин Л.И. - д-р ист. наук, проф. МГУ им. М.В Ломоносова, чл.-корр. РАЕН;

Ковальская Л. А. - д-р биол. наук, зав. лаб. ВНИ и ТИБП, г. Щелково, Моск. обл.;

Козлов К. Л. – д-р физ-мат. наук, проф. МГУ им. М. В. Ломоносова;

Перегудин С.И.- д-р физ.- мат. наук, проф. Санкт-Петербургского Государственного Университета;

Садовничий Ю. В. – д-р, физ-мат. наук, проф. МГУ им. М. В. Ломоносова;

Редакционно-издательский отдел КНУ:

Чотонов У. - зав. отделом РИО КНУ;

Казыбекова Д. Э. - ответственный секретарь;

Кожомкулов К. Е. - редактор

Естественные науки

Математика

- Абдыбек кызы Алтын, Буржуева А.К.** Некоторые приемы варьирования задач для контрольных работ в средней школе..... 6
- Бейшекеев Ж.Ж., Бейшебаева Ж.К., Алтыбаев Н.Ы.** Энтропийные методы исследования для равновесного управления в экономических задачах 10
- Джумагулов К.Р.** Решение обратной задачи с гиперболическим оператором, где вырождается неклассическое уравнение Вольтерра третьего рода 17
- Канетов Б.Э., Канетова Д.Э.** Характеризация некоторых свойств тихоновских пространств 23
- Каракеев Т.Т., Мустафаева Н.Т.** Регуляризация системы нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода..... 28
- Ткачман М. Л., Изотов А.О.** Прогнозирование посещаемости сайта на основании математического ожидания с использованием метода Бернулли 34
- Бешимов Р.Б., Сафарова Д.Т.** Некоторые топологические свойства функтора \exp_n 40

Физика

- Бакирова Э.М., Бакирова Н.М.** Смешанная астрофизическая конфигурация с комплексным скалярным полем и нейтронным веществом 46
- Осмоналиев К., Смаилова Н.К.** Специфические особенности распада элементарных возбуждений в модельных объектах 54
- Урусова И.Р.** «Схемный» аналог флуктуаций температуры электронов для численной реализации винтовой формы открытой электрической дуги 63
- Токтогонов С.А., Мурзакулова И.Ч.** Ток проходящий через лазерный факел при наложении внешнего сильного электрического поля..... 69

Химия

- Арзиев Ж. А., Жолдошев Б. С., Алтыбаева Д. Т.** Исследования эффективности действия гумино - минеральных удобрений на хлопчатник при листовой подкормке..... 77
- Рахимова М., Давлатшоева Дж. А., Рахмонов И.Р., Эмомадова Ш., Алтыбаева Д.Т.** Ацетатные координационные соединения железа и их биологическая активность 83

Экология

Бообекова С.Б., Дүйшөнбаева А.Д., Алмазбек уулу Тилек Химия сабагын окутууда экологиялык көйгөйлөрдү чагылдыруу	86
Джамгырчиев Д.Ч., Атабаева Э.А. Проявления опасных природных явлений (ОПЯ) и техногенных процессов (ТП) в ландшафтах западной части Чуйской долины Кыргызстана	90
Джамгырчиев Д.Ч., Торобекова Т.А. Экологические проблемы пастбищных ландшафтов Чон-Алайской долины Кыргызстана	94
Осмонбетова Д.К. Современное состояние хвостохранилищ Кыргызстана и вторичное использование захороненных отходов	100
Оторбаева А. К. Горнолыжный туризм как один из популярных видов туризма	108
Токтомурадова Н.С. Кыргызстандын түштүгүндөгү радиоактивдүү калдыктар жайгашкан жерлердин экологиялык абалы	118
Карабаев С.О., Субанкулова Д.А., Гайнуллина И.П., Джунушалиева А.К. Процессы связывания ионов меди, никеля, кадмия на гумине и гуминовой кислоте угля Кара-Кече	125
Темиров Б.К., Жусупкелдиев Ш., Тоялиев С., Ниязов Т., Итибаев З.С. Жерге жакын аба катмарындагы дисперсиялык бөлүкчөлөрдүн жаз мезгилиндеги өзгөрүшү	131
Жусупкелдиев Ш., Жумабеков А., Дардиев С.М., Чубаков Т.А. Түндүк Тянь-Шандын атмосферасындагы өзгөрүүлөр.....	136
Сведения об авторах	141

Естественные науки

Математика

УДК: 372.8:51

Абдыбек кызы Алтын, Буржуева А. К.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Abdybek kyzy Altyn, Burzhueva A. K.
J. Balasagyn KNU, Bishkek

Некоторые приемы варьирования задач для контрольных работ в средней школе

Окуучулардын билим деңгээлин текшерүүдө эсептөөлөрдү өзгөртүү ыкмасы

Some receptions varying tasks for control works in secondary school

Использование методики варьирования задач, применение приема варьирования, когда уже решенная задача дополняется новым требованием, позволяет не только углубить предметные знания, но и систематизировать их. В результате применения процедурных знаний, учащиеся овладевают аналитическим уровнем системного мышления

Ключевые слова: варьирование задач; математические методы; проверка знаний.

Статьяда эсептөөлөрдү өзгөртүү методикасы жана өзгөртүү ыкмасы көрсөтүлгөн. Талаптарды толуктоо менен маселенин сөзүн өзгөртүп, маанисин өзгөртпөстөн теңдеме же туюнтма түрүндө көрсөтсөк болот.

Урунттуу сөздөр: эсептөөлөрдү өзгөртүү; математикалык методдор; билим дэңгээлин текшерүү.

The use of the method of varying tasks, the application of variation, when the task already solved is supplemented by a new requirement, allows not only to deepen the subject knowledge, but also to systematize them. As a result of applying procedural knowledge, students master the analytical level of systemic thinking.

Keywords: variation of tasks; mathematical methods; knowledge testing.

Проверка знаний, умений и навыков учащихся - составная часть процесса обучения. Она необходима при формировании новых понятий и изучении теорем, отработке навыков и умений применять математические методы при решении задач, при проверке сознательности и прочности усвоения знаний, умения логически рассуждать и творчески применять полученные знания.

На каждом этапе проверка знаний учащихся имеет свои особенности и проводится на различных задачах. Мы считаем, что при подборе задач, используемых для проверки знаний учащихся, учителю следует учитывать два основных условия. Во-первых, необходимо установить, какого уровня усвоения знаний необходимо добиться при изучении того или иного материала на определенном этапе. Во-вторых, следует исходить из того, что при проверке знаний учащиеся должны находиться в равных условиях. Поэтому задачи, предлагаемые им для этой цели, должны быть одинаковой сложности и трудности. Сложность и трудность задач при этом определяются содержанием материала и уровнем усвоения знаний на данном этапе.

Мы будем выделять три уровня усвоения знаний, умений и навыков. Первый уровень состоит в осознанном восприятии информации и ее запоминании. Второй уровень представляет собой усвоение способов применения знаний по образцу, включая легко опознаваемые вариации этого образца, применение знаний в знакомой ситуации. Третий уровень состоит в готовности обучающегося творчески применить усвоенную информацию в новой, не знакомой ему ситуации.

Уровень усвоения знаний устанавливается образцами самостоятельных и контрольных работ, приводимых либо в дидактических материалах, либо в другой методической литературе.

В работе С. Г. Губы [1] исследованы приемы варьирования задач на доказательство с целью активизации математической деятельности учащихся, в работе Т. П. Черепановой [3] — приемы варьирования задач, применяемые на внеклассных занятиях. Мы рассмотрим некоторые приемы варьирования задач при составлении контрольных работ.

Цель проверки знаний и достигнутый уровень усвоения определяют возможности варьирования задач, т.е. знания, умения и навыки, которые подвергаются проверке, не изменяются, остальные в той или иной степени варьируются. При этом, чем выше уровень усвоения знаний, тем больше элементов задач можно изменять.

Выделим основные элементы, условия и решения задач, которые можно подвергнуть варьированию: числовые данные; рассматриваемое понятие, фигуру; свойства понятия, фигуры; взаимное расположение рассматриваемых фигур; методы решения; приемы решения; последовательность рассуждений; постановку задачи; вопросы задач и др.

При проверке знаний на первом уровне усвоения можно видоизменять числовые данные, незначительно варьировать взаимное расположение фигур. Упражнения, применяемые для этой цели, в основном не отличаются от тех, которые решались на уроках. Обычно составление подобных упражнений не вызывает особых трудностей, и мы приведем лишь один пример. Если учитель проверяет умение применять производную к исследованию функций, то следует выбрать такую функцию, производную которой учащиеся легко смогут найти.

Исследуйте функцию с помощью производной:

а) $y=4x^4 - 2x^2+3$; б) $y = 8+2x^2 - x^4$;

в) $y = \frac{1}{4}x^4 - 2x^2 - \frac{9}{4}$; г) $y=8x^2 - x^4 - 16$.

На втором уровне усвоения знаний можно видоизменять постановку задачи, понятия, фигуры и их свойства, взаимное расположение фигур, рассуждения при решении взаимно обратных задач. Однако все вариации задачи при этом не должны выводить учащихся за пределы применения знаний в знакомых им ситуациях. Методы и приемы решения, как правило, на этом уровне не варьируются.

Приведем примеры

Когда учащиеся уже приобрели определенный опыт применения производной к исследованию функций, можно предложить упражнения, в которых кроме числовых данных варьируется постановка задачи, а иногда и вид, функция, но основной метод решения остается неизменным.

а) *Исследуйте функцию $f(x) = x^2 - 2x^4+1$.*

б) *Определите промежутки монотонности и экстремумы функции*

$g(x)=\frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{2}x^2 - 2x - 2$.

в) *Найдите наименьшее и наибольшее значение функции $y = \frac{x^2}{3-x}$ на отрезке $[4; 9]$.*

Каждый из этих упражнений в отдельности требует воспроизведения полученных знаний и умений, но варьирование постановки задачи создает для учащегося необходимость проанализировать изученные приемы применения производной к исследованию функций. Таким образом, проверка в этом случае предполагает уже более высокий уровень усвоения.

В геометрии на втором уровне усвоения знаний могут быть предложены задачи, в которых остаются неизменными рассматриваемые фигуры, основной прием решения, а варьируются взаимное расположение фигур, некоторые данные. Приведем задачи, которые можно использовать для проверки умений вычислять объемы многогранников.

а) *Диагональ DB_1 прямоугольного параллелепипеда $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ равна a и образует с ребрами основания DA и DC соответственно углы α и β . Определите объем параллелепипеда.*

б) Диагональ DB_1 прямоугольного параллелепипеда $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ равна t и составляет с диагоналями $B_1 A_1$ и $B_1 C_1$ смежных боковых граней соответственно углы α и β . Определите объем параллелепипеда.

Если у учителя возникает необходимость проверить знания с учетом более высокого уровня пространственных представлений, то можно предложить учащимся вместо объема параллелепипеда определить объем треугольной пирамиды $B_1 A C D$.

На этом же уровне усвоения знаний могут быть использованы задачи, в которых метод доказательства, основной круг понятий, необходимых для решения задачи, остаются неизменными, а варьируется последовательность рассуждений при необходимости доказывать две взаимно обратные теоремы.

а) Дан двугранный угол α и β точки $A \in \alpha$ и $B \in \beta$. Докажите, что если точки A и B равноудалены от прямой a , то расстояние точки A до плоскости грани β равно расстоянию точки B до плоскости грани α .

б) Дан двугранный угол α и β и точки $A \in \alpha$ и $B \in \beta$. Докажите, что если расстояние точки A до плоскости грани β равно расстоянию точки B до плоскости грани α , то точки A и B равноудалены от ребра a двугранного угла.

В некоторых случаях элементы повторения могут быть специально включены в задачи. Например, при проверке усвоения понятия логарифмической функции и ее свойств в качестве специального элемента повторения можно включить в задачи решение дробно-линейных неравенств и их систем, при этом в упражнениях варьируются свойства логарифмической функции, незначительно изменяется вопрос задачи.

а) Определите, при каких значениях переменной x функция $y = \log_{\frac{1}{3}} \frac{3x+5}{x-3}$ принимает положительные значения.

б) Определите, при каких значениях переменной x функция $y = \lg \frac{4x+3}{3(x-1)}$ принимает отрицательные значения.

На втором уровне усвоения могут быть предложены упражнения, целью которых является проверка определенного, заранее очерченного круга знаний, умений и навыков. При этих условиях варьируются рассматриваемые понятия, частично последовательность рассуждений и тождественных преобразований, но основной метод решения остается неизменным, и тем самым в основном сохраняется степень трудности упражнений.

Приведем примеры.

Решите уравнение:

а) $\sin 2x = \cos^4 \frac{x}{2} - \sin^4 \frac{x}{2}$; б) $(1 + \cos 4x) \sin 2x = \cos^2 2x$; в) $\cos^4 x - \sin^4 x = \sin 2x(1 + \cos 2x) - 1$.

В геометрии к таким упражнениям относятся, например, упражнения на построение сечений многогранников при варьировании видов многогранников и расположения точек, задающих положение секущей плоскости; задачи на вычисление площадей поверхностей или объемов многогранников или фигур вращения.

Проверка знаний, умений и навыков по математике, соответствующая второму уровню усвоения — самый распространенный вид контроля в средней школе.

Проверка знаний, соответствующая третьему уровню усвоения, требует от учеников глубокого осознания изученных понятий и методов решения, свободного оперирования полученными знаниями, умения применять знания в незнакомой ситуации, высокой степени актуализации знаний.

На этом уровне усвоения знаний могут быть предложены упражнения, при выполнении которых ученик сам выбирает метод решения. При этом метод решения,

основные понятия остаются неизменными, а остальные элементы задачи могут варьироваться.

В частности, при проверке знаний свойств квадратного уравнения, умений решать квадратные неравенства, системы неравенств могут быть предложены упражнения, в которых варьируются постановка задачи, некоторые используемые понятия, числовые данные.

а) Найдите все значения r , при которых функция $y=(r-1)x^2+2(r-1)x+2$ принимает положительные значения при всех действительных значениях x .

б) Найдите все значения m , при которых неравенство $(m-1)x^2+2mx+3m-2 > 0$ истинно при всех действительных значениях x .

Приведем примеры упражнений, которые включают элементы исследования, при этом последовательность рассуждений, основной круг рассматриваемых понятий остаются неизменными, варьируется сочетание этих понятий.

а) Найдите область определения функции: $y = \frac{a}{\sqrt{\sin x} - 1}$

Выясните, при каких значениях параметра, a значение функции y

1) положительно, 2) отрицательно.

б) Найдите область определения функции: $y = \frac{a}{\lg \cos x}$

Выясните, при каких значениях параметра a значение функции y

1) положительно, 2) отрицательно.

Если надо проверить, какой метод решения усвоен лучше, то ученик сам выбирает способ. Если учитель ставит перед собой цель проверить умения применять разные методы решения, то требование задачи дополняется указанием решить задачу двумя или даже тремя способами (в нашем примере с использованием подобия, теоремы, обратной теореме Пифагора, скалярного умножения векторов).

Мы указали некоторые приемы подбора и варьирования упражнений с целью проверки знаний, умений и навыков, соответствующих определенному уровню усвоения. Всесторонний анализ задач, предназначенных для проверки знаний учащихся, поможет учителю глубже осознать соответствие каждой задачи поставленным дидактическим целям и даст возможность объективно оценивать знания учащихся при проведении самостоятельных и контрольных работ, при устных ответах.

Список цитируемых источников

1. Губа С.Г. Развитие у учащихся интереса к поиску и исследованию математических закономерностей. — Математика в школе, 1972, № 3, с. 19—22.
2. Лернер И. Я-Качество знаний учащихся. Какими они должны быть? — М.: Знание, 1978.
3. Черепанова Т. П. Обучение варьированию, условия задачи — средство активизации мыслительной деятельности учащихся. — Математика в школе, 1964, № 5, с. 36-39.

Рецензенты: *Неживых А.В.* — кандидат технических наук, доцент КРАО

Жумадил уулу Аман — кандидат физико-математических наук, КГУ им. И.Арабаева

УДК: 519.635

Бейшекеев Ж.Ж., Бейшебаева Ж.К., Алтыбаев Н.Ы.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Beishekeev J.J., Beishebaeva J.K., Altubaev N.I.
J. Balasagyn KNU, Bishkek

Энтропийный методы исследования для равновесного управления в
экономических задачах

Экономикалык башкаруу көйгөйлөрдү тең салмактуулук изилдөөдө энтропия
ыкмалары

Entropy research methods for equilibrium management in economic problems

В этой работе рассматривается применение энтропийного метода исследования для равновесного управления в экономических задачах. Показано, что энтропийный метод пригоден только для цепи с конечным числом состояний.

Ключевые слова: равновесие в распределении ресурсов; энтропия для изучения динамики экономических задач; Марковский процесс-математический термин; стохастическая модель.

Бул иште экономикалык башкаруу көйгөйлөрү тең салмактуулук изилдөөдө энтропия ыкмалары каралат. Бул метод сандын акыркы абалына ылайыктуу.

Урунттуу сөздөр: тең салмактуулук; ресурстардын таралышы; энтропия экономиканын кыймылдуу эсебинде колдонуу; Марковтук процесс; математикалык термин; тепкичтүү модел.

In this paper the application of entropic research methods for equilibrium control in economic problems is considered that the for chains with a finite number of states.

Keywords: equilibria; entropy; Markov process; stationary process; stochastic model.

Введение. Многие свойства и закономерности, присущие физическим макросистемам, обнаруживаются в сложных системах совершенно иной природы. Среди них, прежде всего, следует указать системы обмена или распределения экономических ресурсов. Обычно такой обмен осуществляется между экономическими ячейками и в зависимости от степени централизации, принятой в данной экономической системе. Однако как бы не была высока степень централизации, экономическая система обмена столь сложна, что неуправляемые факторы в ней всегда остаются. В системе экономического обмена существуют два существенно отличающихся друг от друга уровня: уровень стохастических межэлементных взаимодействий и уровень детерминированных характеристик - таким образом, поведение экономической системы в целом дает основания использовать макросистемную модель. Мы изучаем эти равновесные экономические процессы, происходящие в системах экономического обмена, при помощи энтропийного метода. Изучение производится только для устойчивых экономических задач. Закономерности, присущие равновесным состояниям в системах экономического обмена, во многом аналогичны тем, которые имеют место в физических системах. Хотя эти аналогии не привели к появлению новых моделей экономического обмена, но они способствовали упорядочению и формализации качественных идей и понятий. В настоящей работе потребление связано с передвижением элементов системы в некотором абстрактном пространстве. Естественно, что такие передвижения сопровождаются постоянным взаимодействием элементов, приводящим к случайным перераспределениям ресурсов между ними. Механизм такого взаимодействия можно описать, используя предположение о существовании небольших промежутков времени, в течение которых не происходит ни одного взаимодействия. Тогда траектории движения элементов системы можно разделить на группы в зависимости от «направления» и величины потребляемых при этом ресурсов. Такие группы назовем «коммуникациями». Если

начальный и конечный моменты указанного выше промежутка рассматриваемого пространства разбить на пронумерованные небольшие объемы, то направление этих коммуникаций определяется парой индексов (j, i) , первый из которых (j) будет указывать на номер «объема» в начальный момент времени, а второй (i) – в конечный. Заметим, что ресурсы, потребляемые элементами, и сами элементы могут иметь совершенно разную природу. Так, в физической системе – газе такими элементами являются атомы или молекулы, а ресурсом – энергия рассматриваемой системы. В системе передачи информации элементы – это коды различных символов, имеющие различные длины, а ресурс – общая длина передаваемого сообщения. В экономической системе при решении транспортных задач элементами являются количества некоторого продукта, а ресурсом – стоимость его доставки от пунктов производства до пунктов потребления. Ниже понятие «ресурса» связано с наличием некоторого множества коммуникаций, соединяющих элементы системы, и с характеристиками этих коммуникаций.

Энтропийные понятия коммуникационной системы

Рассмотрим некоторую систему, состоящую из достаточно большого числа однотипных компонент. Имея в виду многочисленность этих компонент, будем впредь называть их частицами. Очевидно, что для получения хотя бы минимальной информации об изучаемой системе, необходимо, прежде всего, научиться отличать друг от друга ее компоненты, состоящие из частиц. Пусть за каждой частицей можно закрепить один или несколько детерминированных признаков, по каждому из которых все множество частиц можно разбить на непересекающиеся группы.

Пусть, например, компоненты системы определены в некотором конечном пространстве и принадлежат множеству системы. Разделим это множество на более мелкие частицы, пронумеруем их и укажем характерные координаты. Тогда принадлежность частиц той или иной части пространства служит одним из отличительных признаков. Назовем этот признак пространственным распределением частиц. Другими отличительными признаками частиц могут быть их химический состав, вес, форма, заряд и тому подобные. Группы, образованные одним, например, g -м признаком, назовем группами g -го признака. Признак может быть химическим составом вещества, или пространственным координатным распределением частиц. В экономике он может определяться продолжительностью производственного цикла; в физике – длиной свободного пробега и скоростью молекул, временем релаксации. Заметим, что введенные выше первые два признака могут быть совершенно разной природы и примерно соответствуют начальным и конечным состояниям статистического равновесия.

В общем же случае, в передвижениях могут участвовать все частицы. Пусть данные передвижения осуществляются по специальным каналам связи групп первого и второго признака (коммуникациям). Предположим, что каждому каналу связи можно поставить в соответствие определенную величину, называемую характеристикой канала. Характеристиками могут быть, например, длина канала или время, затрачиваемое на его преодоление. Отметим, что каналы связи, так же как и частицы, могут быть интерпретированы как элементы коммуникационных систем. Тогда характеристика канала связи будет его отличительным признаком. Разница же между каналами и частицами заключается в том, что частицы «выбирают» каналы связи, а не наоборот. Естественно, что вместе с «выбором» канала частица «выбирает» и его характеристику. Поэтому сумму характеристик каналов, поставленных в соответствие каждой частице, можно рассматривать как некоторый ресурс, потребляемый частицами. Таким образом, характеристика канала становится и характеристикой частицы. Будем называть эту характеристику третьим отличительным признаком частиц.

В экономике при решении транспортной задачи частицами являются некоторые доли распределяемого продукта. Первым отличительным признаком этих частиц или начальным состоянием системы является принадлежность этого продукта тому или иному пункту производства, вторым отличительным признаком или конечным состоянием – его распределение по пунктам потребления. Коммуникациями будут являться маршруты перевозок между этими пунктами, а их характеристиками – стоимость перевозок.

В замкнутой механической системе заданные точки можно рассматривать как множество частиц, для которых отличительным признаком служит их распределение в 2s-мерном пространстве. Рассматривая такие распределения в начале и конце описанного выше промежутка времени, вновь получаем понятия начального и конечного состояния или распределения. Коммуникациями при этом будут группы траектории, начало и конец которых находится в полученных ранее объемах с одинаковыми номерами.

Рисунок 1.

На рисунке 1 изображены двенадцать ячеек, заполненных газом, отделенных перегородками, при открытии которых посредством диффузионного процесса возникает равновесие. Газовому равновесию адиабатического состояния соответствует максимум энтропии. В данном случае энтропия может иметь не одно, а несколько состояний. Равновесие, которому соответствует наибольший максимум энтропии, называется абсолютно устойчивым (стабильным). Закон возрастания энтропии выполняется только для большего промежутка времени.

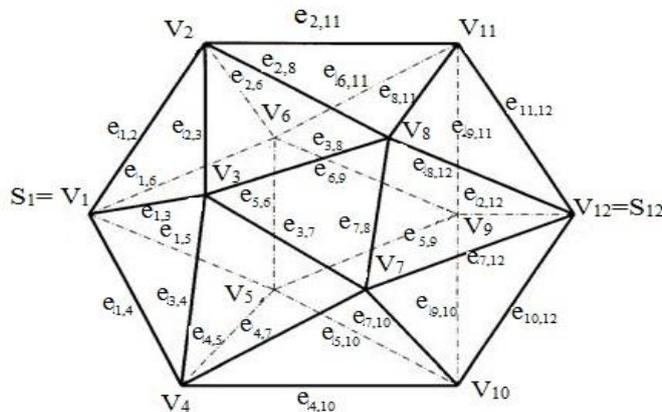


Рис.2. Пример коммуникационной системы.

На рисунке 2 изображен возможный пример симметричной коммуникационной системы. Эта коммуникационная система имеет двенадцать вершин для размещения обменивающихся ресурсов, где газовые ячейки обмениваются друг с другом посредством диффузии как показано в рисунке 1. [4]. В этой работе для исследования представлена модель сетевого потока в симметричном графовом соединении. Для данной модели разработана программа [5]. В этой работе рассматривается применение вариационных методов в устойчивой экономической коммуникационной задаче. Данная программа динамична и изменяется в сочетании с вариационными принципами, проходя максимум и минимум.

Известно, что детерминированные коммуникационные системы рассматриваются как предельный частный случай стохастических систем. Поэтому в настоящей работе

будут рассматриваться более общие стохастические коммуникационные системы. Если определим для каждого промежуточного состояния специальную характеристику, связанную с вероятностью его реализации, и аналогичную, в некотором смысле, энтропии физической системы. Тогда одним из свойств замкнутой физической системы является достижение ею со временем устойчивого состояния, соответствующего максимальному значению ее энтропии. Это свойство подтверждено экспериментально и сформулировано в виде закона физики.

Настоящая работа посвящена изучению промежуточных состояний стохастических коммуникационных систем, обладающих аналогичным свойством.

Следует отметить, что введенное здесь понятие коммуникационной системы является абстрактным. И только в том случае, если элементам системы придать соответствующий смысл и учесть естественные ограничения, налагаемые на начальное, конечное и промежуточные состояния, тогда рассматриваемые модели приобретают реальный смысл *модели стохастических коммуникационных систем*.

Пусть работа коммуникационной системы состоит в перемещении частиц из n групп начального состояния (будем их в дальнейшем их называть истоками) в m групп конечного состояния (стоков). Построенные модели должны определять промежуточные состояния, т.е. потоки $x_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ из истоков в стоки. Очевидно, что возможности определения x_{ij} зависят от имеющейся информации и именно по этому признаку модели систем могут быть классифицированы.

Другой пример можно получить, если совмещенные попарно истоки и стоки разместить равномерно по окружности, а в качестве значения характеристики коммуникации принять геометрическое расстояние между элементами системы. Потоки x_{ij} , соответствующие этой модели, определяются формулами (2.32), (2.33).

Алгоритмы определения потоков в коммуникационных системах

Моделирование стохастических коммуникационных систем сводится, как уже знаем, в конечном счете, к условной максимизации функции, зависящей от потоков $x_{ij}(x_{ijk})$. Когда управляем распределением продуктов и распределением труда, пусть управляющий орган точно указывает, какое количество каждого продукта и каждого вида труда должен получить или отдать каждый экономический объект. Также управляющий орган устанавливает цены на все продукты и на все виды труда, а экономические объекты сами выбирают себе желаемые наборы продуктов в пределах получаемого ими дохода.

Итак, условимся, что каждый объект имеет возможность сам, пользуясь своей системой предпочтений, выбирать нужные ему продукты и вид труда. Однако при этом далеко не любые цены гарантируют удовлетворение спроса по всем видам продуктов; более того, заранее не ясно, существует ли вообще набор цен на все продукты, обеспечивающий удовлетворение спроса по всем продуктам.

Целью настоящей работы является построение одной экономико-математической модели, которая показывает принципиальную возможность реализации такого способа распределения продуктов. Именно в рамках этой модели будет доказано существование цен, обеспечивающих удовлетворение спроса всех объектов на все продукты, а также доказан тот факт, что получаемое при этом распределение продуктов является в определенном смысле «удовлетворительным» с точки зрения самих объектов.

Чтобы создать модель распределения продуктов, рассмотрим экономическую систему, состоящую из экономических объектов P_1, P_2, \dots, P_m ; эти объекты могут обмениваться продуктами G_1, G_2, \dots, G_n . Состояние объекта P_i ($i = 1, 2, \dots, m$) будем характеризовать вектором $x_i = \{\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots, \xi_{in}\}$, положительные компоненты которого указывают количества тех продуктов, которые объект P_i отдает другим объектам, а отрицательные — количества тех продуктов, которые объект P_i получает в обмен на

отдаваемые продукты. Эти векторы x_i не могут быть произвольными и должны принадлежать соответствующему «технологическому множеству» X_i , являющемуся характеристикой объекта P_i

$$x_i \in X_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

Условия (1) представляют собой совокупность локальных ограничений. Для того чтобы обмен был возможен, должны быть выполнены также балансовые соотношения; именно суммарное отдаваемое всеми объектами количество продукта G_j ($j=1, 2, \dots, n$) должно быть не меньше суммарного получаемого всеми объектами количества этого продукта. С учетом договоренности о знаках компонент векторов x_i балансовые соотношения записываются в виде

$$\sum_{i=1}^m \xi_{ij} \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

или, в векторной форме,

$$\sum_{i=1}^m x_i \geq 0 \quad (2)$$

Соотношения (2) есть глобальные ограничения в данной модели.

Набор векторов $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, удовлетворяющих условиям (1) и (2), будем называть *допустимым состоянием* всей системы.

Пусть теперь каждый объект P_i имеет некоторую функцию полезности $f_i(x_i)$. Если выбрать некоторое произвольное допустимое состояние $\{x_1^1, x_2^1, \dots, x_m^1\}$, то может оказаться, что найдется другое допустимое состояние $\{x_1^2, x_2^2, \dots, x_m^2\}$, при котором функции полезности части объектов окажутся больше, чем в первом состоянии, а у всех остальных элементов они не уменьшатся. Естественно считать, что в этом случае допустимое состояние $\{x_1^1, x_2^1, \dots, x_m^1\}$ заведомо является неудовлетворительным.

Будем говорить, что допустимое состояние системы $\{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_m\}$ является *оптимальным* состоянием, если в любом другом допустимом состоянии $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ имеет место одна из двух ситуаций: либо

а) для всех i

$$f_i(x_i) = f_i(\hat{x}_i) \quad (i=1, 2, \dots, m),$$

т. е. значения всех функций полезности не изменились, либо

б) найдется такой объект P_i , что

$$f_i(x_i) < f_i(\hat{x}_i),$$

т. е. при переходе из состояния $\{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_m\}$ в любое другое допустимое состояние хотя бы у одного объекта значение его функции полезности уменьшится.

Очевидно, если система находится в состоянии оптимальном, то тем самым заведомо исключается возможность «улучшить» состояния одних объектов, не «ухудшая» состояния других объектов.

Будем считать, что целью управляющего органа является обеспечение оптимального состояния экономической системы.

Пусть для реализации этой цели управляющий орган производит распределение продуктов следующим образом: он назначает цены — вектор $p = \{\pi_1, \pi_2, \pi_m\}$ — на каждый продукт и покупает по этим ценам у объектов все те продукты, которые объекты «захотят» продать; одновременно каждый объект на вырученные деньги покупает у управляющего органа по тем же ценам продукты по своему усмотрению. Описанная ситуация с математической точки зрения означает, что состояние x_i каждого объекта P_i должно быть решением следующей задачи:

При условии $f_i(x_i) = \max$,

$$(p, x_i) \geq 0, \quad x_i \in X_i,$$

(3)

Первое ограничение в этой задаче носит название бюджетного ограничения; оно говорит о том, что суммарная стоимость купленных объектом продуктов не может быть больше стоимости проданных им продуктов.

Обозначим через $x_i(p)$ решение задачи (3). Очевидно, если цены p назначены произвольно, то, как правило, состояния $x(p)$, ($i=1,2, m$) объектов не будут удовлетворять балансовым ограничениям

$$\sum_{i=1}^m x_i(p) \geq 0 \quad (4)$$

Но это будет означать, что описанную выше процедуру распределения продуктов управляющий орган реализовать не сможет. Поэтому для обоснования принципиальной возможности указанного способа распределения продуктов необходимо доказать, что (в некоторых достаточно естественных предположениях) найдется вектор цен \hat{p} , обеспечивающий выполнение балансовых соотношений (4). Установлено, что состояние всей системы при векторе цен \hat{p} является оптимальным. Эти два математических результата можно рассматривать как теоретическое обоснование возможности распределения продуктов путем установления цен на них и свободной их продажи.

Равновесие в модели распределения продуктов и свойства состояний равновесия

Будем говорить, что в системе существует равновесие,

Если найдется такой вектор \hat{p} , что $\sum_{i=1}^m x_i(\hat{p}) \geq 0$, где $x_i(\hat{p})$

есть решение задачи (3) при $p=\hat{p}$. Собственно равновесием будем называть совокупность векторов

$$\hat{p}, x_1(\hat{p}), x_2(\hat{p}), \dots, x_m(\hat{p}).$$

Для управления рассматриваемой системой необходимо знать еще как находить вектор p . Мы этой задачей заниматься не будем. Заметим, однако, что уже предложен ряд алгоритмов нахождения вектора p . Использование термина «равновесие» здесь может быть оправдано следующими соображениями. Если установлен вектор цен \hat{p} , то для каждого объекта P_i {вектор $x_i(\hat{p})$ при наличии бюджетного ограничения является наиболее выгодным с точки зрения его функции полезности. С другой стороны, состояние равновесия всей системы является оптимальным состоянием, так что управляющий орган достигает в этом состоянии своей цели. Таким образом, как отдельные объекты, так и управляющий орган оказываются «заинтересованными» в реализации состояния равновесия и будут стремиться к его реализации. Для существования равновесия в рассматриваемой модели распределения продуктов должны выполняться следующие три предположения:

1. Технологические множества $X_i(i=1, 2, \dots, m)$ - выпуклые, замкнутые, ограниченные множества в n -мерном пространстве.

2. Обозначим через P множество векторов p_i таких, что

$$\sum_{j=1}^n \pi_j = 1, \pi_j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, n); \text{ это множество называется}$$

симплексом в пространстве E^n . Для любого вектора $p \in P$ каждому технологическому множеству $X_i(i = 1, 2, \dots, m)$ найдется такой вектор \hat{x}_i что

$$(p, \hat{x}_i) > 0.$$

3. Функции полезности $f_i(x_i)$ - строго вогнутые непрерывные на $X_i(i = 1, 2, \dots, m)$ функции.

Далее мы вновь будем через \hat{p} обозначать вектор цен равновесия, а через $x_i(\hat{p})$ – состояние объекта P_i в равновесии; напомним, что каждый из векторов $x_i \hat{p}$ ($i=1, 2, \dots, m$) является решением задачи

$$f_i(x) = \max_{x_i \in X_i} (p, x_i) \geq 0; \quad (5)$$

Сделаем следующие предположения относительно равновесия $\hat{p}, x_1(\hat{p}), x_2(\hat{p}), \dots, x_m(\hat{p})$.

4⁰. У любого объекта P_i найдется состояние $\hat{x}_i \in X_i$ такое что

$$f_i(\hat{x}_i) > f_i(x_i(\hat{p})). \quad (6)$$

Ясно, что вектор \hat{x}_i не может удовлетворять бюджетному ограничению задачи (5), иначе вектор $x_i(\hat{p})$ не мог бы быть решением этой задачи.

$$\text{Так что } (\hat{p}, \hat{x}_i) < 0; \quad (7)$$

Поэтому предположение 4⁰ можно проинтерпретировать так: если бы объекту не надо было «платить» за получаемые продукты, то он мог бы повысить свою функцию полезности.

Еще из предположения 4⁰ легко следует, что если некоторый вектор x_i принадлежит множеству X и, кроме того,

$$(\hat{p}, x_i) > 0 \quad (8)$$

$$\text{то } f_i(x_i) < f_i(x_i(\hat{p})). \quad (9)$$

Из (8) и (9) немедленно следует равенство

$$(\hat{p}, x_i(\hat{p})) = 0 \quad (10)$$

говорящее о том, что если выполнено предположение 4⁰, то бюджетное ограничение задачи (5) выполняется как равенство.

Итак, если все технологические множества X_i ($i=1,2, \dots, m$) – выпуклые множества, а все функции полезности $f_i(x_i)$ – вогнутые функции, и в модели распределения продуктов существует равновесие $\hat{p}, x_1(\hat{p}), \dots, x_m(\hat{p})$, удовлетворяющее предположению 4⁰, то состояние $\{x_1(\hat{p}), x_2(\hat{p}), \dots, x_m(\hat{p})\}$ является оптимальным.

Список цитируемых источников

1. Больцман Л. Второй закон механической теории тепла // Больцман Л. Статьи и речи. М.: Наука, 1970.
2. Бейшекеев Ж.Ж. Структурное программирование и численные методы на языке паскал б. Изд. КНУ. Бишкек. 2004 г.
3. Бейшекеев Ж.Ж. Динамические программирования с учетом симплекс-метода. Вестник КНУ им. Ж. Баласагына 2006г. Естественно-технические науки. с. 48.
4. Бейшекеев Ж.Ж. Программирование образов методом Монте-Карло. КГПУ им. Арабаева. Материалы конференции 2003 г. с.106-114.
5. Бейшекеев Ж. Ж. Жусупбаев. А. Теория графов в энергетических задачах. Труды ИВМи МГ СО РАН Выпуск 8. Новосибирск 2008. с.175.
6. Бейшекеев Ж. Ж. Структурообразование молекул в графах. // Наука и новые технологии. - Бишкек.: 2009. №2. с.225-260.
7. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. Изд. Мир, Москва 1978.
8. Бейшекеев Ж. Ж. Приложения химических графов в энергетических системах. // Наука и новые технологии. - Бишкек.: 2009. №1. с.3-8.
9. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
10. Тутов Л.А., Рогожникова В.Н. Экономика и математика: возможности и границы взаимодействия // Философия хозяйства. 2015. № 6.
11. Худокормов А.Г. Экономическая теория: Новейшие течения Запада: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2009.
12. Шаститко А.Е. Новая институциональная экономическая теория. М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2010
13. Кемени Джон Джорж и др. Конечные цепи Маркова. Изд. «Наука», Москва 1970.
14. Ю.М. Ермольев, А. И. Ястремский. Стохастические модели и методы в экономическом планировании. Изд. «Наука», Москва, 1979 г.
15. В.С. Михалевич А.И. Кукса. Методы последовательной оптимизации. Изд. «Наука», Москва, 1983.

Рецензенты: *Жусупбаев А.Ж.* – доктор физико-математических наук, профессор НАН КР
Абдыров Т.Ш. – доктор экономических наук, профессор КНУ им. Ж. Баласагына

УДК: 517.9

Джумагулов К. Р.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Dzhumagulov K. R.
J. Balasagyn KNU., Bishkek

Решение обратной задачи с гиперболическим оператором, где вырождается неклассическое уравнение Вольтерра третьего рода

Классикалык эмес Вольтерранын үчүнчү түрдөгү теңдемеси келип чыгуучу гиперболалык операторлуу тескери маселесинин чыгарылышы

Solution of the inverse problem with a hyperbolic operator, where the non-classical Volterra equation of the third kind degenerates

В работе рассмотрена нелокально-обратная задача с гиперболическим оператором и интегральной зависимостью в неограниченной области. В определенных условиях исходное уравнение сводится к интегральным уравнениям Вольтерра третьего рода, разрешимость которых доказывается методами интегральных преобразований и методами системной регуляризации. Таким образом, сделано обобщение результатов исследований интегрального уравнения типа Вольтерра третьего рода для нелокально-обратной задачи.

Ключевые слова: гиперболический оператор; нелокально-обратная задача; регуляризация; вырожденное уравнение; неограниченная область.

Бул иште локалдуу эмес интегралдан көз каранды гиперболалык операторлуу тескери маселеси каралат. Белгилүү шарттарда берилген теңдеме Вольтерранын үчүнчү түрдөгү интегралдык теңдемесине айланат. Чыгып келүүчү маселенин чыгарылышы интегралдык кайтаруу жана системалык регуляризация ыкмалары аркылуу далилденет. Локалдуу эмес тескери маселесинен келип чыккан Вольтерранын үчүнчү түрдөгү интегралдык теңдемесинин изилдөөлөрүнүн жалпы жыйынтыгы берилди.

Урунттуу сөздөр: гиперболалык оператор; локалдуу эмес тескери маселе; регуляризация; келип чыгуучу теңдеме; чектелбеген бөлүм.

In paper we consider a nonlocal inverse problem with a hyperbolic operator and an integral dependence in an unbounded domain. Under certain conditions, the original equation reduces to Volterra integral equations of the third kind, the solvability of which is proved by the methods of integral transformations and the methods of system regularization. Thus, a generalization of the results of investigations of an integral equation of Volterra type of the third kind for a nonlocal inverse problem is made.

Keywords: a hyperbolic operator; non-local inverse problem; regularization; the degenerate equation; unbounded domain.

Введение

Исследования ряда математических моделей и интерпретаций естественных физических явлений зачастую приводят к рассмотрению различных обратных задач для дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. И, конечно же, нельзя не заметить актуальность уравнений гиперболического характера, где вырождаются интегральные уравнения Вольтерра третьего рода [4,6], к которым сводятся многие задачи обратного характера [5,7,8,9]. Прикладной характер подобных обратных задач, в которых порождаются интегральные уравнения первого и третьего родов, вносит неопределимый вклад в развитие науки в целом [1,2,3,8].

В данной работе рассматривается нелокально-обратная задача, которая сводится к неклассическому интегральному уравнению Вольтерра третьего рода [6,8]. Доказательство регуляризируемости задачи будет представлено с помощью методов интегральных преобразований и регуляризации.

Пусть задано уравнение вида

$$\begin{cases} U_{tt} - a^2 U_{xx} = (Az)(t) + f(t, x, U(t, x)), \\ (Az)(t) \equiv pz + \int_0^t K_1(t, s)z(s)ds + \int_0^{N(t)} K_2(t, s)z(s)ds, \end{cases} \quad (1)$$

$$U^{(i)}|_{t=0} = \varphi_i(x), x \in R, (i = 0, 1) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^3 \alpha_i (U_i(t, x_i) + aU_x(t, x_i)) = g(t), t \in [0, T], \quad (3)$$

где $0 < a$, $\alpha_i = \text{const}$, $f, p, K_i, N, \varphi_i, g$, - известные данные, причем

$$\begin{cases} f \in C^1(\bar{\Omega}); p(t) \in C[0, T], \Omega = [0, T] \times R, p(t) > 0, \forall t \in [0, T], p(T) = 0, \\ K_i(t, s) \in C^{0,1}(D_i), (i = 1, 2), K_1(t, t) \geq \alpha > 0; K_2(t, N(t)) \equiv 0, D_i = \{(t, s) : 0 \leq s \leq t \leq T\}, \\ \beta = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \neq 0; N(0) = 0, 0 \leq N(t) \leq t \leq T. \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, (1)-(3) называется нелокально-обратной задачей, где искомыми функциями являются

$$\Psi = (U, z) \in W_C(\bar{\Omega}) = \{(U, z) : U \in C^{2,2}(\bar{\Omega}), z \in C[0, T]\}, \|\Psi\|_{W_C} = \|U\|_{C^{2,2}(\bar{\Omega})} + \|z\|_{C[0, T]}.$$

I. Для исследования разрешимости задачи (1)-(3), то есть для нахождения неизвестных функций (U, z) , необходимо редуцировать исходную задачу к интегральным уравнениям, и получить систему, содержащую искомые функции (U, z) . С этой целью, введем вспомогательную функцию $V(t, x)$ [8], то есть

$$U_t + aU_x = V(t, x), \forall (t, x) \in \bar{\Omega} \quad (5)$$

Тогда в соответствии с (5) выразим функцию U , и, следовательно, получим

$$U = \varphi_0(x - at) + \int_0^t V(\tau, x - a(t - \tau))d\tau \equiv (BV)(t, x). \quad (6)$$

Чтобы проверить выполнимость тождества, достаточно продифференцировать (6) по переменным t и x соответственно,

$$\begin{cases} U_t = \varphi_{0t} \cdot (-a) + V(t, x) + \int_0^t [V_{t_1}(\tau, x - a(t - \tau))(-a)]d\tau, \\ U_x = \varphi_{0x} + \int_0^t V_{x_1}(\tau, x - a(t - \tau))d\tau, (l = x - at, l_1 = x - a(t - \tau)), \end{cases} \quad (7)$$

и подставляя (7) в (5), легко видеть, что тождество верно, поэтому, учитывая (5), (6) из уравнения (1) следует:

$$V_t(t, x) - aV_x(t, x) = (Az)(t) + f(t, x, (BV)(t, x)), \quad (8)$$

$$V|_{t=0} = \varphi_1(x) + a\varphi_{0x}(x) \equiv \varphi_2(x), \quad \forall x \in R. \quad (9)$$

Уравнение (8) с учетом (9) представляет собой задачу Коши, и, следовательно, интегрируя (8) с условием (9), получим

$$\begin{aligned} V(t, x) = \varphi_2(x + at) + \int_0^t [(Az)(\tau) + f(\tau, x + a(t - \tau), \varphi_0(x + \\ + a(t - \tau) - a\tau) + \int_0^\tau V(\tau', x + a(t - \tau) - a(\tau - \tau'))d\tau')]d\tau. \end{aligned} \quad (10)$$

Искомыми функциями уравнения (10) является пара функций (V, z) . Поэтому для нахождения функции $z(t)$, с учетом условий (3), (5) и (10), а также, требуя $x = x_i$, имеем

$$g(t) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i V(t, x_i) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left\{ \varphi_2(x_i + at) + \int_0^t (Az)(\tau) d\tau \right\} + \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left\{ \int_0^t [f(\tau, x_i + a(t-\tau), \varphi_0(x_i + a(t-\tau) - a\tau) + \int_0^\tau V(\tau', x_i + a(t-\tau) - a(\tau-\tau')) d\tau')] d\tau \right\}, \quad (11)$$

и, далее

$$\int_0^t (Az)(\tau) d\tau = \beta^{-1} \left\{ g(t) - \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left[\varphi_2(x_i + at) + \int_0^t [f(\tau, x_i + a(t-\tau), \varphi_0(x_i + a(t-\tau) - a\tau) + \int_0^\tau V(\tau', x_i + a(t-\tau) - a(\tau-\tau')) d\tau')] d\tau \right] \right\} \equiv (B_1 V)(t). \quad (12)$$

Подставив (12) в уравнение (10), получим

$$V(t, x) = \varphi_2(x + at) + B_1 V(t, x) + \int_0^t [f(\tau, x + a(t-\tau), \varphi_0(x + a(t-\tau) - a\tau) + \int_0^\tau V(\tau', x + a(t-\tau) - a(\tau-\tau')) d\tau')] d\tau \equiv (B_2 V)(t, x). \quad (13)$$

Уравнение (13) является интегральным уравнением Вольтерра второго рода по переменной $t \in [0, T]$.

Лемма 1. При условиях (3), (4) и (12) уравнение (13) разрешимо в $C^{1,1}(\overline{\Omega})$, причем

$$\|V\|_{C^{1,1}(\overline{\Omega})} \leq C_0. \quad (14)$$

Тогда на основе (14) и (6) имеет место $\|U\|_{C^{2,2}(\overline{\Omega})} \leq C_1$, ($0 < C_i = const, i = 0, 1$).

II. Следующим шагом является поиск функции $z(t)$, для нахождения которой удобно правую часть уравнения (12) обозначить через $F(t)$, также следует учесть, что

$$F(0) = 0, F(t) \in C^1[0, T]. \quad (15)$$

Следовательно, получим

$$\int_0^t (Az)(\tau) d\tau = F(t), \quad (16)$$

продифференцировав равенство (16) по переменной t , и придавая значение оператору Az из условия задачи (1), запишем

$$\begin{cases} p(t)z(t) + \int_0^t K_1(t, s)z(s)ds + \int_0^{N(t)} K_2(t, s)z(s)ds = F'(t), \\ z|_{t=0} = F'(0)p^{-1}(0) = q_0 = const, \end{cases} \quad (17)$$

или интегрируя по частям левую часть уравнения (17), имеем

$$\begin{cases} p(t)\theta'(t) + K_0(t)\theta(t) = F_0(t) + (G\theta)(t), \\ \int_0^t z(s)ds = \theta(t), \\ \theta(0) = 0; z(t) = \theta'(t); |\theta'| = |z| \leq r, \forall t \in [0, T], \\ (G\theta)(t) \equiv \int_0^t K_{1s}(t, s)\theta(s)ds + \int_0^{N(t)} K_{2s}(t, s)\theta(s)ds, \\ F_0(t) \equiv F'(t); K_0(t) \equiv K_1(t, t) \geq \alpha > 0. \end{cases} \quad (18)$$

Для доказательства регуляризируемости данной системы (18) в $C[0, T]$, представляющей собой неклассическое интегральное уравнение типа Вольтерра третьего рода, необходимо ввести возмущенную систему [7]:

$$\begin{cases} (\varepsilon + p(t))\theta'_\varepsilon(t) + K_0(t)\theta_\varepsilon(t) \equiv (G\theta_\varepsilon)(t) + F_0(t), \\ \delta z_\delta(t) + \int_0^t z_\delta(s)ds = \theta_\varepsilon(t) + \delta z(0), (\theta_\varepsilon(0) = 0), \end{cases} \quad (19)$$

где ε, δ - малые параметры. Систему (19) преобразуем к виду

$$\begin{cases} \theta_\varepsilon(t) = \int_0^t W(t, s, \varepsilon) \frac{1}{\varepsilon + p(s)} \{G\theta_\varepsilon(s) + F_0(s)\} ds \equiv (P\theta)(t), \\ z_\delta(t) = -\frac{1}{\delta^2} \int_0^t W_0(t, s, \delta) \cdot [\theta_\varepsilon(s) - \theta_\varepsilon(t)] ds + \frac{1}{\delta} W_0(t, 0, \delta) \theta_\varepsilon(t) + W_0(t, 0, \delta) z(0), \end{cases} \quad (20)$$

где имеют место ограничения

$$\begin{cases} W \equiv e^{-\int_s^t \frac{K_0(\tau) d\tau}{\varepsilon + p(\tau)}}; |W(t, s, \varepsilon)| \leq e^{-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon + p(\tau)}}, \\ W_0 \equiv e^{-\frac{1}{\delta}(t-s)}, (s \leq t). \end{cases} \quad (21)$$

Оценим первое уравнение системы (20)

$$\begin{cases} |\theta_\varepsilon(t)| \leq \int_0^t e^{-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon + p(\tau)}} \frac{1}{\varepsilon + p(s)} \left\{ M_0 + M_1 \int_0^t |\theta_\varepsilon(s')| ds' + M_2 \|N(t)\|_C \|\theta_\varepsilon(t)\|_C \right\} ds \leq \\ \leq \frac{1}{\alpha} \int_0^t e^{-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon + p(\tau)}} d \left(-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon + p(\tau)} \right) \times \left\{ M_0 + (M_1 T + M_2 \|N(t)\|_C) \|\theta_\varepsilon(t)\|_C \right\} = \\ = \frac{1}{\alpha} \left(1 - e^{-\int_s^t \frac{\alpha d\tau}{\varepsilon + p(\tau)}} \right) \left\{ M_0 + (M_1 T + M_2 \|N(t)\|_C) \|\theta_\varepsilon(t)\|_C \right\} \leq \gamma_0 + h \|\theta_\varepsilon(t)\|_C, \\ M_0 = \sup_{[0, T]} |F_0(t)|, M_1 = \sup_{D_1} |K_{1s}(t, s)|, M_2 = \sup_{D_1} |K_{2s}(t, s)|, \gamma_0 = \frac{1}{\alpha} M_0 \\ h = \frac{1}{\alpha} (M_1 T + M_2 \|N(t)\|_C) < 1, \end{cases} \quad (22)$$

и с учетом оценки (22) в смысле нормы $C[0, T]$, получим

$$\begin{cases} \|\theta_\varepsilon(t)\|_C \leq (1-h)^{-1} \gamma_0, \\ \|z_\delta(t)\| \leq L_{\theta_\varepsilon} (1+e^{-1}) + |q_0| \leq 2L_{\theta_\varepsilon} + |q_0| \equiv N_0 = const, \\ |\theta_\varepsilon(t) - \theta_\varepsilon(s)| \leq L_{\theta_\varepsilon} |t-s|, (0 < L_{\theta_\varepsilon} = const). \end{cases} \quad (23)$$

Лемма 2. При выполнении условий (15), (23) система (20) разрешима в $C[0, T]$, причем

$$(\theta_\varepsilon(t); z_\delta(t)) \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0(\delta \rightarrow 0)} (\theta(t); z(t)), \forall t \in [0, T]. (*)$$

Доказательство. В самом деле, допуская

$$\begin{cases} \theta_\varepsilon(t) = \theta(t) + \xi_\varepsilon(t), \\ z_\delta(t) = z(t) + \eta_\delta(t), \forall t \in [0, T], \end{cases} \quad (24)$$

относительно остаточных функций $\xi_\varepsilon(t)$ и $\eta_\delta(t)$ на основе (21), получим

$$\begin{cases} \xi_\varepsilon(t) = \int_0^t W(t,s,\varepsilon) \frac{1}{\varepsilon + p(s)} \{ (G[\theta + \xi_\varepsilon])(s) - (G\theta)(s) - \varepsilon\theta_s(s) \} ds \equiv (Q\xi_\varepsilon)(t), \\ \eta_\delta(t) = -\frac{1}{\delta^2} \int_0^t W_0(t,s,\delta) \{ \theta_\varepsilon(s) - \theta(s) \} ds + \frac{1}{\delta} \{ \theta_\varepsilon(t) - \theta(t) \} + \Delta(\delta, z), \\ \Delta(\delta, z) = -\frac{1}{\delta} \int_0^t W_0(t,s,\varepsilon) \{ z(t) - z(s) \} ds - W_0(t,0,\delta)(z(t) - z(0)). \end{cases} \quad (25)$$

Оценивая исходную систему (25), имеем

$$\begin{cases} \|\xi_\varepsilon(t)\|_C \leq \frac{1}{\alpha} (M_1 T + M_2 \|N_0(t)\|_C) \|\xi_\varepsilon(t)\|_C + \frac{1}{\alpha} r\varepsilon, \\ \|\eta_\delta(t)\|_C \leq \frac{1}{\delta^2} \int_0^t e^{-\frac{1}{\delta}(t-s)} |\theta_\varepsilon(s) - \theta(s)| ds + \frac{1}{\delta} |\theta_\varepsilon(t) - \theta(t)| + |\Delta(\delta, z)|, (|z| \leq r, \forall t \in C[0, T]), \end{cases} \quad (26)$$

следовательно,

$$\begin{cases} \|\xi_\varepsilon(t)\|_C \leq (1-h)^{-1} \frac{1}{\alpha} r\varepsilon = N_1 \varepsilon, (N_1 = \frac{1}{\alpha} r(1-h)^{-1}), \\ \|\eta_\varepsilon(t)\|_C \leq 2N_1 \frac{1}{\delta} \varepsilon + \|\Delta(\delta, z)\|_C, \\ \|\Delta(\delta, z)\|_C \leq 4 \left[\|z\|_C e^{-\frac{1}{\delta^2}} + \omega_z(\delta^\beta) \right] = N_2(\delta), \left(0 < \beta < 1; 0 < L_z; \frac{\varepsilon}{\delta} \xrightarrow{\delta \rightarrow 0(\varepsilon \rightarrow 0)} 0 \right), \end{cases} \quad (27)$$

где $\omega_z(\delta^\beta) = \sup_{|t-s| \leq \delta} |z(t) - z(s)|$ - модуль непрерывности. Тогда, учитывая условия (24) и

(27), следует

$$\begin{cases} \|\theta_\varepsilon(t) - \theta(t)\|_C \leq N_1 \varepsilon \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} 0, \\ \|z_\delta(t) - z(t)\|_C \leq 2N_1 \frac{1}{\delta} \varepsilon + \|\Delta(\delta, z)\|_C \xrightarrow{\delta \rightarrow 0(\varepsilon \rightarrow 0)} 0, \\ \|z(t)\|_C \leq 2 \left[2N_1 \frac{1}{\delta} \varepsilon + N_0 + 4\omega_z(\delta^\beta) \right] \leq r, \\ 0 < \delta \leq \delta_0 = (\ln 8)^{\frac{1}{1-\beta}} < 1, \end{cases} \quad (28)$$

то есть

$$\begin{cases} \xi_\varepsilon(t) \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} 0, \forall t \in C[0, T], \\ \eta_\delta(t) \xrightarrow{\delta \rightarrow 0} 0, \forall t \in C[0, T]. \end{cases} \quad (29)$$

А это означает, что имеет место условие (*). Лемма 2 доказана.

Теорема 1. При выполнении условий лемм 1 и 2, обратная задача (1)-(3) регуляризуема в $W_C(\bar{\Omega})$, при этом

$$\|\Psi\|_{W_C} = \|U\|_{C^{2,2}(\bar{\Omega})} + \|z\|_{C[0,T]}, \|\Psi\|_{W_C} \leq C_*, (C_1 + r = C_*).$$

Заключение

В данной работе исследована нелокально-обратная задача в неограниченной области с интегральной зависимостью в $W_C(\bar{\Omega})$. При определенных условиях с помощью модифицированного метода вспомогательной функции исходная задача сводится к системе интегральных уравнений, где содержатся уравнения Вольтерра третьего рода. Для доказательства достаточной разрешимости изучаемой задачи применен метод системной регуляризации интегральных уравнений третьего рода [8].

Список цитируемых источников

1. Аниконов Д.С. К вопросу о единственности решения обратных задач для уравнений математической физики // Дифференциальные уравнения. – 1979. – Т. 15, №1 – с.3-9.
2. Апарцин А.С. Неклассические уравнения Вольтерра I рода: теория и численные методы. – Новосибирск: Наука, 1999. – с.193
3. Бухгейм А.Л. Уравнение Вольтерра и обратные задачи. -Новосибирск: Наука, 1983. - с. 207
4. Магницкий Н.А. Линейные интегральные уравнения Вольтерра первого и третьего рода // ЖВМ и МФ. – 1979. - Т.19, №4. – с. 970-989.
5. Нахушев А.М. Обратные задачи для вырождающихся уравнений и интегральных уравнений Вольтерра третьего рода // дифференциальные уравнения. – Т.10, №1, 1974. - с. 100-111.
6. Омуров Т.Д. Методы регуляризации интегральных уравнений Вольтерра первого и третьего рода. - Бишкек: Илим, 2003. - с.162
7. Омуров Т.Д., Алыбаев А.М., Джумагулов К.Р. Обратная-нелокальная задача в неограниченной области, где вырождается неклассическое интегральное уравнение Вольтерра третьего рода //Наука, техника и образование. - №1(31)., 2017. с.10-15
8. Омуров Т.Д., Рыспаев А.О., Омуров М.Т. Обратные задачи в приложениях математической физики. - КНУ им. Ж. Баласагына. – Б.: 2014. – с.192
9. Омуров Т.Д., Джумагулов К.Р., Омуров М.Т. Регуляризация обратных задач, где вырождается уравнение Вольтерра первого рода с особым решением // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XLII междунар. науч.-практ. конф. №5(40). - Новосибирск: СибАК, 2016. - с. 98-110.
10. Треногин В.А. Функциональный анализ. – Москва: Наука, 1980. – с.496.

Рецензенты: **Мукамбаев Н.Ж.** – кандидат физико-математических наук, профессор МАУПФиБ

Урманбетов Б.М. – кандидат физико-математических наук, доцент АУЦА

УДК: 515.12

Канетов Б.Э., Канетова Д.Э.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Kanetov B.E., Kanetova D.E.
J. Balasagyn KNU, Bishkek
bekbolot_kanetov@mail.ru

Характеризация некоторых свойств тихоновских пространств

Тихоновдук мейкиндиктердин айрым касиеттерин мүнөздөө

Characterization of some properties of tychonoff spaces

В данной статье исследуются компактные, локально компактные и паракомпактные, сильно локально компактные и паракомпактные свойства тихоновских пространств, при помощи равномерных структур. Как известно [1], тихоновское пространство X является локально компактным и паракомпактным тогда и только тогда, когда универсальная равномерность U_X пространства X содержит покрытие, состоящее из компактных подмножеств. Дается новая характеристика локально компактных и паракомпактных пространств через дизъюнктное покрытие, состоящее из открытых σ -компактных подмножеств.

Вводятся и изучаются сильно локально компактные пространства. В частности доказывается, что тихоновское пространство X является сильно локально компактным и паракомпактным только тогда, когда универсальная равномерность U_X пространства X содержит локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств. Также, изучаются сильно равномерно локально компактные пространства. В частности, устанавливаются сильно равномерно локальная компактность и полнота сильно локально компактных топологических групп относительно их левых и правых равномерностей.

При помощи равномерных структур характеризуется компактность тихоновского пространства. Доказывается, что тихоновское пространство является компактным только тогда, когда оно является секвенциально полным и сильно равномерно паракомпактным.

Всюду в статье все топологические пространства предполагаются тихоновскими, а равномерные пространства хаусдорфовыми.

Ключевые слова: локально компактное пространство, паракомпактное пространство, σ -компактное пространство, сильно равномерно локально компактное пространство, сильно равномерно паракомпактное пространство, линделёфово пространство, универсальная равномерность.

Илимий макалада тихоновдук мейкиндиктердин компактуу, локалдуу компактуу жана паракомпактуу, күчтүү локалдуу компактуу жана паракомпактуу касиеттери бир калыптуу структуралардын жардамы аркылуу изилденет. X тихоновдук мейкиндиктин локалдуу компактуу жана паракомпактуу болушунун зарыл жана жетиштүү шарты болуп X мейкиндиктеги U_X универсалдуу бир калыптуулук компактуу көптүктөрдөн турган жабдууну кармоосу эсептелинет дегени белгилүү [1]. Бул илимий макалада болсо локалдуу компактуу жана паракомпактуу мейкиндиктердин ачык σ -компактуу көптүктөрдөн турган дизъюнкттуу жабдуу аркылуу берилген жаңы мүнөздөмөсү берилет.

Күчтүү локалдуу компактуу мейкиндиктер түшүнүгү киргизилет жана изилденет. X тихоновдук мейкиндиктин күчтүү локалдуу компактуу жана паракомпактуу болушунун зарыл жана жетиштүү шарты болуп X мейкиндиктеги U_X универсалдуу бир калыптуулук компактуу көптүктөрдөн турган локалдуу чектүү жабдууну кармоосу эсептелинет деген натыйжа далилденет. Ошондой эле күчтүү бир калыптуу локалдуу компактуу мейкиндиктер изилденет. Ар бир күчтүү локалдуу компактуу топологиялык группа сол жана оң бир калыптуулуктарга салыштырмалуу күчтүү бир калыптуу локалдуу компактуулугу жана толуктуугу тургузулат.

Тихоновдук мейкиндиктин компактуулугу бир калыптуу структуралардын жардамы аркылуу мүнөздөлөт. Тихоновдук мейкиндик компактуу болот качан гана ал секвенциалдуу толук жана күчтүү бир калыптуу паракомпактуу болгондо гана деген натыйжа далилденет.

Бул макалада бардык топологиялык мейкиндиктер тихоновдук, ал эми бир калыптуу мейкиндиктер хаусдорфтук болушат.

Урунттуу сөздөр: локалдуу компактуу мейкиндик, паракомпактуу мейкиндик, σ -компактуу мейкиндик, күчтүү бир калыптуу локалдуу компактуу мейкиндик, күчтүү бир калыптуу паракомпактуу мейкиндик, линделёфтук мейкиндик, универсалдуу бир калыптуулук.

In this paper we study the compact, locally compact and paracompact, strongly locally compact and paracompact properties of Tychonoff spaces using uniform structures. As is well known [1], the Tychonoff space X is locally compact and paracompact if and only if the universal uniformity U_X of the space X contains a covering consisting of compact subsets. A new characteristic of locally compact and paracompact spaces is given through a disjoint covering consisting of open σ -compact subsets.

Strongly locally compact spaces are introduced and studied. In particular, it is proved that the Tychonoff space X is strongly locally compact and paracompact if and only if the universal uniformity U_X of the space X contains a locally finite covering consisting of compact subsets.

Also, we study strongly uniformly locally compact spaces. In particular, strongly uniformly local compactness and completeness of strongly locally compact topological groups with respect to its left and right uniformities are established.

With the help of uniform structures, compactness of Tychonoff space is characterized. It is proved that Tychonoff space is compact if and only if it is sequentially complete and strongly uniformly paracompact.

Throughout this paper, all topological spaces are assumed to be Tychonoff, uniform spaces are Hausdorff.

Keywords: *Locally compact space, paracompact space, σ -compact space, strongly uniformly locally compact space, strongly uniformly paracompact space, Lindelöf space, universal uniformity.*

Пусть X - топологическое пространство.

Теорема 1. Тихоновское пространство X является локально компактным и паракомпактным тогда и только тогда, когда универсальная равномерность U_X пространства X содержит дизъюнктное покрытие, состоящее из открытых σ -компактных подмножеств.

Доказательство. Пусть пространство X является локально компактным и паракомпактным, то по известному факту (см. [3], стр. 280, б.Ф.г.) равномерное пространство (X, U_X) , где U_X универсальная равномерность, является дискретной суммой открытых σ -компактных подпространств A_s , $s \in S$. Положим $\alpha = \{A_s : s \in S\}$. Тогда семейство α является дизъюнктым открытым покрытием, состоящим из открытых σ -компактных пространств. Так как множество всех открытых покрытий пространства X образует базу универсальной равномерности, то $\alpha \in U_X$.

Легко видеть, что пространство X является локально компактным и паракомпактным.

Теорема 2. Тихоновское пространство X является локально компактным и линделёфовым тогда и только тогда, когда универсальная равномерность U_X пространства X содержит счетное дизъюнктное покрытие, состоящее из открытых σ -компактных подмножеств.

Доказательство с незначительными изменениями аналогично доказательство теоремы 1.

Следствие 1. Для тихоновского пространства X следующие утверждения равносильны:

1. Тихоновское пространство X является локально компактным и паракомпактным;
2. Универсальная равномерность U_X пространства X содержит дизъюнктное покрытие, состоящее из открытых σ -компактных подмножеств;
3. Существует равномерность U пространства X , которая содержит дизъюнктное покрытие, состоящее из открытых σ -компактных подмножеств.

Следствие 2. Для тихоновского пространства X следующие утверждения равносильны:

1. Тихоновское пространство X является локально компактным и линделёфовым;
2. Универсальная равномерность U_X пространства X содержит счетное дизъюнктное покрытие, состоящее из открытых σ -компактных подмножеств;
3. Существует равномерность U пространства X , которая содержит счетное дизъюнктное покрытие, состоящее из открытых σ -компактных подмножеств.

Как известно [2], равномерное пространство (X, U) называется сильно равномерно локально компактным, если существует локально конечное равномерное покрытие, состоящее из компактных подмножеств. Всякое сильно равномерно локально компактное пространство является равномерно локально компактным, а обратное утверждение, вообще говоря, не верно.

Тихоновское пространство X будем называть сильно локально компактным, если существует локально конечное открытое покрытие, состоящее из компактных подмножеств.

Ясно, что всякое сильно локально компактное пространство является локально компактным.

Отметим некоторые свойства сильно равномерно локально компактных и сильно локально компактных пространств.

Каждая сильно локально компактная топологическая группа сильно равномерно локально компактна относительно ее левой и правой равномерностей.

Каждая сильно локально компактная топологическая группа полна.

Каждое связное сильно равномерно локально компактное пространство (X, U) σ -компактно.

Каждое сильно равномерно локально компактное пространство (X, U) является объединением дизъюнктивных σ -компактных подпространств.

Каждое сильно равномерно локально компактное пространство паракомпактно.

Пусть (X, τ) - топологическое пространство. Порождающая топологию τ равномерность U , для которой пространство (X, U) сильно равномерно локально компактно, существует в том и только в том случае, если пространство (X, τ) сильно локально компактно и паракомпактно.

Теорема 3. Тихоновское пространство X является сильно локально компактным и паракомпактным тогда и только тогда, когда универсальная равномерность U_X пространства X содержит локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств.

Доказательство. Необходимость. Пусть пространство X является сильно локально компактным и паракомпактным. Тогда существует локально конечное открытое покрытие, состоящее из компактных подмножеств. Поскольку, всякое открытое покрытие α пространства (X, U_X) является равномерным, то $\alpha \in U_X$.

Достаточность. Пусть универсальная равномерность U_X пространства X содержит локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств. Тогда

равномерное пространство (X, U_X) является сильно равномерно локально компактным, т.е. равномерно локально компактным. Из факта (см.[1], стр. 202) следует, что пространство X является сильно локально компактным и паракомпактным.

Теорема 4. Тихоновское пространство X является сильно локально компактным и линделёфовым тогда и только тогда, когда универсальная равномерность U_X пространства X содержит счетное локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств.

Доказательство с незначительными изменениями аналогично доказательство теоремы 3.

Следствие 3. Для тихоновского пространства X следующие утверждения равносильны:

1. Тихоновское пространство X является сильно локально компактным и паракомпактным;
2. Универсальная равномерность U_X пространства X содержит локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств;
3. Существует равномерность U пространства X , которая содержит локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств.

Следствие 4. Для тихоновского пространства X следующие утверждения равносильны:

1. Тихоновское пространство X является сильно локально компактным и линделёфовым;
2. Универсальная равномерность U_X пространства X содержит счетное локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств;
3. Существует равномерность U пространства X , которая содержит счетное локально конечное покрытие, состоящее из компактных подмножеств.

Напомним [4], что равномерное пространство (X, U) называется сильно равномерно паракомпактным, если в каждое его открытое покрытие можно вписать равномерно σ -звездно конечное открытое покрытие.

Лемма 1. Если для равномерного пространства (X, U) его топологическое пространство (X, τ_U) является линделёфовым, то равномерное пространство (X, U) является сильно равномерно паракомпактным.

Доказательство. Так как (X, τ_U) является линделёфовым, то оно является сильно паракомпактным. Тогда по лемме 2.10 ([5]) равномерное пространство (X, U) является равномерно паракомпактным. Следовательно, (X, U) является сильно равномерно паракомпактным.

Лемма 2. Если равномерное пространство (X, U) является сильно равномерно паракомпактно и \aleph_0 -ограничено, то топологическое пространство (X, τ_U) является линделёфовым.

Доказательство. Пусть λ - открытое покрытие пространства (X, τ_U) . Тогда существует равномерно σ -звездно конечное открытое покрытие $\alpha = \{\alpha_i : i \in N\}$ вписанное в λ . Так как $\alpha = \{\alpha_i : i \in N\}$ является звездно конечным и равномерно σ -локально конечным покрытием, то для каждого $i \in N$ существует такое $\beta_i \in U$ что каждый элемент которого пересекается лишь с конечным числом элементов семейства α_i . Для каждого номера $i \in N$ семейство α_i имеет не пустое пересечение с некоторым

элементом покрытия β_i . Следовательно, $\alpha = \{\alpha_i : i \in N\}$ является счетным. Значит, (X, τ_U) является линделёфовым.

Теорема 5. Для тихоновского пространства следующие свойства эквивалентны:

1. Топологическое пространство (X, τ) является линделёфовым;
2. Для каждой равномерности U такой, что $\tau_U = \tau$ равномерное пространство (X, U) является сильно равномерно паракомпактным.

Доказательство следует из леммы 1 и 2.

Равномерное пространство (X, U) называется μ -полным, если каждый фильтр Коши имеющий базу мощности $\leq \mu$ сходится в нем.

Лемма 3. Тихоновское пространство X является μ -компактным тогда и только тогда, когда если для каждой равномерности U на X , равномерное пространство (X, U) является μ -полным.

Доказательство. Пусть F - фильтр Коши равномерного пространства (X, U) имеющий мощности $\leq \mu$. Тогда F имеет предельную точку в равномерном пространстве (X, U) . Следовательно, (X, U) является μ -полным.

Обратно, пусть F - ультрафильтр, имеющий мощности $\leq \mu$. Пусть (X, U) такое равномерное пространство, что $\tau_U = \tau$. Тогда существует такая предкомпактная равномерность U_p что $\tau_{U_p} = \tau_U = \tau$. Ясно, что ультрафильтр F является фильтром Коши в предкомпактном равномерном пространстве (X, U_p) . Следовательно, ультрафильтр F сходится к некоторой точке в (X, U_p) , т.е. (X, τ) является μ -компактным.

Теорема 6. Для тихоновского пространства (X, τ) следующие свойства эквивалентны:

1. (X, τ) является компактным;
2. Равномерное пространство (X, U) является \aleph_0 -полным (секвенциально полным) и сильно равномерно паракомпактным.

Доказательство следует из леммы 3 и теоремы 5.

Список цитируемых источников

1. Борубаев А.А. Равномерная топология. Бишкек: Илим, 2013.
2. Канетов Б.Э. Некоторые классы равномерных пространств и равномерно непрерывных отображений. Бишкек: КНУ им. Ж. Баласагына, 2013.
3. Келли Дж. Л. Общая топология. Москва: Наука, 1981.
4. Kanetov B., Kanetova D., Baigazieva N. On strongly uniformly paracompact spaces // International Conference on Topology and its Applications, Nafpactos, Greece. 2018. – p. 117-118.
5. V.A. Pasynkov, D. Buhagiari, On uniform paracompactness // Czech. Math J. – 1996. – V.46 (121). p. 577-586.

Рецензенты: *Борубаев А.А.* – доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН КР

Асанов А. - доктор физико-математических наук, профессор КТУ “Манас”

УДК: 517.968

Каракеев Т.Т., Мустафаева Н.Т.
 КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
 Karakeev T.T., Mustafayeva N.T.
 J. Balasagun KNU, Bishkek
tkarakeev@yandex.ru

Регуляризация системы нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода

Биринчи түрдөгү Вольтерранын сызыктуу эмес интегралдык теңдемелер системасын регуляризациялоо

Regularization of a system of nonlinear Volterra integral equations of the first kind

В работе изучаются вопросы регуляризации системы нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода с дифференцируемым ядром, который вырождается в начальной точке диагонали. В предположении существования решения в пространстве непрерывных функций рассматриваемая система уравнений сводится к системе интегральных уравнений Вольтерра третьего рода, на основе которого получен регуляризирующий оператор. Доказана равномерная сходимость регуляризованного решения к точному решению системы интегральных уравнений Вольтерра первого рода, получена оценка допустимой погрешности и условия единственности решения исходного уравнения в шаре непрерывных функций.

Ключевые слова: уравнение Вольтерра; малый параметр; равномерная сходимость.

Макалада ядросу дифференцирленүүчү жана диагоналдын башкы чекитинде нөлгө айлануучу биринчи түрдөгү Вольтерранын сызыктуу эмес интегралдык теңдемелер системасын регуляризациялоо маселеси изилденет. Теңдеменин чечими жашайт деген болжолдоонун негизинде аны үчүнчү түрдөгү Вольтерранын интегралдык теңдемелер системасына келтирип, регуляризацияланган оператор түзүлдү. Регуляризацияланган чыгарылыштын биринчи түрдөгү Вольтерранын интегралдык теңдемелер системасынын так чыгарылышына бир калыпта жыйналуусу далилденди жана кетирилген каталыкты баалоо барабарсыздыгы, чыгарылыштын үзгүлтүксүз функциялар шарында жалгыздыгын камсыздаган шарттар аныкталды.

Урунттуу сөздөр: Вольтерра теңдемеси; кичи параметр; бир калыпта жыйналуу.

In this paper, we study the regularization of the system of nonlinear integrated equations of Volterra of the first kind with a differentiable kernel that degenerates at the initial point of the diagonal. Under the assumption of the existence of a solution in the space of continuous functions, the equation under consideration reduces to the Volterra integral equation of the third kind, on the basis of which a regularizing operator is obtained. The uniform convergence of the regularized solution to the exact solution of the system of linear integrated equations of Volterra of the first kind is proved, an estimate of the admissible error and the uniqueness condition for the solution of the initial equation in the ball of continuous functions are obtained.

Keywords: Volterra equations; small parameter; uniform convergence.

Рассмотрим систему нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода

$$\int_0^x N_0(x, t, u(t)) dt = g(x), \quad (1)$$

где $N_0(x, t, u(t)) = K(x, t)u(t) + N(x, t, u(t))$, искомая вектор-функция $u(x) \in C_n[0, b]$, для известных вектор-функций $g(x)$, $N(x, t, u(t))$ и $n \times n$ – матричной функции $K(x, t)$ выполняются условия:

- $g(x) \in C_n^1[0, b]$, $g(x) = (g_1(x), \dots, g_n(x))$, $g^{(i)}(0) = 0$, $i = 0, 1$;
- $K_{i,j}(x, t) \in C^{1,0}(D)$, $D = \{(x, t) / 0 \leq t \leq x \leq b\}$, $i, j = \overline{1, n}$;

$\det K(0,0) = 0, \|K(x,x)\| \leq c_0 k(x), \|\cdot\|$ -норма матрицы, $k(x) = \min_{1 \leq i \leq n} k_i(x), 0 < c_0 = const, k_i(x)$ ($i = \overline{1, n}$) – собственные значения матрицы $[K(x,x) + K^*(x,x)]/2, K^*(x,x)$ – сопряженная матрица к матрице $K(x,x), k(0) = 0, \forall x \in (0, b) 0 < k(x)$ -неубывающая функция;

в) $G(x) = L(x,x) + C_1 v(x), L(x,t) = C_2 K(x,t) + K_x(x,t), 0 < C_1, C_2 = const,$

$v(x) = \text{diag}(g_1(x), \dots, g_n(x)), \|G(x)\| \leq C_3 \lambda(x), \lambda(x) = \min_{1 \leq i \leq n} \lambda_i(x), \lambda_i(x)$ ($i = \overline{1, n}$) – собственные значения матрицы $[G(x) + G^*(x)]/2, G^*(x)$ – сопряженная матрица к матрице $G(x), \lambda(x) \geq d_1, 0 < d_1, C_3 = const;$

з) $h_i(x)$ ($i = \overline{1, n}$) – собственные значения матрицы $[K^*(x,x)G(x) + G^*(x)K(x,x)]/2, \min_{1 \leq i \leq n} h_i(x) \geq c_1 k(x)\lambda(x), 0 < c_1 = const;$

д) $N(x,t,u) \in C_n^{1,0,1}(D \times R^1), M_0(x,t,u) \in C_n^{0,0,1}(D \times R^1), M_0(x,x,u) = 0,$

$M_0(x,t,u(t)) = C_2 N(x,t,u(t)) + N_x(x,t,u(t)),$, для $t < x, (x,s), (t,s) \in D,$ и $(x,s,u), (x,s,w), (t,s,w), (t,s,u) \in D \times R^1, 0 < L_N = const$ имеет место

$$\|M_0(x,s,u) - M_0(x,s,w) - M_0(t,s,w) + M_0(t,s,u)\| \leq L_N(x-t)\|u-w\|.$$

Действуя оператором $C_1 T + C_2 I + D,$ где I – единичная матрица, – оператор Вольтерра: $(Tv)(x,z) = \int_0^x u(s,z)v(s,z)ds, D$ – оператор дифференцирования по переменной $x,$ на систему (1) получим систему уравнений [1]

$$K(x,x)u(x) + \int_0^x G(t)u(t)dt = \int_0^x M(x,t,u(t))dt + \int_0^x \int_t^x (Bu)(s,t)u(t)dsdt + C_1 \int_0^x \int_t^x (Vu)(s)N(s,t,u(t))dsdt + f(x), \quad (2)$$

где $M(x,t,u(t)) = -M_0(x,t,u(t)) - [L(x,t) - L(t,t)]u(t), f(x) = C_2 g(x) + g'(x),$

$$(Bu)(s,t) = C_1(K_{ij}(s,t)u_i(s)), i, j = \overline{1, n}, (Vu)(x) = \text{diag}(u_1(x), \dots, u_n(x)).$$

Рассмотрим систему уравнений с малым параметром ε из интервала $(0,1)$

$$\begin{aligned} & (\varepsilon I + K(x,x))u_\varepsilon(x) + \int_0^x G(t)u_\varepsilon(t)dt \\ &= \int_0^x M(x,t,u_\varepsilon(t))dt + \int_0^x \int_t^x (Bu_\varepsilon)(s,t)u_\varepsilon(t)dsdt + \\ & \quad + C_1 \int_0^x \int_t^x (Vu_\varepsilon)(s)N(s,t,u_\varepsilon(t))dsdt + \varepsilon u(0) \\ & + f(x). \end{aligned} \quad (3)$$

С помощью резольвенты $R(x,t,\varepsilon) = -(\varepsilon I + K(x,x))^{-1}X(x,t,\varepsilon)G(t)$ ядра

$[-(\varepsilon I + K(x,x))^{-1}G(t)],$ где $X(x,t,\varepsilon)$ – матричная функция Коши системы

$$X'_x(x,t,\varepsilon) = -G(x)(\varepsilon I + K(x,x))^{-1}X(x,t,\varepsilon),$$

из системы уравнений (3) получим

$$u_\varepsilon(x) = - \int_0^x R(x,t,\varepsilon)(\varepsilon I + K(t,t))^{-1} \left\{ \int_0^t M(t,s,u_\varepsilon(s))ds - \int_0^x M(x,s,u_\varepsilon(s))ds + \right.$$

$$\begin{aligned}
& + \int_0^t \int_s^t (Bu_\varepsilon)(v, s) u_\varepsilon(s) dv ds - \int_0^x \int_s^x (Bu_\varepsilon)(v, s) u_\varepsilon(s) dv ds + C_1 \int_0^t \int_s^t (Vu_\varepsilon)(v) dv \times \\
& \times N(v, s, u_\varepsilon(s)) ds - C_1 \int_0^x \int_s^x (Vu_\varepsilon)(v) N(v, s, u_\varepsilon(s)) dv ds + f(t) - f(x) \Big\} dt + \\
& + (\varepsilon I + K(x, x))^{-1} X(x, 0, \varepsilon) \left\{ \int_0^x M(x, t, u_\varepsilon(t)) dt + \int_0^x \int_t^x (Bu_\varepsilon)(s, t) u_\varepsilon(t) ds dt + \right. \\
& \left. + C_1 \int_0^x \int_t^x (Vu_\varepsilon)(s) N(s, t, u_\varepsilon(t)) ds dt \right\} \equiv (Au_\varepsilon)(x). \tag{4}
\end{aligned}$$

Приведем известные факты, которыми будем пользоваться в дальнейшем. Пусть $\theta = \min(1, c_1)$, $l = \max(1, c_0)$. Тогда при выполнении условий $\bar{\theta}$ -2) имеют место оценки [2]

$$\begin{aligned}
\|(\varepsilon I + K(x, x))^{-1}\| & \leq \frac{1}{\varepsilon + k(x)}, \|X(x, t, \varepsilon)\| \leq \exp\left(-\frac{\theta}{l^2} \int_t^x \frac{\lambda(s)}{\varepsilon + k(s)} ds\right), \\
\|R(x, t, \varepsilon)\| & \leq \frac{C_3 \lambda(t)}{\varepsilon + k(x)} \exp\left(-\frac{\theta}{l^2} \int_t^x \frac{\lambda(s)}{\varepsilon + k(s)} ds\right). \tag{5}
\end{aligned}$$

Пусть $\bar{u}_\varepsilon(x), \tilde{u}_\varepsilon(x) \in \Omega_n[0, b] = \{u(x) \in C_n[0, b]: \|u(x) - u_0\| \leq r_0, 0 < u_0, r_0 = \text{const}\}$. Оценим разность операторов $(A\bar{u}_\varepsilon)(x) - (A\tilde{u}_\varepsilon)(x)$. Тогда

$$\begin{aligned}
& \left\| \int_0^x R(x, t, \varepsilon) (\varepsilon I + K(t, t))^{-1} \left\{ \int_0^t [M(t, s, \bar{u}_\varepsilon(s)) - M(t, s, \tilde{u}_\varepsilon(s)) - \right. \right. \\
& \left. \left. M(x, s, \bar{u}_\varepsilon(s)) + M(x, s, \tilde{u}_\varepsilon(s))] ds + \int_t^x [M(x, s, \bar{u}_\varepsilon(s)) - M(x, s, \tilde{u}_\varepsilon(s))] ds \right\} dt \right\| \leq \\
& \leq 2 \frac{C_3(C_2 L_1 + L_2 + L_N)}{\varepsilon + k(x)} \int_0^x \exp\left(-\frac{\theta}{l^2} \int_t^x \frac{\lambda(s)}{\varepsilon + k(s)} ds\right) (x-t) \frac{\lambda(t)}{\varepsilon + k(t)} dt \times \\
& \times \int_0^x \|\bar{u}_\varepsilon(s) - \tilde{u}_\varepsilon(s)\| ds \leq \frac{2C_3(C_2 L_1 + L_2 + L_N) l^4}{d_1 \theta^2} \int_0^x \|\bar{u}_\varepsilon(t) - \tilde{u}_\varepsilon(t)\| dt,
\end{aligned}$$

где $0 < L_1, L_2$ – коэффициенты Липшица, соответственно $K(x, t)$ и $K_x(x, t)$ по аргументу x ;

$$\begin{aligned}
& \left\| \int_0^x R(x, t, \varepsilon) (\varepsilon I + K(t, t))^{-1} \left\{ \int_0^t \int_s^x [(B\bar{u}_\varepsilon)(v, s) - (B\tilde{u}_\varepsilon)(v, s)] \tilde{u}_\varepsilon(s) dv ds + \right. \right. \\
& \left. \left. + \int_t^x \int_s^x [(B\bar{u}_\varepsilon)(v, s) - (B\tilde{u}_\varepsilon)(v, s)] \tilde{u}_\varepsilon(s) dv ds + \int_0^t \int_s^x (B\bar{u}_\varepsilon)(v, s) \times \right. \right. \\
& \left. \left. \times (\bar{u}_\varepsilon(s) - \tilde{u}_\varepsilon(s)) dv ds + \int_t^x \int_s^x (B\bar{u}_\varepsilon)(v, s) (\bar{u}_\varepsilon(s) - \tilde{u}_\varepsilon(s)) dv ds \right\} dt \right\| \leq
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\leq \frac{4bC_1C_3rM}{\varepsilon + k(x)} \int_0^x \exp\left(-\frac{\theta}{l^2} \int_t^x \frac{\lambda(s)}{\varepsilon + k(s)} ds\right) \frac{\lambda(t)(x-t)}{\varepsilon + k(t)} dt \times \\ &\times \|\bar{u}_\varepsilon(x) - \tilde{u}_\varepsilon(x)\|_{C_n[0,b]} \leq \frac{4bC_1C_3rMl^4}{d_1\theta^2} \|\bar{u}_\varepsilon(x) - \tilde{u}_\varepsilon(x)\|_{C_n[0,b]}, \\ &M = \max_D \|K(x, t)\|, r = r_0 + u_0; \\ &\left\| \int_0^x R(x, t, \varepsilon)(\varepsilon I + K(t, t))^{-1} C_1 \left[\int_0^t \int_t^x (V[\bar{u}_\varepsilon - \tilde{u}_\varepsilon])(v) N(v, s, \bar{u}_\varepsilon(s)) dv ds + \right. \right. \\ &+ \int_t^x \int_s^x (V[\bar{u}_\varepsilon - \tilde{u}_\varepsilon])(v) N(v, s, \bar{u}_\varepsilon(s)) dv ds + \int_0^t \int_t^x (V\tilde{u}_\varepsilon)(v) [N(v, s, \bar{u}_\varepsilon(s)) - \\ &- N(v, s, \tilde{u}_\varepsilon(s))] dv ds + \left. \left. \int_t^x \int_s^x (V\tilde{u}_\varepsilon)(v) [N(v, s, \bar{u}_\varepsilon(s)) - N(v, s, \tilde{u}_\varepsilon(s))] dv ds \right] dt \right\| \leq \\ &\leq \frac{4C_1C_3 b(M_{N1}r + M_N)}{\varepsilon + k(x)} \int_0^x \exp\left(-\frac{\theta}{l^2} \int_t^x \frac{\lambda(s)}{\varepsilon + k(s)} ds\right) \frac{\lambda(t)(x-t)}{\varepsilon + k(t)} dt \times \\ &\times \|\bar{u}_\varepsilon(x) - \tilde{u}_\varepsilon(x)\|_{C_n[0,b]} \leq \frac{4C_1C_3b(M_{N1}r + M_N)l^4}{d_1\theta^2} \|\bar{u}_\varepsilon(x) - \tilde{u}_\varepsilon(x)\|_{C_n[0,b]}, \end{aligned}$$

$$M_N = \max_{D \times R^1} \|N(x, t, u)\|, M_{N1} = \max_{D \times R^1} \|N_u(x, t, u)\|;$$

$$\begin{aligned} &\left\| (\varepsilon I + K(x, x))^{-1} X(x, 0, \varepsilon) \int_0^x [M(x, t, \bar{u}_\varepsilon(t)) - M(x, t, \tilde{u}_\varepsilon(t))] dt \right\| \leq \\ &\leq \frac{C_2L_1 + L_2 + L_N}{\varepsilon + k(x)} \exp\left(-\frac{\theta}{l^2} \int_0^x \frac{\lambda(s)}{\varepsilon + k(s)} ds\right) \int_0^x (x-t) \|\bar{u}_\varepsilon(t) - \tilde{u}_\varepsilon(t)\| dt \leq \\ &\leq \frac{(C_2L_1 + L_2 + L_N)l^2}{ed_1\theta} \int_0^x \|\bar{u}_\varepsilon(t) - \tilde{u}_\varepsilon(t)\| dt; \\ &\left\| (\varepsilon I + K(x, x))^{-1} X(x, 0, \varepsilon) \int_0^x \int_t^x (B\bar{u}_\varepsilon)(s, t) (\bar{u}_\varepsilon(t) - \tilde{u}_\varepsilon(t)) ds dt + \right. \\ &+ \left. \int_0^x \int_t^x [(B\bar{u}_\varepsilon)(s, t) - (B\tilde{u}_\varepsilon)(s, t)] \tilde{u}_\varepsilon(t) ds dt \right\| \leq \frac{2C_1rMx}{\varepsilon + k(x)} \exp\left(-\frac{\theta}{l^2} \int_0^x \frac{\lambda(s)}{\varepsilon + k(s)} ds\right) \times \\ &\times \int_0^x \|\bar{u}_\varepsilon(t) - \tilde{u}_\varepsilon(t)\| dt \leq \frac{2C_1rMl^2}{ed_1\theta} \int_0^x \|\bar{u}_\varepsilon(t) - \tilde{u}_\varepsilon(t)\| dt; \\ &\left\| (\varepsilon I + K(x, x))^{-1} X(x, 0, \varepsilon) \left\{ C_1 \int_0^x \int_t^x (V\bar{u}_\varepsilon)(s) [N(s, t, \bar{u}_\varepsilon(t)) - \right. \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -N(s, t, \tilde{u}_\varepsilon(t))] ds dt + C_1 \int_0^x \int_t^x (V[\bar{u}_\varepsilon - \tilde{u}_\varepsilon])(s) N(s, t, \tilde{u}_\varepsilon(t)) ds dt \Big\| \leq \\
& \leq \frac{2C_1(M_{N_1}r + M_N)l^2}{d_1\theta} \int_0^x \|\bar{u}_\varepsilon(t) - \tilde{u}_\varepsilon(t)\| dt;
\end{aligned}$$

В итоге, из (4) получим следующее неравенство:

$$\|(A\bar{u}_\varepsilon)(x) - (A\tilde{u}_\varepsilon)(x)\|_{C_n[0,b]} \leq q \|\bar{u}_\varepsilon(x) - \tilde{u}_\varepsilon(x)\|_{C_n[0,b]}, \quad (6)$$

$$q = b \frac{l^2}{d_1\theta} [C_2L_1 + L_2 + L_N + 2C_1(Mr + M_{N_1}r + M_N)] \left(e^{-1} + \frac{2C_3l^2}{\theta} \right).$$

Согласно [3, с.392], при $q < 1$ система (4) имеет единственное решение в $\Omega_n[0, b]$.

Теорема. Пусть выполняются условия а) - д), $q < 1$ и система (1) имеет решение $u(x) \in C_n[0, b]$. Тогда при $\varepsilon \rightarrow 0$ решение системы (3) равномерно сходится к решению системы (1), причем

$$\begin{aligned}
& \|u_\varepsilon(x) - u(x)\|_{C_n[0,b]} \\
& \leq C_4 \left((1 + C_3l^2\theta^{-1}) \left[2l^2(d_1\theta)^{-1} e^{\frac{\theta}{l^2}} \varepsilon^{1-\beta} \|u(x)\|_{C_n[0,b]} + \omega_u(\varepsilon^\beta) \right] \right), \\
C_4 = (1 - q)^{-1}, \omega_u(\varepsilon^\beta) = \sup_{|x-t| \leq \varepsilon^\beta} \|u(x) - u(t)\|, \quad 0 < \beta < 1.
\end{aligned}$$

Доказательство. С помощью подстановки

$$\eta_\varepsilon(x) = u_\varepsilon(x) - u(x)$$

из (2) и (3) получим систему уравнений

$$\begin{aligned}
& (\varepsilon I + K(x, x))\eta_\varepsilon(x) + \int_0^x G(t)\eta_\varepsilon(t) dt = \int_0^x [M(x, t, u_\varepsilon(t)) - M(x, t, u(t))] dt + \\
& + \int_0^x \int_t^x (Bu)(s, t)\eta_\varepsilon(t) ds dt + \int_0^x \int_t^x (B\eta_\varepsilon)(s, t)u(t) ds dt + C_1 \int_0^x \int_t^x (Vu)(s) [N(s, t, u_\varepsilon(t)) - \\
& - N(s, t, u(t))] ds dt + C_1 \int_0^x \int_t^x (V\eta_\varepsilon)(s) N(s, t, u(t)) ds dt + \varepsilon[u(0) - u(x)].
\end{aligned}$$

Используя резольвенту $R(x, t, \varepsilon)$ ядра $[-(\varepsilon I + K(x, x))^{-1}G(t)]$ из данной системы получим

$$\begin{aligned}
& \eta_\varepsilon(x) = - \int_0^x R(x, t, \varepsilon) (\varepsilon I + K(t, t))^{-1} \left\{ \int_0^t [M(t, s, u_\varepsilon(s)) - M(t, s, u(s)) - \right. \\
& \left. - M(x, s, u_\varepsilon(s)) + M(x, s, u(s))] ds - \int_t^x [M(x, s, u_\varepsilon(s)) - M(x, s, u(s))] dt - \right. \\
& \left. - \int_0^t \int_t^x (Bu)(v, t)\eta_\varepsilon(t) dv dt - \int_t^x \int_s^x (Bu)(v, t)\eta_\varepsilon(t) dv dt - \int_0^t \int_t^x (B\eta_\varepsilon)(v, t)u(t) dv dt - \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \int_t^x \int_s^x (B\eta_\varepsilon)(v, t) u(t) dv dt - C_1 \int_0^t \int_t^x (V\eta_\varepsilon)(v) N(v, s, u(s)) dv ds - \int_t^x \int_s^x (V\eta_\varepsilon)(v) \times \\
& \quad \times N(v, s, u(s)) dv ds - C_1 \int_0^t \int_t^x (Vu)(v) [N(v, s, u_\varepsilon(s)) - N(v, s, u(s))] dv ds - \\
& \quad - C_1 \int_t^x \int_s^x (Vu)(v) [N(v, s, u_\varepsilon(s)) - N(v, s, u(s))] dv ds \Big] + \varepsilon [u(t) - u(x)] \Big\} dt + \\
& + (\varepsilon I + K(x, x))^{-1} X(x, 0, \varepsilon) \left\{ \int_0^x [M(x, t, u_\varepsilon(t)) - M(x, t, u(t))] dt + \int_0^x \int_t^x (B\eta_\varepsilon)(s, t) \times \right. \\
& \quad \times u(t) ds dt + \int_0^x \int_t^x (Bu)(s, t) \eta_\varepsilon(t) ds dt + C_1 \int_0^x \int_t^x (V\eta_\varepsilon)(s) N(v, t, u(t)) ds dt + \\
& \quad \left. + C_1 \int_0^x \int_t^x (Vu)(s) [N(s, t, u_\varepsilon(t)) - N(s, t, u(t))] ds dt + \varepsilon [u(0) - u(x)] \right\}.
\end{aligned}$$

Отсюда, с помощью оценки (6) имеем

$$\|\eta_\varepsilon(x)\|_{C_n[0, b]} \leq q \|\eta_\varepsilon(x)\|_{C_n[0, b]} + \|\varepsilon(H_\varepsilon u)(x)\|_{C_n[0, b]}, \quad (7)$$

где $(H_\varepsilon u)(x)$ - определяется согласно

$$\begin{aligned}
(H_\varepsilon u)(x) & \equiv \int_0^x R(x, t, \varepsilon) (\varepsilon I + K(t, t))^{-1} [u(x) - u(t)] dt - (\varepsilon I + K(x, x))^{-1} X(x, 0, \varepsilon) \times \\
& \quad \times [u(x) - u(0)], \text{ для которого имеет место оценка []}
\end{aligned}$$

$$\|\varepsilon(H_\varepsilon u)(x)\|_{C_n[0, b]} \leq C_5 \left[2l^2 \theta^{-1} e^{\frac{\theta}{l^2}} \varepsilon^{1-\beta} \|u(x)\|_{C_n[0, b]} + \omega_u(\varepsilon^\beta) \right], \quad C_5 = 1 + C_3 l^2 \theta^{-1},$$

$$\omega_u(\varepsilon^\beta) = \sup_{|x-t| \leq \varepsilon^\beta} \|u(x) - u(t)\|, \quad 0 < \beta < 1.$$

Учитывая условие $q < 1$, из (7) приходим к оценке теоремы, что и требовалось доказать.

Следствие. При выполнении условий теоремы решение системы (1) единственно в $\Omega_n[0, b]$.

Список цитируемых источников

1. Каракеев Т.Т., Мустафаева Н.Т. Регуляризация линейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода // Наука, техника и образование. - 2017, № 8 (38). - с. 5-11
2. Asanov A. Regularization and Uniqueness of solutions of systems of Volterra integral equations of the third kind // H.-P. Blatt, R. Felix, L.G. Lelevkina, M. Sommer Analytical and approximate methods. – Shaker Verlag, Aachen, 2003. P. 15-31.
3. Треногин В.А. Функциональный анализ. – Москва: Наука, 1980.–с.496.

Рецензенты: *Искандаров С.* – доктор физико-математических наук НАН КР
Кененбаева Г.М. – доктор физико-математических наук НАН КР

УДК: № 004

Ткачман М.Л., Изотов А.О.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Tkachman M.L., Izotov A.O.
J. Balasagun KNU, Bishkek

Прогнозирование посещаемости сайта на основании математического ожидания с использованием метода Бернулли

Forecasting the attendance of the site based on the mathematical expectation using the Bernoulli method

Бернулли ыкмасы менен күтүү негизинде сайт жол кыймылын божомолдоо

При составлении плана продвижения сайта очень важно уделить внимание прогнозированию результатов. Результаты продвижения выражаются в виде увеличения посещаемости сайта и роста позиций в поисковой выдаче, что необходимо знать для планирования целесообразности продвижения. В этом заинтересованы, как и специалисты, которые занимаются поисковым продвижением так и их клиенты которые хотят знать ожидаемый результат продвижения их сайта. Процесс прогнозирования возможно автоматизировать, разработав специальный алгоритм прогнозирования, который будет основываться на математическом ожидание дискретной случайной величины, описанной по методу Бернулли, при этом базисной основой будет являться математическая модель, представленная в статье. Результат прогнозирования будет представляться в графическом виде и предоставлять усредненное количество получаемых посещений сайтом по выбранным запросам и их статистических показателях на определенный месяц или период продвижения сайта.

Ключевые слова: прогнозирование посещаемость сайта; поисковая система; метод Бернулли; математическое ожидание случайной дискретной величины; сайт

Сайтка көмөк көрсөтүү планын түзүдө анын жыйынтыгын болжолдоого көңүл буруу өтө маанилүү болуп эсептелет. Сайтка кирүүчүлөрдүн санын көбөйтүү үчүн анын ийгиликтүү болушун пландаштыруу керек. Буга сайттын ишин жылдырып жаткан специалисттер, ошондой эле анын жыйынтыгына алардын кардарлары (клиенттери) кызыктар болушу керек. Болжолдоону (прогноз даярдоону) автоматташтырса болот, ал үчүн болжолдоонун атайын алгоритмин түзүү керек. Алдын ала иш Бернулли ыкма менен, дискреттик кокус өгөрмөнүн математикалык күтүүдө негизделген. Анын математикалык модели ушул макалада көрсөтүлгөн. Болжолдоонун жыйынтыгы графика түрүндө көрсөтүлөт. Белгилүү бир ай же сайт жылдыруу, мөөнөткө тандалып алынган суроо боюнча издөө жана статистикалык көрсөткүчтөрдү сайтка кирип алган орточо көлөм менен берилет.

Урунттуу сөздөр: сайтка жол кыймылын божомолдоо; издегич; Бернулли ыкмасы; кокус дискреттик баалуулуктарды математикалык күтүү; сайты;

When drafting a website promotion plan, it is very important to pay attention to forecasting the results. The results of promotion are expressed in the form of increasing the attendance of the site and the growth of positions in the SERP, which you need to know to plan the expediency of promotion. In this interest, as well as professionals who are engaged in search engine promotion and their customers who want to know the expected result of promoting their site. The forecasting process can be automated by developing a special prediction algorithm that will be based on the mathematical expectation of a discrete random variable described by the Bernoulli method, with the mathematical model presented in the article being the basic basis. The result of the forecast will be presented in a graphical form and provide an average number of received visits to the site for selected queries and their statistics for a specific month or period of site promotion.

Keywords: forecasting site traffic; search system; the Bernoulli method; mathematical expectation of a random discrete quantity; site;

Разрабатываем план осуществления замысла:

1. Закон распределения случайной величины X выразим в виде таблицы:

x	$\frac{0}{n}$	$\frac{1}{n}$	$\frac{2}{n}$	...	$\frac{m}{n}$	...	...	$\frac{n}{n}$
$P\left(x = \frac{m}{n}\right)$	$\frac{1}{q^n}$	$C_n^1 p q^{n-1}$	$C_n^2 p^2 q^{n-2}$	...	$C_n^m p^m q^{n-m}$	...	...	$\frac{1}{p^n}$

Данный закон распределения называется биномиальным законом, основываясь на том, что вероятности равняются соответствующим членам разложения выражения:

$$(q + p)^n = \sum_{m=0}^n C_n^m p^m q^{n-m}$$

Математическое ожидание случайной величины X называется центром распределения вероятностей случайной величины X и определяется нами по формуле:

$$x_c = \sum_{k=1}^n x_k p_k$$

Центр масс и математическое ожидание вычисляем по аналогичным формулам.

Составляя план проведения независимых испытаний дискретной величины X с соответствующим законом распределения: выразим его в виде таблицы, которую так же используем как математическую модель проводимых испытаний и их отображений в виде статистического исследования случайной величины:

x	x_1	x_2	...	x_k	...	x_n
$P(x = x_k)$	p_1	p_2	...	p_k	...	p_n

Математическое ожиданием дискретной случайной величины x (будем его обозначать $M[x]$ или m_x) называется сумма произведений всех возможных значений случайной величины на вероятности этих значений:

Математическая ожидание случайной величины выраженная в виде ряда:

$$M[x] = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n$$

Далее, используя суммирование определяем математическое ожидание в виде сумм дискретных событий:

$$M[x] = \sum_{k=1}^n x_k p_k$$

При этом основополагающим является сумма математической вероятности равная 1:

$$\sum_{k=1}^n p_k = 1$$

Так как сумма образует математическую последовательность то математическое ожидание определяется в виде формулы [Бернули]:

$$M[x] = \sum_{k=1}^n x_k p_k$$

Будем рассматривать только такие случайные величины, для которых этот ряд сходится.

Устанавливая связь математического ожидания случайной величины и его среднего арифметического значения случайной величины при большом числе испытаний, наблюдается, что при неограниченном возрастании числа испытаний среднее значение стремится к его математическому ожиданию.

Производя N независимых опытов. Предположим, что

значение x_1 появилось n_1 раз,
 значение x_2 появилось n_2 раз,

 значение x_v появилось n_v раз.

Случайная величина m^* принимает значения x_1, x_2, \dots, x_v . Вычисляя среднее арифметическое полученных значений величины x (обозначая его через $M[x]$ или m_x):

$$\bar{m}_x = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots + x_v n_v}{N} = x_1 \frac{n_1}{N} + x_2 \frac{n_2}{N} + \dots + x_v \frac{n_v}{N}.$$

Но так как при большом числе испытаний N относительная частота стремится к вероятности появления значения x_k , делаем вывод, такой формулы

$$\sum_{k=1}^v x_k \frac{n_k}{N} \approx \sum_{k=1}^{nv} x_k p_k$$

При этих предположениях получается следующее:

$$\bar{M}[x] \xrightarrow{n \rightarrow \infty} M[x].$$

Используя выходные исходные данные независимых случайных событий, будет определено n —число испытаний дающее математическое ожидание числа наступления событий

$$n = \frac{M[x]}{p}$$

Данные формулы представляют собой основу математической модели статистической обработки материала посещаемости сайта, обрабатываемые на ПК [2].

2. Основной математический код, представленный на алгоритмическом языке программирования PHP.

```
FOR ($x=1; $x<=$n; )
{
    $a=$c[$x]*$x+$a;
    $x++;
}
$sumc=$a;
echo "<br>";
echo '$Matogid_bern=' . $sumc;
echo "<br>";
```

Рис. 1. Программный код вычисления математического ожидания по методу Бернулли

```
FOR ($x=1; $x<=$n; )
{
    $Dc1=pow( ($x-$sumc), 2) * $c[$x] + $Dc1;
    $x++;
}
echo '$Dc1=' . $Dc1;
echo "<br>";
FOR ($x=1; $x<=$n; )
{
    $sb=$c[$x] + $sb;
    $x++;
}
$sred=$sb/$n;
echo "<br>";
echo '$sredsluchvelbern=' . $sred;
```

Рис. 2. Программный код вычисления средней случайное величины по методу Бернулли

3. Результаты исследования математического прогнозирования случайной величины посещаемости сайта выраженная в текстовом формате.

```
SMatogid=5.5
SDisp=8.25
Ssredsluchvel=42.6
Ssredkvadotkl=2.872281323269
SMatogid_bern=9.1373247075835E-27
SDc1=6.4033220430112E-26

Ssredsluchvelbern=1.304047324785E-28
SX(центр масс)=7.0068965549928
Ssredkvadotkl=2.872281323269
Ssredkvadotklbern=2.5304786193547E-13
SRaznicabern=7.0068965549926
```

Рис. 3. Результаты вычисления искомых величин

4. Результаты исследования математического прогнозирования случайной величины посещаемости сайта выраженная в графическом виде. График получен благодаря использованию массива данных обработки биномиальным законом случайных событий посещения сайта с целью прогноза [3].

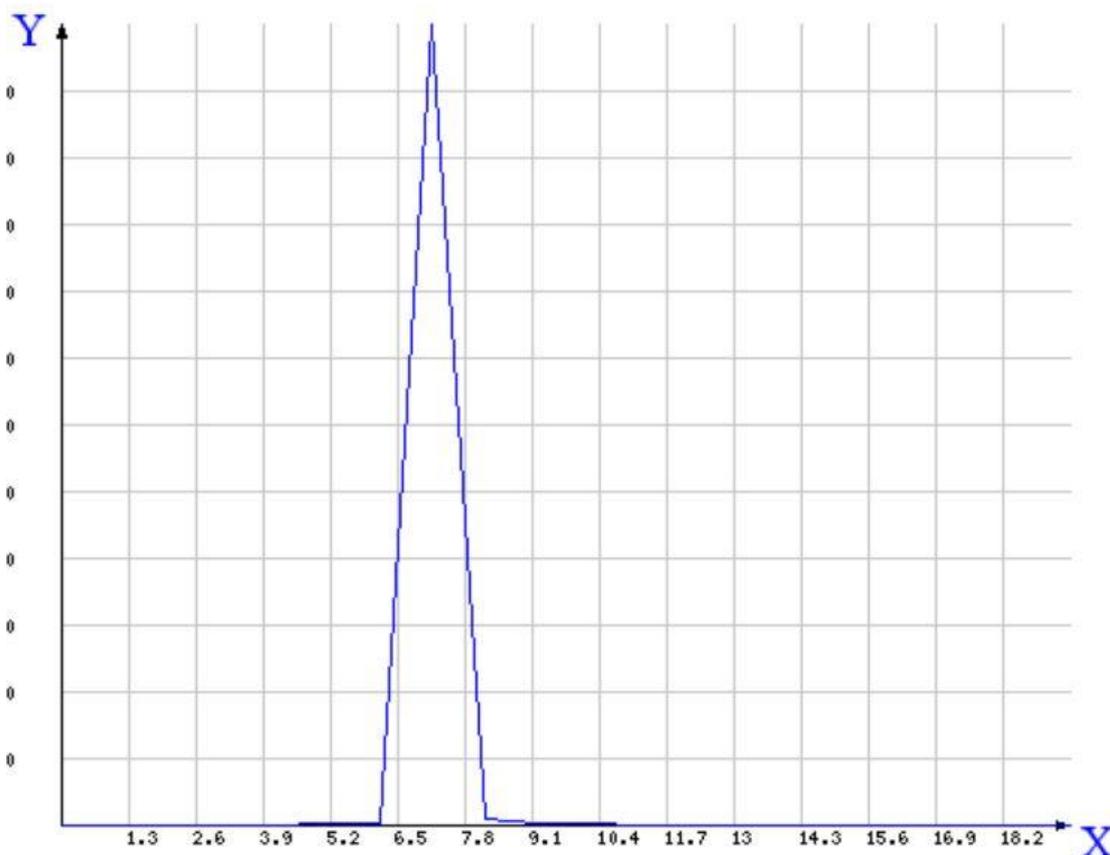


Рис. 4. График результатов прогнозирования посещаемости сайта

Заключение

В результате проделанной работы был сделан прогноз посещаемости сайта для последующих периодов его продвижения на основании математического ожидания с использованием метода Бернулли. Это дает возможность использовать данный алгоритм в аналогичных ситуациях систем массового обслуживания народного хозяйства, а также научных расчетов при работе со статическими данными различных видов исследований: экологии, сейсмологии и расчета надежности новых перспективных разработок.

Список цитируемых источников

1. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. В 2-х т., 1985г.
2. Стив Сьюринг PHP, MySQL, JavaScript & HTML5 для начинающих (*PHP, MySQL, JavaScript & HTML5 All-in-One For Dummies*). 2013г.

Рецензенты: Баракова Ж.Т. – кандидат технических наук, доцент КГТУ им. И.Раззакова

Жумабаева Ч.Н. – кандидат технических наук, доцент КТУ “Манас”

УДК: 512.15

Бешимов Р.Б., Сафарова Д.Т.

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент

Beshimov R.B., Safarova D.T.

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent

rbeshimov@mail.rusafarova.dilnora87@mail.ru**Некоторые топологические свойства функтора \exp_n** **\exp_n функторунун кээ бир топологиялык касиеттери****Some topological properties of the functor \exp_n**

Экспоненциальные пространства были введены в работе [1]. В работах [2,3,4] изучены число Суслина, плотность, слабая плотность, π -вес, π -характер, наследственные свойства пространства $\exp_n X$, $\exp_\omega X$, $\exp_c X$, $\exp X$. В данной работе исследовано воздействие конструкции \exp_n на финально компактные, счетно компактные, секвенциально компактные, псевдокомпактные, нульмерные пространства.

Ключевые слова: функтор; экспоненциальное пространство; финально компактное пространство; счетно компактное пространство; нульмерное пространство.

$\exp_n X$, $\exp_\omega X$, $\exp_c X$, $\exp X$. суслинанын сандык эмгегинде калың, π -салмак, π -мүнөз, мурункудан келе жаткан өздүк мейкиндиги \exp_n конструкциянын таасиринде финалдык компакттык, эсептик компакттык, секвенциялдык кампактык, псевдокомпактык нөл ченемдик мейкиндиктери бул эмгекте изилденген

Урунттуу сөздөр: функтор, экспоненциалдык мейкиндик, финалдык компакттык мейкиндик, эсептик компакттык мейкиндик, нөл ченемдик мейкиндик

Exponential spaces were introduced in the work [1]. In the works [2,3,4] the Suslin number, density, weak density, π -weight, π -character, hereditary properties of spaces $\exp_n X$, $\exp_\omega X$, $\exp_c X$ and $\exp X$ are studied. In this paper, the action of the construction \exp_n is studied on finally compact, countably compact, sequentially compact, pseudocompact, zero-dimensional spaces.

Keywords: functor; exponential space; finally compact space; countably compact space; zero-dimensional space.

Для функтора $F: \text{Comp} \rightarrow \text{Comp}$ через F_n обозначается функтор, ставящий в соответствие пространству X множество всех тех элементов $a \in F(X)$, носители которых состоят не более чем из n точек [5].

Пусть X – топологическое T_1 -пространство. Множество всех непустых замкнутых подмножеств топологического пространства X обозначим $\exp X$. Семейство всех множеств вида

$$O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle = \left\{ F : F \in \exp X, F \subset \bigcup_{i=1}^n U_i, F \cap U_i \neq \emptyset, i = 1, 2, \dots, n \right\},$$

где U_1, U_2, \dots, U_n – открытые подмножества пространства X , порождает топологию на множестве $\exp X$. Эта топология называется топологией Виеториса. Множество $\exp X$ с топологией Виеториса называется экспоненциальным пространством или гиперпространством пространства X .

Пусть X – топологическое T_1 -пространство. Обозначим через $\exp_n X$ множество всех непустых замкнутых подмножеств пространства X мощности, не превосходящей кардинального числа n , т.е. $\exp_n X = \{F \in \exp X : |F| \leq n\}$. Положим

$\exp_\omega X = \bigcup \{ \exp_n X : n = 1, 2, \dots \}$, $\exp_c X = \{ F \in \exp X : F - \text{компактное подмножество } X \}$. Ясно, что $\exp_n X \subset \exp_\omega X \subset \exp_c X \subset \exp X$ для любого топологического пространства X .

Теорема 1 [2]. Пусть X – бесконечное T_1 -пространство и U_1, U_2, \dots, U_n – произвольные непустые открытые множества в X , то верно следующее равенство

$$[O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle] = O\langle [U_1], [U_2], \dots, [U_n] \rangle.$$

Известно, что для хаусдорфова пространства X , и натурального числа n пространство $\exp_n X$ замкнуто в пространстве $\exp X$. Легко видеть, что если X есть T_1 -пространство, то отображение $i: X \rightarrow \exp X$, сопоставляющее точке $x \in X$ одноточечное множество $i(x) = \{x\}$, является вложением, т.е. рассматриваемое как отображение на множество $\exp_1 X$ оно, является гомеоморфизмом. Для хаусдорфова пространства X имеем цепочку вложений: $\exp_1 X \subset \exp_2 X \subset \dots \subset \exp X$. Ясно, что если $n \geq m$, то пространство $\exp_m X$ замкнуто в пространстве $\exp_n X$ [5].

Пусть A – такое подмножество метрического пространства X , что из всякого бесконечного его подмножества можно выделить последовательность, сходящуюся в X . Тогда $[A]$ – компакт [5].

Если из каждого открытого покрытия пространства X можно выделить счетное подпокрытие, то пространство X называется финально компактным.

Топологическое пространство X называется линделёфовым пространством, или пространством со свойством Линделёфова, если X регулярно и из каждого открытого покрытия этого пространства можно выбрать счетное подпокрытие [6].

Известно, что каждое замкнутое подпространство линделёфова пространства является линделёфовым пространством.

Теорема 2. Пространство X финально компактно тогда и только тогда, когда пространство $\exp_n X$ финально компактно.

Доказательство. Необходимость. Пусть $\mu = \{ O\langle U_1^\alpha, U_2^\alpha, \dots, U_n^\alpha \rangle : \alpha \in A \}$ – произвольное открытое покрытие пространства $\exp_n X$. Пусть $\mu_1 = \{ U_1^\alpha, U_2^\alpha, \dots, U_n^\alpha, \alpha \in A \}$ след семейство μ в X . Покажем, что система $\left\{ \bigcup_{i=1}^n U_i^\alpha : \alpha \in A \right\}$ есть покрытое пространство X .

Докажем от противного, что существует элемент $x_1 \in X \setminus \bigcup_{\alpha \in A} \{ U_i^\alpha : i = 1, 2, \dots, n \}$. Тогда $\{x_1\} \in \exp_n X \setminus \{ O\langle U_1^\alpha, U_2^\alpha, \dots, U_n^\alpha \rangle : \alpha \in A \}$. Отсюда следует, что $\{x_1\} \in \exp_n X$ но $\{x_1\} \notin \{ O\langle U_1^\alpha, U_2^\alpha, \dots, U_n^\alpha \rangle : \alpha \in A \}$. Получили противоречие. Значит, система $\left\{ \bigcup_{i=1}^n U_i^\alpha : \alpha \in A \right\}$ есть покрытое пространство X .

Так как X есть финально компактное пространство, то существует такое счетное покрытое $\mu_2 = \left\{ \bigcup_{i=1}^n U_i^s : s \in S \right\}$, что μ_2 покрывает пространство X . Рассмотрим всевозможные открытые множества $O\langle U_1^s, U_2^s, \dots, U_k^s \rangle$, где $s \in S, |S| = \aleph_0$. Покажем, что $\{ O\langle U_1^s, U_2^s, \dots, U_k^s \rangle : s \in S \}$ есть покрытие пространства $\exp_n X$.

Предположим противное, что существует точка $\Phi \in \exp_n X \setminus \bigcup_{s \in S} \{O\langle U_1^s, U_2^s, \dots, U_k^s \rangle : n \in N\}$.

Предположим, что $\Phi = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$, $k \leq n$. Так как система μ_2 покрытие пространства X , то существуют множества $U_1^s, U_2^s, \dots, U_k^s$ такие, что $x_i \in U_i^s$, $i = 1, 2, \dots, k$, что $\Phi \in O\langle U_1^s, U_2^s, \dots, U_k^s \rangle$. Получим противоречие. Значит, $\mu_3 = \{O\langle U_1^s, U_2^s, \dots, U_n^s \rangle : s \in S, n \in N\}$, $|S| = \aleph_0$ является покрытием пространства $\exp_n X$ и пространство $\exp_n X$ финально компактно.

Достаточность. Известно [6], что свойства счетной компактности, финальной компактности и, следовательно, компактности наследуются при переходе к замкнутому подпространству. Так как пространство X замкнуто в $\exp_n X$. Отсюда вытекает, что пространство X финально компактно. Теорема 2 доказана.

Топологическое пространство X называется счетно компактным, если каждое бесконечное подмножество пространства X имеет в X предельную точку [6].

Теорема 3 [6]. Для любого хаусдорфова пространства X следующие условия равносильны:

- 1) Пространство X счетно компактно;
- 2) Любое локально конечное семейство непустых множеств в X конечно;
- 3) Каждое локально конечное семейство одноточечных подмножеств пространства конечно;
- 4) Каждое бесконечное подмножество пространства X имеет в X предельную точку;
- 5) Любое счетное бесконечное подмножество пространства X имеет в X предельную точку;

Теорема 4. Хаусдорфово пространство X счетно компактно тогда и только тогда, когда пространство $\exp_n X$ счетно компактно.

Доказательство. Необходимость. Пусть $M = \{F_\alpha : \alpha \in A\}$, $|A| \geq \aleph_0$ бесконечное подмножество в $\exp_n X$, т.е. $F_\alpha = \{x_1^\alpha, x_2^\alpha, \dots, x_k^\alpha\}$, $k \leq n$, $\alpha \in A$. Рассмотрим след множество F_α в X_s , $s \leq n$. Рассмотрим множество $M_i = \{x_i^\alpha : \alpha \in A\}$, $i = 1, 2, \dots, n$. Так как X – счетно компактное пространство, то множество M_i , $i = 1, 2, \dots, n$ имеет предельные точки $x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$ в X . Тогда $F_0 = \{x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0\}$ предельная точка множества M .

Действительно, пусть $O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle$ – произвольная окрестность точки F_0 . Предположим, что $x_1 \in U_1, x_2 \in U_2, \dots, x_n \in U_n$. Так как X – счетно компактное пространство, то U_1 содержит бесконечно много точек множества M_1 . Аналогично, U_2 содержит бесконечно много точек множества M_2, \dots, U_n содержит бесконечно много точек множества M_n . Значит, множество $O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle$ содержит бесконечно много точек множества $\exp_n X$.

Достаточность. Известно [6], что каждое замкнутое подпространство счетно компактного пространства счетно компактно. Так как пространство X замкнуто в $\exp_n X$. Отсюда вытекает, что пространство X счетно компактно. Теорема 4 доказана.

Топологическое пространство X называется секвенциально компактным, если каждая последовательность точек в X содержит сходящуюся подпоследовательность [6].

Сопоставляя каждой точке $(x_0, \dots, x_{n-1}) \in X^n$ точку $\{x_0, \dots, x_{n-1}\} \in \exp_n X$, где X есть T_1 -пространство получим непрерывное сюръективное отображение:

$$\pi_{n,X} = \pi_n : X^n \rightarrow \exp_n X.$$

Теорема 5. Хаусдорфово пространство X секвенциально компактно тогда и только тогда, когда пространство $\exp_n X$ секвенциально компактно.

Доказательство. Необходимость. Пусть X секвенциально компактное хаусдорфово пространство. Произведение любого счетного семейства секвенциально компактных пространств является секвенциально компактным пространством [6]. Значит, пространство X^n также секвенциально компактное пространство. Если $f: X \rightarrow Y$ – непрерывное отображение секвенциально компактного пространства X на топологическое пространство Y , то Y секвенциально компактно [6]. Пространство $\exp_n X$ можно представить как непрерывный образ пространства X^n при непрерывном отображении. Из этого вытекает, что пространство $\exp_n X$ тоже является секвенциально компактным пространством.

Достаточность. Известно [6], что каждое замкнутое подпространство секвенциально компактного пространства секвенциально компактно. Так как пространство X замкнуто в $\exp_n X$. Отсюда вытекает, что пространство X секвенциально компактно. Теорема 5 доказана.

Топологическое пространство X называется [6] псевдокомпактным, если X – тихоновское пространство и каждая непрерывная вещественная функция на X ограничена.

Теорема 6. Для произвольного тихоновского пространства X следующие условия равносильны [6]:

- 1) Пространство X псевдокомпактно;
- 2) Для каждой убывающей последовательности $W_1 \supset W_2 \supset \dots$ непустых открытых множеств в X пересечение $\bigcap_{i=1}^{\infty} [W_i]$ не пусто;
- 3) Для каждого счетного центрированного семейства $\{V_i\}_{i=1}^{\infty}$ открытых множеств в X пересечение $\bigcap_{i=1}^{\infty} [V_i]$ не пусто.

Теорема 7. Тихоновское пространство X псевдокомпактно тогда и только тогда, когда пространство $\exp_n X$ псевдокомпактно.

Доказательство. Необходимость. Пусть X – бесконечное тихоновское псевдокомпактное пространство. Рассмотрим в $\exp_n X$ счетное центрированное семейство $\mu = \{O\langle U_1^n, U_2^n, \dots, U_k^n \rangle : n \in N\}$ открытых множеств. Пусть $\mu_1 = \{U_1^n, U_2^n, \dots, U_k^n : n \in N\}$ след семейство μ в X .

Пусть $O\langle U_1^1, U_2^1, \dots, U_n^1 \rangle \in \mu$, $O\langle U_1^2, U_2^2, \dots, U_k^2 \rangle \in \mu$, где $U_1^1, U_2^1, \dots, U_n^1, U_1^2, U_2^2, \dots, U_k^2 \in \mu_1$. Покажем, что для любого открытого множества $U_i^1, i = 1, 2, \dots, n$ существует хотя бы одно множество $U_j^2, j = 1, \dots, k$, что $U_i^1 \cap U_j^2 \neq \emptyset$ для всех $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, k$.

Из центрированности системы μ имеем, что существует элемент $F \in O\langle U_1^1, U_2^1, \dots, U_n^1 \rangle \cap O\langle U_1^2, U_2^2, \dots, U_k^2 \rangle$. Тогда $F \subset \bigcup_{i=1}^n U_i^1, F \cap U_i^1 \neq \emptyset, i = 1, \dots, n$ и $F \subset \bigcup_{j=1}^k U_j^2, F \cap U_j^2 \neq \emptyset, j = 1, \dots, k$. Пусть x произвольная точка множества F . Тогда из $F \subset \bigcup_{i=1}^n U_i^1$ и $F \subset \bigcup_{j=1}^k U_j^2$ имеем, что существуют множества U_i^1 и U_j^2 , такие, что $x \in U_i^1, x \in U_j^2$. Значит, $U_i^1 \cap U_j^2 \neq \emptyset$.

Таким образом, для каждого $n \in N$ система μ_l разлагается центрированными подсистемами $v_1 = \{U_1^{n_1}, n_1 \in N\}$, $v_2 = \{U_2^{n_2}, n_2 \in N\}, \dots, v_k = \{U_k^{n_k}, n_k \in N\}$ в пространстве X . Так как пространство X псевдокомпактно, то имеем

$$\cap \left\{ \left[U_1^{n_1} \right], n_1 \in N \right\} \neq \emptyset, \quad \cap \left\{ \left[U_2^{n_2} \right], n_2 \in N \right\} \neq \emptyset, \dots, \cap \left\{ \left[U_k^{n_k} \right], n_k \in N \right\} \neq \emptyset. \quad \text{Из}$$

каждого множества выберем по точке $x_1 \in \cap \left\{ \left[U_1^{n_1} \right], n_1 \in N \right\} \neq \emptyset,$

$$x_2 \in \cap \left\{ \left[U_2^{n_2} \right], n_2 \in N \right\} \neq \emptyset, \dots, x_k \in \cap \left\{ \left[U_k^{n_k} \right], n_k \in N \right\} \neq \emptyset \quad \text{и положим, что}$$

$$F = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}, k \leq n. \quad \text{Тогда} \quad \text{множество}$$

$$F \in \cap \left\{ O \left\langle \left[U_1^{n_1} \right], \left[U_2^{n_2} \right], \dots, \left[U_k^{n_k} \right] \right\rangle : n_1, n_2, \dots, n_k \in N \right\}. \quad \text{Из теоремы 1 следует, что}$$

$$F \in \cap \left\{ \left[O \left\langle U_1^{n_1}, U_2^{n_2}, \dots, U_k^{n_k} \right\rangle \right] : n_1, n_2, \dots, n_k \in N \right\}. \quad \text{Значит, мы получили, что } \exp_n X \text{ есть}$$

псевдокомпактное пространство.

Достаточность. Пусть $\mu = \{V_i : i \in N\}$ – счетное центрированное семейство открытых подмножеств в X . Покажем, что $\bigcap_{i=1}^{\infty} [V_i] \neq \emptyset$ не пусто.

Сначала покажем, что $\mu_1 = \{O\langle V_i \rangle : i \in N\}$ центрированная система открытых множеств в $\exp_n X$. Пусть $O\langle V_1 \rangle, O\langle V_2 \rangle$ – непустые открытые подмножества в $\exp_n X$. Из центрированности системы $\mu = \{V_i : i \in N\}$ имеем, что $V_1 \cap V_2 = V \neq \emptyset$ непустое. Тогда $O\langle V \rangle \subset O\langle V_1 \rangle \cap O\langle V_2 \rangle$.

Действительно, пусть $F \in O\langle V \rangle$. Тогда $F \subset V = V_1 \cap V_2$. Отсюда имеем, $F \in O\langle V_1 \rangle$, $F \in O\langle V_2 \rangle$ и получим $F \in O\langle V_1 \rangle \cap O\langle V_2 \rangle$. Из произвольности множества $F \in O\langle V \rangle$ имеем, что $O\langle V \rangle \subset O\langle V_1 \rangle \cap O\langle V_2 \rangle$.

Значит, система $\mu_1 = \{O\langle V_i \rangle : i \in N\}$ – центрированная. Так как $\exp_n X$ – псевдокомпактное, то $\bigcap_{i=1}^{\infty} [O\langle V_i \rangle] \neq \emptyset$. Мы покажем, что $\bigcap_{i=1}^{\infty} [V_i] \neq \emptyset$ не пусто. Пусть $F \in \bigcap_{i=1}^{\infty} [O\langle V_i \rangle]$. Тогда в силу теоремы 1 имеем, что $[O\langle V_i \rangle] = O\langle [V_i] \rangle$ для каждого $i \in N$. Отсюда имеем, что $F \in \bigcap_{i=1}^{\infty} [V_i] \neq \emptyset$. Значит, пространство X псевдокомпактно. Теорема 7 доказана.

Топологическое пространство X называется нульмерным, если X – непустое T_1 -пространство, обладающее базой из открыто–замкнутых множеств [6].

Для любого подмножества $A \subset X$ граница множества $A \subset X$ определяется следующим образом: $FrA = [A] \setminus IntA$.

Теорема 8. Пусть X бесконечное T_1 -пространство. Тогда пространство X нульмерно тогда и только тогда, когда $\exp X$ нульмерно.

Доказательство. Пусть система $\mu = \{U_\alpha : \alpha \in A\}$ есть база состоящая из открыто–замкнутых подмножеств в X . Покажем, что система $\mu_l = \{O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle : U_i \in \mu, i \in N\}$ есть открыто–замкнутая база в $\exp X$. Из теоремы 1 имеем, что

$[O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle] = O\langle [U_1], [U_2], \dots, [U_n] \rangle$. Известно, что для открыто-замкнутых подмножеств $U \subset X$ имеем, что $[U] = U$. Отсюда вытекает, что $[O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle] = O\langle [U_1], [U_2], \dots, [U_n] \rangle = O\langle U_1, U_2, \dots, U_n \rangle$. Значит, μ_l есть открыто-замкнутая база в $\text{exp } X$, т.е. пространство $\text{exp } X$ нульмерно.

Обратно, пусть пространство $\text{exp } X$ нульмерно. Известно, что нульмерность наследует любое подмножество, тогда имеем, что пространство X нульмерно. Теорема 8 доказана.

Так как нульмерность наследуется любому подмножеству, то имеем.

Следствие 1. Бесконечное T_1 -пространство X нульмерно тогда и только тогда, когда одно (равносильно все) из пространств $\text{exp}_n X$, $\text{exp}_\omega X$, $\text{exp}_c X$ нульмерно.

Список цитируемых источников

1. Vietoris A., Bereiche zweiter Ordnung // Monatsh. für math. und phys. 1922. – (32). – p. 258-280.
2. Michael. E. Topologies on spaces of supsets // Trans. Amer. Math. Soc. – 1951. – № 1 (71). – p. 152-172.
3. Fedorchuk V.V., Todorcevic S. Cellularity of covariant functors // Topology and its applications. – 1997. – № 1 (76). – p. 125-150.
4. Beshimov R.B. On some cardinal invariants of hyperspaces // Matematychni Studii. – 2005. № 2 (24). p. 197-202.
5. Федорчук В.В., Филиппов В.В. Общая топология. Основные конструкции. Москва: Физматлит. 2006. – с.332
6. Энгелькинг Р. Общая топология. Москва: Мир, 1986. – с.752
7. Федорчук В.В. Бесконечномерные бикомпакты // Известия АН СССР, сер. матем. – 1978. – (42). – с. 1162-1178.

Рецензенты: *Заитов А.А.* – доктор физико-математических наук НУУ им. Мирзо Улугбека

Канетов Б.Э. – доктор физико-математических наук, профессор КНУ им. Ж.Баласагына

Физика

УДК: 524.834

Бакирова Э. М., Бакирова Н. М.
 КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
 Bakirova E.M., Bakirova N.M.
 J. Balasagyn KNU, Bishkek
elizabetha_83@mail.ru

Смешанная астрофизическая конфигурация с комплексным скалярным полем и
 нейтронным веществом

Комплекстүү скалярдык талаа жана нейтрондук зат менен аралаш
 астрофизикалык конфигурация

Mixed astrophysical configuration supported by a complex scalar field and neutron
 matter

Исследованы компактные астрофизические конфигурации, состоящие из комплексного скалярного поля и нейтронного вещества. Для таких систем найдены регулярные решения уравнений общей теории относительности, описывающие конфигурации с конечными размерами поверхности нейтронной жидкости. Определены основные физические характеристики рассматриваемых конфигураций (массы, размеры, распределение вещества). Показывается, что для исследуемых смешанных систем формулы, используемые для определения масс и размеров нейтронных звезд по астрономическим наблюдательным данным, могут становиться неприменимыми.

Ключевые слова: комплексное скалярное поле; нейтронное вещество; компактные астрофизические конфигурации

Комплекстүү скалярдык талаадан жана нейтрондук заттан турган компакттуу астрофизикалык конфигурациялар изилденген. Мындай системалар үчүн нейтрондук суюктуктун бетинин акыркы өлчөмдөрүнүн конфигурациясын сүрөттөөчү салыштырмалуулуктун жалпы теориясынын теңдемесинин регулярдык чыгарылышы алынган. Каралып жаткан конфигурациялардын (масса, өлчөмдөр, заттын бөлүштүрүлүүсү) негизги физикалык мүнөздөмөлөрү аныкталган. Изилдөө көрсөткөндөй, астрономиялык байкоолордон алынган жыйынтыктардын негизинде нейтрондук жылдыздардын массасын жана өлчөмүн аныктоо үчүн колдонулган формулалардын аралаш системасы колдонууга болбой тургандыгы аныкталды.

Урунттуу сөздөр: комплекстүү скалярдык талаа; нейтрондук зат; компакттуу астрофизикалык конфигурациялар

Compact astrophysical configurations consisting of a complex scalar field and neutron matter are studied. For such systems, regular solutions to the general-relativistic equations describing configurations with finite sizes of the neutron fluid surface are found. The main physical characteristics of the configurations under consideration are calculated (masses, sizes, matter distributions). It is shown that the formulae employed for determining masses and sizes of neutron stars using astronomical observational data may become inapplicable for the mixed systems in question.

Keywords: complex scalar field; neutron matter; compact astrophysical configurations

I. Введение

Несмотря на то, что в настоящее время имеется только одна экспериментально открытая элементарная скалярная частица - бозон Хиггса, - считается, что в природе могут также существовать и другие типы фундаментальных скалярных полей. Такие поля широко используются в физике элементарных частиц, а также при моделировании различных типов компактных астрофизических объектов и при описании космологической эволюции ранней и современной Вселенной. В частности, действительные и комплексные скалярные поля применяются при конструировании

моделей гравитирующих конфигураций - так называемых бозонных звёзд [1-4]. В зависимости от массы и величины самодействия таких скалярных полей, получающиеся бозонные звёзды могут быть как микроскопическими, так и обладающими массами и размерами, сравнимыми с характеристиками других компактных объектов (например, нейтронных звёзд и чёрных дыр).

Однако можно представить себе ситуацию, когда бозонные звёзды содержат помимо скалярных полей и другие формы материи. Это может быть, например, нейтронное (барионное) вещество, которое входит в состав нейтронных звёзд. Получающиеся при этом смешанные конфигурации «скалярное поле плюс нейтронное вещество» будут обладать некоторыми специфическими особенностями, позволяющими отличать их от как от чисто бозонных систем, так и от обычных нейтронных звёзд [5-7].

В данной статье мы рассматриваем одну из таких возможностей, когда компактная астрофизическая система состоит из комплексного скалярного поля и нейтронного вещества. Нашей целью является выяснение возможности получения регулярных решений уравнений Эйнштейна, описывающих конфигурации с конечными размерами нейтронной жидкости. Для такого случая мы рассчитываем соответствующие физические характеристики смешанных объектов (массы, размеры, величины центрального и поверхностного красного смещения) и выясняем наблюдательные отличия таких систем от обычных нейтронных звёзд.

Для этого в разделе II мы выводим соответствующие гравитационные уравнения в рамках общей теории относительности. В разделе III описывается методика определения масс и размеров нейтронных звёзд на основе данных астрономических наблюдений. В разделе IV уравнения из раздела II решаются численно, и мы получаем основные физические характеристики рассматриваемых смешанных систем и сравниваем их с характеристиками обычных нейтронных звёзд. В заключительном разделе V мы суммируем полученные результаты.

II. Общие уравнения

Мы рассматриваем модель гравитирующих комплексного скалярного поля и нейтронного вещества. Для такой системы действие имеет вид

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left[-\frac{c^4}{16\pi G} R + \frac{1}{2} [g^{\mu\nu} \partial_\mu \Phi^* \partial_\nu \Phi - V(|\Phi|^2)] - p \right]. \quad (1)$$

Здесь Φ есть комплексное поле с потенциальной энергией $V(|\Phi|^2)$, а p - давление нейтронного вещества. Это действие инвариантно относительно глобального фазового преобразования $\Phi \rightarrow e^{i\theta} \Phi$, что предполагает сохранение генератора N , соответствующего полному числу частиц.

Варьируя действие (1) по метрике, можно получить уравнения Эйнштейна с тензором энергии-импульса

$$T_\nu^\mu = \frac{1}{2} g^{\mu\sigma} (\partial_\sigma \Phi^* \partial_\nu \Phi + \partial_\sigma \Phi \partial_\nu \Phi^*) - \frac{1}{2} \delta_\nu^\mu (g^{\lambda\sigma} \partial_\lambda \Phi^* \partial_\sigma \Phi - V) + (\varepsilon + p) u_\mu u^\nu - \delta_\nu^\mu p, \quad (2)$$

где ε есть плотность энергии жидкости, а u_μ - её 4-скорость. В свою очередь, варьируя (1) по скалярному полю, получим полевое уравнение для скалярного поля Φ :

$$\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x^\mu} \left[\sqrt{-g} g^{\mu\nu} \frac{\partial \Phi}{\partial x^\nu} \right] = -\frac{dV}{d|\Phi|^2} \Phi. \quad (3)$$

Нашей целью будет исследование равновесных решений этих уравнений. Для этого воспользуемся сферически-симметричной метрикой

$$ds^2 = e^\nu (dx^0)^2 - e^\lambda dr^2 - r^2 d\Omega^2, \quad (4)$$

где ν и λ есть функции радиальной координаты r , $x^0 = ct$, а $d\Omega^2$ - метрика на единичной 2-сфере.

В случае отсутствия нейтронного вещества (т.е. когда $\varepsilon = p = 0$) можно получить хорошо известные решения, описывающие бозонные звёзды (общий обзор таких

конфигураций см., например, в работах [3,4]).

Здесь мы рассмотрим случай локализованных решений при наличии нейтронной материи. При этом для получения не зависящих от времени уравнений Эйнштейна мы выберем для комплексного скалярного поля следующий гармонический анзац:

$$\Phi(x^0, r) = \phi(r)e^{-i\omega x^0}. \quad (5)$$

Как и в случае с бозонными звёздами этот анзац обеспечивает статичность пространства-времени рассматриваемой системы.

Используемый анзац приводит к следующей системе уравнений (Эйнштейна и для скалярного поля):

$$-e^{-\lambda} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{\lambda'}{r} \right) + \frac{1}{r^2} = \frac{8\pi G}{c^4} T_0^0 = \frac{8\pi G}{c^4} \left[\varepsilon + \frac{1}{2} \left(e^{-\lambda} \phi'^2 + \frac{\omega^2}{c^2} e^{-\nu} \phi^2 + V \right) \right], \quad (6)$$

$$-e^{-\lambda} \left(\frac{1}{r^2} + \frac{\nu'}{r} \right) + \frac{1}{r^2} = \frac{8\pi G}{c^4} T_1^1 = \frac{8\pi G}{c^4} \left[-p + \frac{1}{2} \left(-e^{-\lambda} \phi'^2 - \frac{\omega^2}{c^2} e^{-\nu} \phi^2 + V \right) \right], \quad (7)$$

$$-\frac{1}{2} e^{-\lambda} \left(\nu'' + \frac{1}{2} \nu'^2 + \frac{\nu' - \lambda'}{r} - \frac{1}{2} \nu' \lambda' \right) = \frac{8\pi G}{c^4} T_2^2 = \frac{8\pi G}{c^4} \left[-p + \frac{1}{2} \left(e^{-\lambda} \phi'^2 - \frac{\omega^2}{c^2} e^{-\nu} \phi^2 + V \right) \right], \quad (8)$$

$$\phi'' + \left[\frac{2}{r} + \frac{1}{2} (\nu' - \lambda') \right] \phi' + e^{\lambda} \left(\frac{\omega^2}{c^2} e^{-\nu} - \frac{dV}{d|\Phi|^2} \right) \phi = 0. \quad (9)$$

Здесь и далее штрих обозначает производную по радиальной координате. В зависимости от формы потенциальной энергии V и граничных условий можно получить различные локализованные равновесные решения путём численного решения этой системы уравнений. Здесь мы выберем известную из литературы потенциальную энергию в форме [8]:

$$V = \frac{m^2 c^2}{\hbar^2} |\Phi|^2 + \frac{1}{2} \frac{\bar{\lambda}}{\hbar c} |\Phi|^4,$$

где m есть масса частицы скалярного поля, $\bar{\lambda}$ - константа самодействия.

Для полного описания системы необходимо ввести уравнение состояния, связывающее плотность энергии вещества с давлением. Здесь мы воспользуемся простейшей политропной зависимостью [9]:

$$p = k\rho^\gamma, \quad \varepsilon = \rho c^2, \quad (10)$$

где ρ есть плотность жидкости, а параметры политропы выбираются следующими: $\gamma = 2$ и $k = 6,67 \times 10^4 \text{ см}^5 \text{ г сек}^2$. Используя это уравнение состояния в уравнении гидростатического равновесия жидкости

$$\frac{dp}{dr} = -\frac{1}{2} (\varepsilon + p) \frac{d\nu}{dr},$$

можно получить

$$2\sigma(n+1) \frac{d\theta}{dr} = -(1 + \sigma\theta) \frac{d\nu}{dr}, \quad (11)$$

где введены $\theta = \rho/\rho_c$ (ρ_c - центральная плотность жидкости) и релятивистский параметр $\sigma = k\rho_c^{1/n}/c^2$ [здесь $n = 1/(\gamma - 1)$].

Далее, вводим новую переменную $M(r)$, соответствующую текущей массе рассматриваемой конфигурации: $e^{-\lambda} = 1 - 2GM(r)/(c^2 r)$. Подставляя это выражение в (6), получим

$$\frac{dM}{dr} = \frac{4\pi}{c^2} r^2 T_0^0. \quad (12)$$

В итоге моделирование рассматриваемой системы будет выполняться с использованием уравнений (7), (9), (11) и (12). Для их численного интегрирования удобно ввести следующие безразмерные переменные:

$$x = r/\lambda_c, \quad \Omega = \frac{\lambda_c}{c} \omega, \quad \Lambda = \frac{\bar{\lambda} \hbar c}{4\pi G m^2}, \quad \varphi = \frac{\sqrt{4\pi G}}{c^2} \phi,$$

где $\lambda_c = \hbar/(mc)$ есть приведенная длина волны Комптона для скалярной частицы с массой m . В этих переменных имеем:

$$T_0^0 = \frac{c^4}{8\pi G \lambda_c^2} (B\theta^n + e^{-\lambda}\varphi'^2 + \Omega^2 e^{-\nu}\varphi^2 + \tilde{V}), \quad (13)$$

$$T_1^1 = \frac{c^4}{8\pi G \lambda_c^2} (-B\sigma\theta^{n+1} - e^{-\lambda}\varphi'^2 - \Omega^2 e^{-\nu}\varphi^2 + \tilde{V}), \quad (14)$$

где безразмерные $\tilde{V} = \varphi^2 + (\Lambda/2)\varphi^4$ и $B = 8\pi G \rho_c \lambda_c^2 / c^2$. Также вводим безразмерную текущую массу $v(x) = 2G M(r)/(\lambda_c c^2)$. Тогда уравнение (12) примет окончательный вид:

$$\frac{dv}{dx} = x^2 (B\theta^n + e^{-\lambda}\varphi'^2 + \Omega^2 e^{-\nu}\varphi^2 + \tilde{V}), \quad (15)$$

где теперь $e^{-\lambda} = 1 - v(x)/x$. В свою очередь уравнение (7) даёт:

$$-e^{-\lambda} \left(\frac{1}{x^2} + \frac{v'}{x} \right) + \frac{1}{x^2} = -B\sigma\theta^{n+1} - e^{-\lambda}\varphi'^2 - \Omega^2 e^{-\nu}\varphi^2 + \tilde{V}. \quad (16)$$

Уравнение (11) остаётся прежним (лишь с заменой $r \rightarrow x$), а уравнение (9) примет вид:

$$\varphi'' + \left\{ \frac{2}{x} + \frac{1}{2} \left[v' + \frac{e^\lambda}{x} (v - v') \right] \right\} \varphi' + e^\lambda (\Omega^2 e^{-\nu} - 1 - \Lambda\varphi^2) \varphi = 0. \quad (17)$$

Полученная система уравнений (11), (15)-(17) решается численно с заданием следующих граничных условий в окрестности центра конфигурации:

$$v \approx v_c + \frac{1}{2}v_2x^2, \quad \varphi \approx \varphi_c + \frac{1}{2}\varphi_2x^2, \quad v \approx \frac{1}{3}v_3x^3, \quad \theta \approx \theta_c + \frac{1}{2}\theta_2x^2, \quad (18)$$

где индекс «с» соответствует центральным значениям переменных. Входящие сюда коэффициенты разложения есть:

$$v_3 = B\theta_c^n + \Omega^2 e^{-\nu_c}\varphi_c^2 + \tilde{V}_c, \quad \theta_2 = -\frac{1 + \sigma\theta_c}{2\sigma(n+1)}v_2, \\ v_2 = 2(B\sigma\theta_c^{n+1} + \Omega^2 e^{-\nu_c}\varphi_c^2 - \tilde{V}_c), \quad \varphi_2 = \frac{1}{3}(1 + \Lambda\varphi_c^2 - \Omega^2 e^{-\nu_c})\varphi_c. \quad (19)$$

При выполнении расчётов значения коэффициентов v_c и φ_c подбираются таким образом, чтобы обеспечить регулярные асимптотически плоские решения. Это подразумевает, что плотность энергии скалярного поля на бесконечности должна стремиться к 0. В свою очередь, плотность энергии и давление жидкости зануляются при конечных значениях радиуса $x = x_b$, что соответствует наличию границы жидкости. Без потери общности в дальнейшем можно положить параметр $\theta_c = 1$.

III. Определение масс и радиусов нейтронных звёзд из астрономических наблюдений

Для нейтронных звёзд характерны сильные поля тяготения. Это приводит к тому, что электромагнитное излучение, испускаемое с поверхности таких звёзд, испытывает большое гравитационное красное смещение, что позволяет оценивать их размеры и массы по анализу теплового спектра.

Здесь мы рассмотрим упрощённую ситуацию, когда спектр предполагается чисто планковским, а также пренебрегается межзвёздным поглощением излучения и возможными неоднородностями распределения температуры по поверхности звезды [10]. В этом случае по положению спектрального максимума можно определить эффективную температуру T_{eff}^∞ , регистрируемую удалённым наблюдателем. В свою очередь, по измерению интенсивности излучения можно вычислить полный (боллометрический) поток F_{bol}^∞ , регистрируемый наблюдателем на Земле. При этом, если звезда находится на расстоянии D от Земли, то её видимая светимость определяется как $L_\gamma^\infty = 4\pi D^2 F_{bol}^\infty$. Учитывая, что по закону Стефана-Больцмана $L_\gamma^\infty = 4\pi\sigma_{SB}R_\infty^2(T_{eff}^\infty)^4$ (здесь R_∞ - видимый радиус звезды для удалённого наблюдателя, σ_{SB} - постоянная Стефана-Больцмана), можно найти:

$$R_{\infty}^2 = \frac{D^2 F_{bol}^{\infty}}{\sigma_{SB} (T_{eff}^{\infty})^4}. \quad (20)$$

С другой стороны, зная из наблюдений величину гравитационного красного смещения z_g на поверхности звезды, имеем

$$R_{\infty} = \frac{R}{\sqrt{1-r_g/R}}, \quad (21)$$

где r_g есть гравитационный радиус звезды, а R - радиус, определяемый длиной экватора $2\pi R$ в локально инерциальной системе отсчёта. Воспользовавшись этим выражением и учитывая (20), можно получить

$$R = \frac{R_{\infty}}{1+z_g} = \sqrt{\frac{D^2 F_{bol}^{\infty}}{\sigma_{SB} (T_{eff}^{\infty})^4}} \frac{1}{1+z_g}. \quad (22)$$

Это выражение позволяет определить экваториальный радиус звезды по имеющимся данным астрономических наблюдений. Этот же радиус может быть получен из теоретических расчётов, что позволяет выполнять их сравнение с характеристиками реальных нейтронных звёзд (см. в разделе IV).

Выведем теперь формулу для определения массы звезды по наблюдательным данным. Для этого воспользуемся выражением (21), откуда имеем $r_g = R \left[1 - \left(\frac{R}{R_{\infty}} \right)^2 \right]$. Учитывая, что $r_g = 2GM/c^2$, из этого выражения можно найти

$$M = \frac{c^2}{2G} R \left[1 - \left(\frac{R}{R_{\infty}} \right)^2 \right]. \quad (23)$$

В свою очередь, используя выражение для красного смещения

$$z_g \equiv \frac{\omega_0}{\omega_{\infty}} - 1 = \left(1 - \frac{r_g}{R} \right)^{-1/2} - 1,$$

можно переписать (21) как $R = R_{\infty}/(1+z_g)$. Подставляя это в (23) и учитывая (22), получим

$$M = \frac{c^2}{2G} \sqrt{\frac{D^2 F_{bol}^{\infty}}{\sigma_{SB} (T_{eff}^{\infty})^4}} \frac{z_g(z_g+2)}{(1+z_g)^3}. \quad (24)$$

Эта формула позволяет по имеющимся данным астрономических наблюдений определить массу нейтронной звезды.

IV. Результаты численных расчётов

Мы численно решали систему уравнений (11), (15)-(17) с граничными условиями (18). Для простоты был рассмотрен случай отсутствия самодействия, т.е. полагалось $\Lambda = 0$. Наша цель - сравнить физические характеристики двух систем: обычной нейтронной звезды (без скалярного поля) и системы «нейтронная звезда плюс комплексное скалярное поле». Для выполнения такого сравнения найдем максимальную массу и радиус нейтронной звезды, которые для используемого здесь уравнения состояния (10) составляют $M_{NS} \approx 1,35M_{\odot}$ и $R_{NS} \approx 7,5$ км соответственно. Теперь, подбирая свободные параметры смешанной системы «нейтронная звезда плюс скалярное поле», можно найти такие характеристики рассматриваемых систем, которые будут сопоставимы с указанными выше характеристиками обычной нейтронной звезды. Результаты расчётов представлены в таблице 1.

φ_c	x_b	Ω	v_c	z_c	v_b	z_b	M_{tot}	M_{xb}	M_b	R, κ
Нейтронная звезда без скалярного поля										
-	1.88 52	-	- 2.16572	1.95 311	- 0.75625	0.45 95	1.35 28	1.35 28	1.56 24	7.52 08
Смешанная система при $m = 10^{-20}$ ГэВ										
0.07	0.38 05	0.97 8	- 2.22969	2.04 91	- 0.8202	0.50 69	1.23 80	1.34 95	1.79 51	7.50 61
Смешанная система при $m = 10^{-21}$ ГэВ										
0.27 1	0.03 808	0.85 859	- 2.89212	3.24 636	- 1.48278	1.09 886	31.0 615	1.35 034	1.79 891	7.51 085
Смешанная система при $m = 10^{-22}$ ГэВ										
0.27 1	0.00 3809	0.85 342	- 2.91671	3.29 887	- 1.50724	1.12 468	317. 683	1.35 065	1.80 004	7.51 4

Таблица 1 – Рассчитанные данные для рассматриваемых систем. Массы конфигураций даны в массах Солнца. M_{xb} – масса, заключённая внутри поверхности жидкости.

Отметим, что для всех рассматриваемых здесь систем берётся одно и то же центральное значение плотности нейтронного вещества $\rho_c = 5,7 \times 10^{15} \text{ г см}^{-3}$. При этом численные расчёты показывают, что основной вклад в полную плотность энергии внутри звезды даётся нейтронной жидкостью. Тогда, учитывая, что $B \sim m^{-2}$ [см. после уравнения (14)], распределение плотности энергии также масштабируется обратно пропорционально квадрату m . В этой связи получается, что массы в пределах видимой поверхности одинаковые, но полные массы сильно различаются за счёт того, что скалярное поле даёт существенный вклад при больших x . Соответствующие распределения скалярного поля и нейтронного вещества по радиусу конфигураций представлены на рис. 1.

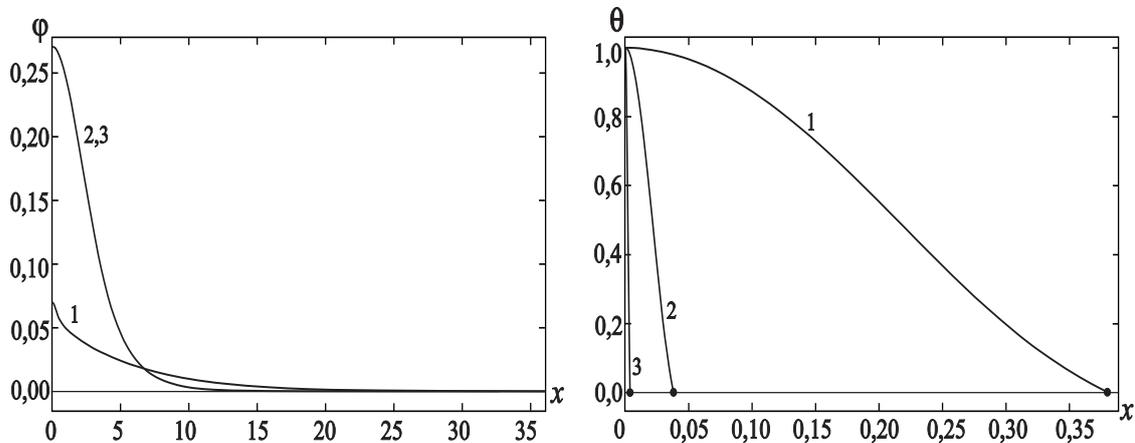


Рисунок 1 - Распределения скалярного поля (левый рисунок) и плотности нейтронного вещества (правый рисунок) для различных значений массы кванта скалярного поля m . Кривые, обозначенные цифрой 1 соответствуют $m = 10^{-20}$ ГэВ, цифрой 2 - $m = 10^{-21}$ ГэВ, цифрой 3 - $m = 10^{-22}$ ГэВ. Точками на правом рисунке обозначено положение границы нейтронной жидкости x_b (видимой поверхности звезды). Асимптотически при $x \rightarrow \infty$ скалярное поле стремится к 0 для всех конфигураций.

Для выполнения сравнения мы выбрали конфигурации, содержащие приблизительно одинаковое количество барионов, т.е. системы с сопоставимой барионной массой M_b , которая рассчитывается согласно формуле $M_b = 4\pi\rho_c\lambda_c \int_0^{x_b} \theta^n e^{\lambda/2} x^2 dx$.

В этом случае количество излучающего вещества одинаково для всех рассматриваемых объектов, а различия в спектре излучения обусловлены только наличием скалярного поля. Из анализа полученных результатов теоретических расчётов видно, что величина поверхностного красного смещения z_b рассматриваемых смешанных объектов существенно определяется массой кванта скалярного поля m . Для наших целей мы выбирали величины $m \sim 10^{-20} - 10^{-22}$ ГэВ, которые часто используются в литературе при моделировании бозонных звёзд. Как видно из таблицы, величина z_b минимальна для чисто нейтронной звезды и заметно растёт по мере уменьшения m в случае смешанной системы. В свою очередь, масса вещества (нейтронная материя плюс скалярное поле), заключённая внутри видимой поверхности звезды с радиусом $R \approx 7,5$ км, остаётся приблизительно одинаковой ($M \approx 1,35M_\odot$) для всех систем. При этом полная масса конфигураций со скалярным полем быстро растёт с уменьшением m , достигая $M_{tot} \sim 300M_\odot$ при $m = 10^{-22}$ ГэВ.

Из полученных результатов следует, что системы, обладающие приблизительно одинаковыми барионной массой и массой, заключённой в радиусе видимой поверхности нейтронного вещества, могут обладать сильно отличающимися поверхностными красными смещениями и полными массами в зависимости от того, каков тип (масса) частиц скалярного поля. Поскольку число барионов в таких смешанных системах приблизительно равно числу барионов у обычных нейтронных звёзд, то можно ожидать, что их излучательная способность (т.е. величины T_{eff}^∞ и F_{bol}^∞) будет близкой к нейтронным звёздам. Однако, поскольку поверхностные красные смещения смешанных систем и чисто нейтронных звёзд сильно отличаются (см. таблицу), то формулы (22) и (24) будут уже давать существенно отличные результаты для объектов различного типа. Тогда на основании этих формул можно было бы заключить, что у смешанных систем размеры видимой поверхности нейтронной жидкости и массы, сосредоточенные в них, сильно отличаются от характеристик обычных нейтронных звёзд. Поскольку это не так, то для смешанных систем эти выражения уже перестают быть справедливыми. В этой связи при выполнении оценок масс и размеров на основе наблюдательных астрономических данных у конфигураций, внешне похожих на нейтронные звёзды, необходимо принимать во внимание, что в таких системах, помимо барионов, могут присутствовать и другие типы вещества, кардинально меняющие некоторые наблюдательные характеристики.

V. Заключение

В статье рассмотрены смешанные системы, состоящие из нейтронного (барионного) вещества, моделируемого политропным уравнением состояния, и комплексного скалярного поля. Описание таких систем выполнялось в рамках общей теории относительности А. Эйнштейна, позволяющей моделировать сильные гравитационные поля рассматриваемых объектов.

Основной целью работы являлось выявление наблюдательно проявляемых различий между обычными нейтронными звёздами (моделируемыми тем же уравнением состояния) и смешанными системами. Для этого выполнялось сравнение основных характеристик исследуемых компактных астрофизических объектов. А именно, параметры смешанных конфигураций подбирались таким образом, чтобы радиусы видимого (нейтронного) вещества и массы, заключённые внутри этих радиусов, были одинаковыми у обычной нейтронной звезды и смешанных систем. При этом, поскольку число барионов у всех рассматриваемых систем приблизительно одинаково, можно ожидать, что излучательная способность их поверхностей также будет сопоставимой.

В такой постановке задачи мы показали, что использование известных из литературы формул для определения масс и радиусов нейтронных звёзд из данных астрономических наблюдений требует осторожности. Это связано с тем, что даже если

имеются два объекта, обладающие одинаковыми теоретически рассчитанными массами, радиусами, поверхностными потоками плотности излучения и температурой, они могут обладать различными красными смещениями. Это приводит к тому, что определение наблюдательных масс и размеров по формулам (22) и (24) будет давать различные результаты, в зависимости от того, какое вещество и сколько его добавлено в такие конфигурации (в нашем случае - комплексное скалярное поле).

Благодарности

Авторы выражают благодарность В. Фоломееву за обсуждение постановки задачи и полученных результатов.

Список цитируемых источников

1. Jetzer P. Bosonstars. // Phys. Rep. -1992. –V. 220. P.163.
2. Lee T. D. and Pang Y. Nontopological solitons. // Phys. Rep. -1992. –V. 221. P.251.
3. Schunck F. E. and Mielke E. W. General relativistic boson stars. // Classical Quantum Gravity - 2003. –V.20: R301.
4. Liebling S. L. and Palenzuela C. Dynamical Boson Stars. // Living Rev. Relativity -2012. –V.15. P.6.
5. Henriques A. B., Liddle A. R. and Moorhouse R. G. Combined Boson-Fermion Stars. // Phys. Lett. -1989. –V. B233. P.99.
6. Henriques A. B., Liddle A. R. and Moorhouse R. G. Combined Boson-Fermion Stars: Configurations and Stability. // Nucl. Phys. -1990. –V.B337. P.737-761.
7. Jetzer P. Stability of Combined Boson-Fermion Stars. // Phys. Lett. -1990. –V.B243. P.36-40.
8. Colpi M., Shapiro S. L., and Wasserman I. Boson Stars: Gravitational Equilibria of Selfinteracting Scalar Fields. // Phys. Rev. Lett. -1986. –V.57. P.2485-2488.
9. Horvat D., Ilijic S. and Marunovic A. Radial pulsations and stability of anisotropic stars with quasi-local equation of state. // Class. Quant. Grav. -2011. –V.28:025009. – 15 p.
10. Potekhin A. Y. The physics of neutron stars. // Phys. Usp. -2010. –V.53.P.1235-1256.

Рецензенты: *Фоломеев В.Н. - доктор физико-математических наук, профессор НАН КР*
Урусов Р.М. - доктор физико-математических наук, профессор НАН КР

УДК: 53:548

Осмоналиев К. О., Смаилова Н. К.
КНУ им. Ж.Баласагына, Бишкек
Osmonaliyev K. O., Smailova N. K.
J. Balasagyn KNU, Bishkek

Специфические особенности распада элементарных возбуждений в модельных объектах

Моделдик түзүлүштөрдөгү элементардык дүүлүгү ажыроосунун спецификалык өзгөчөлүктөрү

Specific features of the decay of elementary excitations in model objects

На примере чистых и примесных KI и RbI выяснена специфика излучательного и безызлучательного распада экситонов, электронов и дырок в группе ионных кристаллов с малой эффективностью радиационного дефектообразования. Экспериментально показан эффект атермической низкотемпературной диссоциации экситонов на примеси.

Ключевые слова: кристалл; дефект; экситон; центры окраски; автолокализация.

Таза жана кошулмалуу KI менен RbI кристаллдарынын мисалында экситондордун, электрондор менен көңдөйчөлөрдүн нурданган жана нурданбаган ажыроолорунун аз эффективдүү радиациялык дефекттерди түзгөн объекттер катары алардын өзгөчөлөнгөн табияты изилденген. Экситондордун кошулма иондогу диссоциациясынын атермикалык эффекти тажрыйбада көрсөтүлгөн.

Урунттуу сөздөр: кристалл; дефект; экситон; боё борборлору; автолокализация.

The specificity of the radiative and nonradiative decay of excitons electrons and holes in the group of ionic crystals with a low efficiency of radiative defect formation is elucidated on the example of pure and impurity KI and RbI. The effect of a thermal low temperature dissociation of excitons on an impurity is shown experimentally.

Keywords: crystal; defect; exciton; color centers; autolocalization.

Введение. Современные достижения в развитии ядерной энергетики, лазерной и космической техники предопределили появление нового этапа в развитии исследований взаимодействия излучения с веществом, направленного на решение проблемы радиационной стойкости различного рода материалов и, как следствие, прогнозирования их поведения в полях ионизирующих излучений различных мощностей.

С другой стороны, создание и развитие активных сред оптических и электроннолучевых запоминающих устройств для записи информации, совершенствование детекторов ионизирующих излучений требует решения проблемы радиационной чувствительности материалов, направленной на разработку новых соединений, радиационная чувствительность которых выше, чем у существующих материалов.

Эти задачи могут быть решены на основе ясного понимания механизмов процесса создания и стабилизации радиационных дефектов (РД).

Исследования столь сложных процессов в первую очередь должны проводиться на модельных системах, в частности, на простых по структуре и хорошо изученных щелочногалогенидных кристаллах (ЩГК), которые вместе с металлами, полупроводниками и другими диэлектриками являются прикладными материалами. Проблема поиска и изучения различных свойств элементарных возбуждений в твердых телах (электронов, дырок, экситонов, фононов, плазмонов и др.) наталкивается на специфические проявления их поведения, обусловленные строением кристаллических решеток. Специфическое поведение элементарных возбуждений в ЩГК, полупроводниках и металлах особенно резко проявляется при сопоставлении радиационных эффектов, возникающих в них.

Например, дозы облучения, при которых значительно изменяются электрические, оптические, прочностные свойства металлов на много порядков превышают дозы, приводящие к значительному нарушению актуальных физических свойств ЦГК. Для металлов характерен механизм дефектообразования, основанный на модели упругого смещения атомов на узлах кристаллической решетки в междоузлия под действием частиц достаточно больших энергий.

В полупроводниках наряду с механизмом упругого смещения немалый вклад в дефектообразования привносится возбуждением электронной подсистемы. Названные электростатическими механизмы образования дефектов основаны на возникающей электростатической неустойчивости атомной конфигурации при создании заряженных электронных возбуждений.

В ЦГК ситуация совершенно другая. Здесь основной механизм создания радиационных дефектов связывают с рождением пар дефектов Френкеля (ПДФ) при распаде автолокализующихся экситонов (АЛЭ) и рекомбинации электронов и дырок [1].

Постановка задачи. Цель настоящей работы заключается в том, чтобы на примере чистых и легированных кристаллов KI и RbI выяснить специфику излучательного распада экситонов и излучательных и безызлучательных рекомбинаций электронов и дырок в группе ЦГК с малой эффективностью радиационного дефектообразования.

Материалы и методы исследования. При решении поставленной задачи были изучены максимально чистые кристаллы и кристаллы, легированные изоморфными примесями (Na^+ , Rb^+ , Br^+ и др.).

Мы использовали высокочувствительную люминесцентную методику обнаружения и изучения анионных ПДФ. Учитывая высокую радиационную устойчивость монокристаллов иодидов, мы наряду с вакуумной ультрафиолетовой радиацией применяли для облучения и источник рентгеновской радиации. Особое внимание было уделено исследованию мало изученных процессов создания отжига долгоживущих анионных пустых узлов (вакансий) – так называемых α – центров и междоузельных ионов (интерстициалов)- I – центров [2].

Для KI возможность создания F– центров ВУФ – радиацией изучена в [3]. При 80 К спектра создания F – центров охватывают область экситонных и межзонных переходов, а также область 13эВ, где энергия горячих фотоэлектронов достаточна для рождения вторичных экситонов [1].

Результаты исследования. Мы предприняли попытку создать ВУФ – радиацией в KI α – центры. Эксперимент при 4,2 К по созданию α , I-пар при распаде создаваемых оптически экситонов оказался очень трудным. Лишь после максимально интенсивного и длительного (2 часа) облучения KI фотонами 5,97эВ с трудом удалось зафиксировать крайне слабый сигнал α - люминесценции. Спектр возбуждения выделенного над фоном свечения до облучения приведен на рис. 1а (кривая 2). Максимум α - возбуждения 5,2эВ соответствует полосепоглощения α -центров [4]. В облученных кристаллах KI при стимуляции фотонами 5,2эВ возникает α - люминесценция 2,23эВ, интенсивность которой при малых коэффициентах поглощения пропорциональна α -поглощению (рис.1) и, следовательно, числу анионных вакансий. Следует отметить, что нагрев кристалла до 130 К повышает эффективность создания α -центров. Спектр излучения созданных облучением при 130 К α -центров после охлаждения до 4,2 К приведен на рис. 1а (кривая 3). Как видно, он имеет максимум при 2,23эВ. Люминесценция α -центров, созданных X-радиацией в KI , была так же измерена.

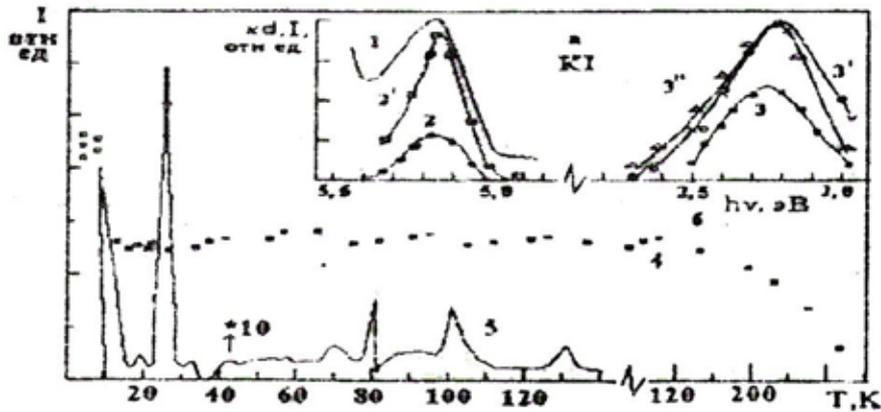


Рис.1. Оптические (а) и термоактивационные (б) характеристики α -центров в KI

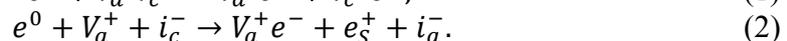
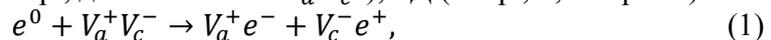
На рис.1а (кривые 3 и 3'') проиллюстрированы результаты этих измерений: приведены спектры α -центров, созданных при различных температурах (4,2; 40 и 70 К), причем замечено, что максимум полосы α -свечения (2,23эВ) при создании α -центров при $T \geq 100$ К сдвигается в коротковолновую сторону на 20-30мэВ. Попытка зарегистрировать создание α -центров при распаде оптически созданных e^-e^+ -пар ($h\nu_b=7.7\text{эВ}$) при 4,2 К не увенчалась успехом из-за слабой окрашиваемости KI при этих условиях.

Ряд экспериментов был осуществлен нами KI-Na. При возбуждении KI-Na при 4,2 К фотонами 5,97эВ возникает люминесценция α -центров, возбуждаемая в полосе поглощения с максимумом 5,2эВ. Аналогичный эксперимент при 120 К и возбуждении фотонами 6,05эВ дает еще более сильный сигнал α -люминесценции. Следует отметить, что возрастание эффективности создания α -центров при 120 К совпадает с областью теплового тушения свечения триплетного АЛЭ и это совпадение вряд ли случайно.

При 4,2 К распад оптически созданных экситонов приводит к рождению не только α -центров, но и F- центров. Кристалл KI при 4,2 К 2 часа облучался фотонами 5,97эВ и после этого стимулировался фотонами 1,87эВ (в F – полосе поглощения, см. [4]). При этом монохроматором была выделена люминесценция – 3,31эВ.

При рекомбинационном создании экситонов ($h\nu_b=7.70\text{эВ}$) распад последних приводит к созданию F- центров, однако, как отмечено выше, α -центры практически не создаются.

В кристалле KI-На после возбуждения при 4,2 К фотонами 5,97эВ, создающими свободные экситоны (СЭ) по стимуляции фотонами 1,87эВ свечения АЛЭ, мы зафиксировали слабое создание F- центров. Слабое создание F- центров зарегистрировано также и при облучении кристалла фотонами 5,82эВ, которые возбуждают экситоны около ионов Na^+ , и при облучении фотонами 5,75эВ, которые преимущественно возбуждают экситоны около парных ионов натрия - Na^+Na^+ . Эти эксперименты, естественно, еще не доказывают существования в KI низкотемпературного распада экситонов с рождением F, H-пар, так как из-за большой подвижности экситонов в KI при 4,2 К могут возникать вторичные реакции как с дорадиационными дефектами (напр., дивакансиями- $V_a^+V_c^-$), РД (напр., α , I-парами):



При оптическом возбуждении F- центров в случае реакций (1 и 2), может возникать туннельная люминесценция (ТЛ) $e_s^0(V_c^-)$ или e_s^0 .

В работе [5] измерен спектр возбуждения фотостимулированной в F- полосе поглощения люминесценции в области $\sim 3\text{эВ}$ для номинально чистых кристаллов KI при 12 К. Он имеет при 5,75 эВ и пологий бесструктурный спад в области экситонного

поглощения. На этом основании в [5] сделан вывод, что СЭ после автолокализации в регулярных участках решетки испытывают распад с рождением F, H-пар. Если это так, то остается непонятным отсутствие на кривой создания F, H-пар коротковолнового максимума в области спада экситонной полосы поглощения. Учитывая известные нам данные о загрязненности KI ионами натрия и о характеристиках экситонов, локализованных около Na^+ или Na^+Na^+ , к выводу работы [5] следует отнестись с осторожностью. По нашим данным, именно в области 5,75эВ велика вероятность создания экситонов, локализованных как около ионов Na^+ , так и около парных ассоциаций Na^+Na^+ . Как показано нами ниже, такие возбуждения испытывают диссоциацию с образованием V_{KA} - и F – центров, оптическая стимуляция последних и приводит к появлению свечения 3,0эВ.

Используя высокочувствительную методику регистрации α , I-пар по люминесценции, возбуждаемой в α - полосе поглощения, мы довольно легко зарегистрировали отжиг α , I-пар в кристалле KI, облученном X – радиацией при дозах в сотни раз меньших, чем это необходимо при использовании абсорбционного метода. На рис.1б приведен отжиг наведенной облучением фотостимулированной α - люминесценции в KI. Как видно, около половины созданных радиацией вакансий отжигается лишь при 220-260 К. Отжиг α , I-пар в кристалле KI высокой чистоты осуществляется, по крайней мере, в несколько четко разделенных стадий в области 8-13; 21-26 и 220-260 К.

На рис. 1б приведена также кривая интегральной термостимулированной люминесценции (ТСЛ) облученного X – радиацией при 4,2 К KI. Характерные пики зарегистрированы при 12,2; ~20,5; 25,7; 33; 60; 72; 87; 100 и 130 К. на кривой ТСЛ KI хорошо выложены пики 12,2 и 25,7 К. они соответствуют двум основным стадиям низкотемпературного отжига α - центров (см. рис. 1б) и связаны с прыжковой диффузией междоузельных ионов галоида – I центров, так как при нагреве I – центры становятся подвижными и рекомбинируют с α - центрами, расположенными на разных расстояниях от стартового положения первых. В работе [6] получена кривая поглощения KI, облученного X – радиацией при 4,2 К в течение 29 часов. Несмотря на такую продолжительность облучения полоса поглощения I-центров не промерялась. Поэтому по аналогии с другими ЩГК [1], и учитывая наши данные, мы заключаем, что при 12,2 К рекомбинируют близкие α - и I-центры (обозначим «близкие» α , I-пар), а при 25,7 К- более далекие α - и I-центры («далекие» α , I-пар). Отметим также, что относительно большему числу отжигаемых «близких» α , I-пар соответствует более слабый пик ТСЛ (12,2 К), а меньшему числу «далеких» α , I-пар соответствует сильный пик ТСЛ (25,7 К). Эта ситуация характерна для всех исследованных ЩГК [1].

Часть I-центров, как и других ЩГК несомненно рекомбинирует с F-центрами. Освобождаясь при этом электроны рекомбинируют с V_K - центрами или захватываются H-центрами и оба эти процесса, в принципе, должны сопровождаться люминесценцией [1]. Поэтому, следуя [7], мы в KI изучили спектральный состав люминесценции пиках ТСЛ. Обнаружено (рис.2), что во всех низкотемпературных пиках в области 8-80 К, включая и пики 12,2 и 25,7 К доминирует только свечение АЛЭ- триплетное (3,31эВ) и синглетное (4,15эВ).

По данным [6], отжиг H-центров, созданных X-радиацией, осуществляется при 15-35 и 50-75 К. Измеренный в [6] отжиг F- и H- центров осуществляется коррелированно и наиболее сильно выражен при ~ 20 К. Однако причина этого осталась невыясненной, как и то, с каких температур начинается термоактивированное движение H- центров.

По нашему мнению, здесь возможны два пути. Во-первых, происходит взаимная рекомбинация F- и H- центров в результате делокализации H- центров с температурой, развивающейся в области ~ 20 К. Во-вторых, в принципе, возможно уменьшение числа

F- и H- центров в результате вторичных процессов. Такими процессами могут быть освобождение электрона по реакции

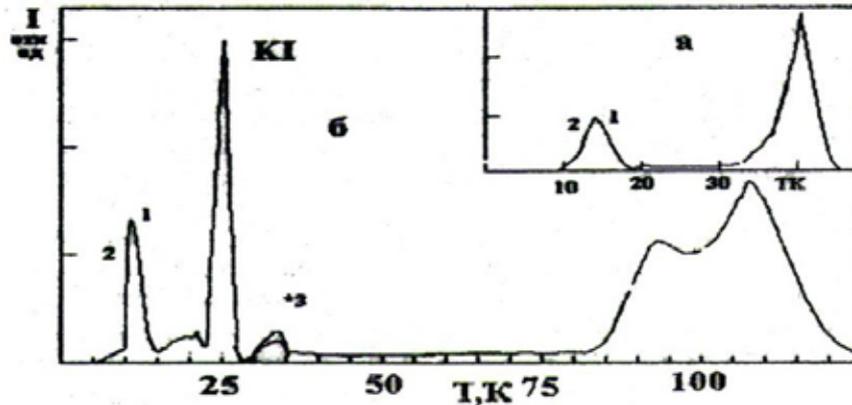
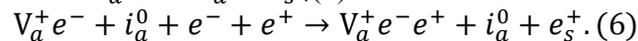
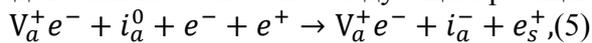


Рис.2. Кривые ТСЛ рентгенизованного при 4.2 К кристалла KI и его последующая рекомбинация с H-центром



Отметим, что часть созданных F, H-пар перезаряжается при X-облучении создаваемыми e^- и e^+ по следующим реакциям:



Рекомбинационные процессы, происходящие в тройках дефектов, естественно, дадут ТСЛ. Наши данные по ТСЛ показывают, что с низкотемпературной стадией отжига Fи H-центров (по [6]) коррелирует четко выраженный пик ТСЛ~20,5 К. Таким образом, если высветить созданные облучением F-центры и вновь снять кривую ТСЛ, то пик ТСЛ~20,5 К должен уменьшиться, если в этой области температур происходит миграция H-центров. Наши данные, приведенные на рис.2а, позволили заключить, что в KIсамая низкотемпературная термоактивированная миграция H-центров происходит в области ~20,5 К.

Как видно из рис.1б, для KIв области ~29,55К имеется серия слабых пиков ТСЛ. Это предположительная область высокотемпературного отжига H-центров. По нашему мнению, слабость пиков ТСЛ по сравнению сI-пиками вызвана малостью числа F^I – центров по сравнению с F-центрами [6]. Аналогичная зависимость имеет место во всех ЩГК. Пики ТСЛ 29-55 К связаны с отжигом далеко отстоящих от других дефектов H-центров. Рекомбинация подвижных H-центров с F^I –центрами приводит к освобождению электронов, которые при взаимодействия с V_k –центрами дают свечение АЛЭ (рис. 2).

По положению пики в области 55-90 К по аналогии с другими ЩГК можно предварительно соотнести с H_A и I_A – стадиями отжига. Эти центры образуются захватом мигрирующих H- и I- центров неконтролируемыми примесями натрия и другими дефектами, которые в KI всегда имеются. Примером может служить появление мощного нового пика ТСЛ 87 К (рис. 3, кривая 3), который связан с введением ионов Li^+ в кристалл KI.

Наконец, пик при 100-108 К, несомненно, соответствует в KI прыжковой диффузии V_k –центров. Как известно, температура делокализации V_k –центров лежит именно в этой области [1]. Отметим, что часть α -центров отжигается лишь при 220-260 К, (см. рис.1б), когда катионные вакансии (V_c^-) становятся подвижными и при ассоциации с анионными вакансиями (V_a^+) превращаются в дивакансии ($V_c^- V_a^+$).

Совершенно отличная от KI картина дефектообразования наблюдается при введении в KI примесей Na^+ или Li^+ . Результаты наших исследований представлены на рис. 3. Как видно из рисунка, введение в KI примеси Na^+ или Li^+ ($5 \cdot 10^{-4}$ мол. долей) приводит при 4,2K к практически полному исчезновению создания коррелированных α , I-пар (сравни с рис. 1б). На кривой отжига α -центров полностью отсутствуют низотемпературные стадии отжига α -центров (8-13, 21-26 K в KI), а на кривой ТСЛ – отсутствуют пики 12,2 и 25,7 к. В меньшем количестве, чем в KI в KI-Na и KI-Li создаются лишь α -центры, отжигающиеся на высокотемпературной стадии отжига 220-260 K. Вместе с тем, в этих кристаллах появились новые пики ТСЛ: в KI-Na-24,7 K, а в KI-Li-30,2 K.

Кроме излучательной аннигиляции экситонов в KI (полосы свечения 4,15 и 3,31 эВ) и распада на ПДФ (α , I и F, H-пары) нами также была обнаружена при низких температурах диссоциация экситонов на $e^- e^+$ -пары. Подробный анализ реакций диссоциации экситонов и их экспериментальных проявлений дан в обзоре [1].

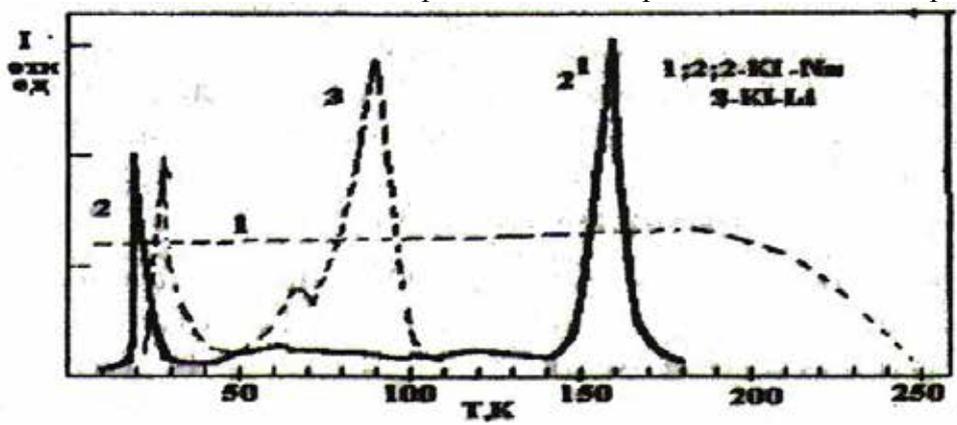


Рис. 3. Отжиг стимулируемый фотонами 5.20 эВ α -люминесценции+и 2.23 эВ (I) для x-облученных (60мин) при 4.2 K кристалла KI-Na.,

Обращено внимание, что диссоциация экситонов в иодидах на примесях может быть существенной. На рис. 4 приведены спектры фотостимулированного в F-полосе поглощения свечения для кристаллов KI-Na и KI-Li при разных температурах, которые отражают рекомбинацию $V_k V_{KA}$ -центров (полоса 3,31 эВ); V_{KA} (Na)-центров (полоса 3,0 эВ) и V_{KA} (Li)-центров (полоса 2,78 эВ) с электронами F-центров, а интенсивность этих полос характеризуют относительно количество дырок, автолокализованных либо в ненарушенной решетке, либо локализованных на ионах Na^+ или Li^+ . Обращает на себя внимание две области температур -4,2-25 K (I) и 50-80 K (II): область (I), где автокализация СЭ затруднена, и они пробегают большие расстояния, и область (II), где автолокализация СЭ облегчена термоактивированными процессами и расстояние пробега СЭ значительно меньше.

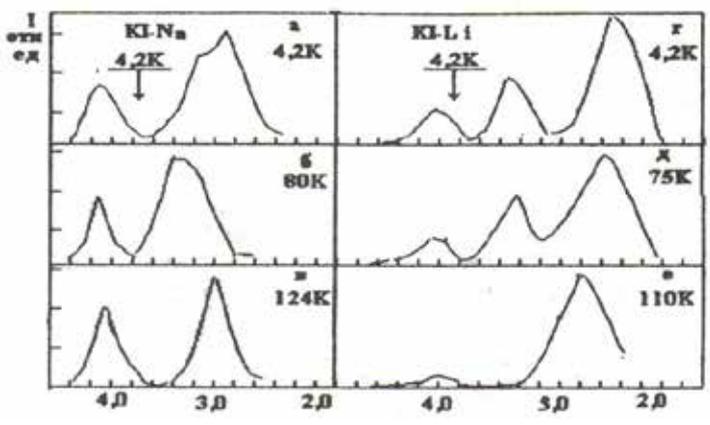


Рис. 4. Нормированные спектры стимулированной в F-полосе поглощения (1,86 эВ) люменценции при 4,4 К кристаллов KI-Na-левая половина и KI-Li-правая половина, рентгенизированных при 4,2 (а,г), 75(д), 80 (б), 110(е) и 124К (е).

Как видно отношение интенсивностей полос 3,31 и 3,0 эВ, а также 3,31 и 2,70 эВ изменяются при переходе из (I)→(II): происходит относительное уменьшение интенсивности примесных полос свечения. Это означает, что происходит уменьшение запаса дырок на примесных центрах (т.е. уменьшение числа V_{KA}). Поскольку, как известно, автолокализация дырок безбарьерна, то этот эффект может быть понят как результат реакции СЭ с примесями, иными словами, как проявление диссоциации экситона на примесях (Na^+ ; Li^+), величина которого зависит от числа экситона, (добарьерно или послебарьерно) локализующихся на них. Последнее четко подтверждается полученными соотношениями интенсивностей полос свечения АЛЭ и экситоноподобных примесных свечений при крайних (актуальных для рассматриваемого эффекта) температурах 4,2 и 70 К в KI-Na и KI-Li (см. Рис. 5).

Таким образом, на примере легированных KI впервые экспериментально доказан эффект атермической низкотемпературной диссоциации экситонов на примеси.

При исследовании процессов создания дефектов в ЩГК обычно обращается внимание на различие эффективности двух основных механизмов создания дефектов Френкеля: рекомбинационного (электронно-дырочного) и экситонного. При этом экситонный механизм создания α , I-пар значительно более эффективен, чем электронно-дырочный [4-7] и этот факт. хорошо подтверждается в хлоридах и бромидов щелочных металлов в работах тартусских физиков (см., например, [1]). Однако, отметим, что электронно-дырочный механизм тем не менее дает заметный вклад в общее число созданных дефектов. Совершенно иная картина наблюдается в кристаллах KI. Рассмотрим физические процессы, демонстрирующие эту ситуацию.

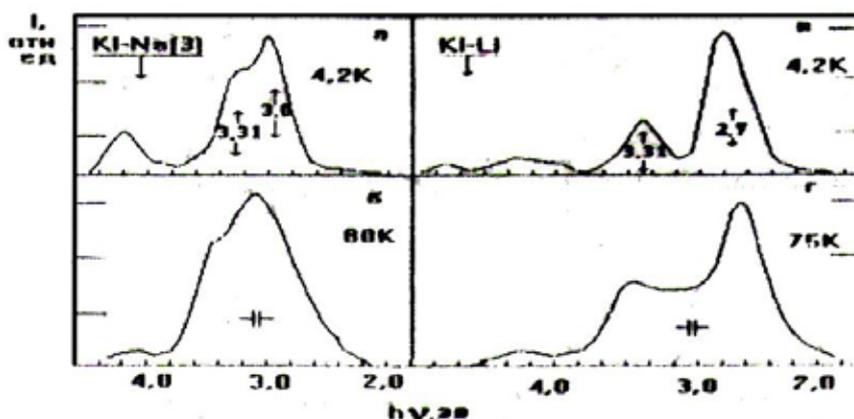


Рис. 5. Нормированные спектры рентгенолюминесценции кристаллов KI-Li-левая половина и KI-Li-правая половина при различных температурах: 4,2 (а,в), 75 (г), 80 (б).

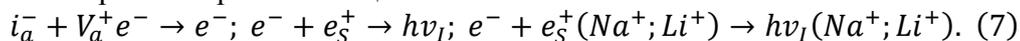
К сожалению, для дискриминации эффективностей электронно-дырочных и экситонных механизмов образование ПДФ в KI мы не могли применить обычно используемый для щелочных хлоридов и бромидов метод селективного облучения кристаллов ВУФ-радиацией в области создания разделенных электронов и дырок и экситонов, поскольку для этого потребовались бы сотни часов облучения при 4,2 К. Поэтому нами был выбран другой путь. Известно [2,7], что X-радиация в KI при 4,2 К, кроме разделенных электронов и дырок, генерирует заметное количество (7-8%) прямо созданных СЭ. Как известно, эти СЭ в отличие от безбарьерно автокализующихся дырок (см. напр., [8]) вследствие барьера для автокализации пробегают по кристаллу значительные расстояния. Этот факт можно использовать для дискриминации двух вышеописанных механизмов дефектообразования, если в

кристалл завести, например, гомологическую катионную примесь (Na^+ или Li^+), на которую будут стекаться практически все СЭ и число актов распада АЛЭ в регулярных узлах решетки будет сведено до минимума. В то же время релаксированный (электронно – дырочный) компонент распада АЛЭ вследствие существенно меньшей длины пробега дырок потенциально будет еще значителен.

Эксперимент показал, что введение в КІ примеси Na^+ и Li^+ , во-первых, приводит (см. рис.3) к полному исчезновению низкотемпературной стадии отжига α -центров (область 8-13 К), а следовательно, (как показано выше) и к созданию «близких» α , I-пар. На кривых ТСЛ (рис. 3) сопутствующий этому отжигу пик также полностью отсутствует. Также отсутствуют стадия и пик ТСЛ 25,7 К, который соотносится с отжигом «далеких» α , I-пар. Введение примесей Na^+ или Li^+ полностью выключило механизм образования «близких» и «далеких» α , I-пар и сопутствующие им вторичные процессы в I, F, V_k - тройках. В то же время, для КІ-Na и КІ-Li, как следует из наших исследований, количество рекомбинационно созданных АЛЭ в регулярных узлах в этих кристаллах значительно и составляет не менее 50% от чистого КІ. И, тем не менее, столь большое число ($V_k + e$)-рекомбинаций практически не участвует в формировании вышеназванных для КІ дефектов Френкеля. Из наших данных, по ТСЛ для КІ и КІ-Na оценка отношения эффективностей электронно-дырочного механизма к экситонному составляет не более 10^{-5} . Отметим также, что в [8] показано, что рекомбинация, V_k -центров созданию Н - центров в пикосекундном диапазоне времен регистрации.

Таким образом, можно заключить, что единственной причиной создания ПДФ при гелиевых (4,2 К) температурах в КІ является распад прямо созданных экситонов.

Как следует из литературных данных, по активированным гомологическими катионными примесями ЩГК околопримесные экситоноподобные возбуждения в основном рападаются излучательно с характерным спектром свечения [1,2,7]. Наши результаты показывают, что в КІ излучательная аннигиляция околонатриевых и окололитиевых экситонов также эффективная и приближается к эффективности излучательного распада собственных экситонных возбуждений. В то же время, как показали измерения ТСЛ для КІ-Na и КІ-Li, в этих кристаллах также идет дефектообразование, но по эффективности и характеру созданных дефектов существенно отличается от КІ. Наиболее сильные пики наблюдаются в актуальной области при 24,7 К в КІ-Na и при 30,2 К в КІ-Li. Эти пики по своему местоположению попадают в области отжига «далеких» α , I-пар чистого КІ, но ниже по интенсивности аналогичных пиков вКІ. Нам представляет естественным также сопоставить эти пики отжигу «далеких» (но иных, чем в КІ) I-центров и связать их появление с цепочной вторичных рекомбинаций:



Встает вопрос, каким образом при отсутствии создания «близких» α , I-пар создаются «далеких» I-центры и сопутствующие им тройки дефектов I, F, V_k и I, F, V_{kA} , когда все СЭ оказываются локализованным на примеси. Ситуацию, по нашему мнению, можно представить следующим образом.

Примесный ион (Na^+ или Li^+) можно рассматривать в узле кристаллической решетки как маленький ион в катионной вакансии, находящийся к тому же в нецентральносимметричной конфигурации. В таком случае возникает благоприятная ситуация для распада анионных экситонов около примеси, вследствие чего большие анионы, минуя «широкие катионы ворота» с большей легкостью, чем в КІ, могут выходить в междоузлия. В связи с этим понятно и наличие далеко отстоящих от других дефектов I-центров в этих в объектах. Такое объяснение поддерживает и факт высокотемпературного сдвига I-пика ТСЛ (30,2 К) в КІ-Li по сравнению с КІ-Na (24,7 К); около меньшего катионного иона возможен более дальний вылет иона галоида.

Заключение. Отметим, что было бы целесообразно, исследовать радиационное создание, отжиг α -центров и термостимулированную люминесценцию в других иодидах щелочных металлов. Это дало бы возможность представить общую картину процесса дефектообразования в модельных кристаллах.

Автор считает приятным долгом поблагодарить Е.А. Васильченко за плодотворное сотрудничество.

Список цитируемых источников

1. Лущик Ч.Б., Лущик А.Ч. Распад электронных возбуждений с образованием дефектов в твердых телах. – М.: Наука. 1989. с.262.
2. Васильченко Е.А., Лущик Ч.Б., Осмоналиев К. Автолокализация экситонов и создание радиационных дефектов в KI и RbI. – Физика твердого тела, - 1986. – Т.28. - №7. – с.1991-1997.
3. Goldstein F.T. F-center formation by fundamental absorption in KI. Phys. stat. sol., 1967, v.20, № 1, pp. 379-393.
4. Kamejima T., Fukuda A., Shionoya S. Polarization of Luminescence of α -center in KI. –Phys. Lett., 1968, v. 26 A, №11, pp. 555-556.
5. Интерберг Л.Э., Берзиня Б.Я. Создание термически стабильных H-центров в кристалле KI. – Изв. АН Латвии, 1982. -№3. –с.121-123.
6. Акилбеков А.Т., Даулетбекова А.К., Эланго А.А. Создание и отжиг дефектов в кристаллах KI и KI-Na, облученных рентгеновскими лучами. –Труды ИФ АН Эстонии, 1985. - Т.57. - с.87-100.
7. Осмоналиев К. Низкотемпературный излучательный и безразучательный распад электронных возбуждений в иодидах щелочных металлов. – Автореферат дисс.канд.физ. – мат.наук. – Тарту, 1987. –с.16.
8. Suzuki Y., Hirai M. Picosecond spectroscopic studies with defects formation in alkali halides. – Semicond. and Insulator, 1983, v.5 № 3/4, pp.445-455.

Рецензенты: Шаршеев К.Ш. - доктор физико-математических наук, профессор НАН КР
Ибрагимов Р.Ш. - кандидат технических наук, доцент КНУ им. Ж. Баласагына

УДК: 537.527

Урусова И. Р.
НАН КР, Бишкек
Urusova I. R.
NAS KR, Bishkek
moon4ik_29@mail.ru

«Схемный» аналог флуктуаций температуры электронов для численной реализации винтовой формы открытой электрической дуги

Ачык электр жаасынын буроо түрүндөгү формасын эсеп түрүндө ишке ашыруу үчүн электрондордун температурасынын флуктуациясынын “схемалык” аналогу

"Schematic" analogue of electrons temperature fluctuations for numerical realization of helical form of open electric arc

Для открытой дуги предложен модифицированный «схемный» аналог флуктуаций температуры электронов. «Схемный» аналог позволяет численно реализовать винтовую пространственную форму открытой электрической дуги постоянного тока, горящей во внешнем аксиальном магнитном поле.

Ключевые слова: винтовая форма электрической дуги; внешнее аксиальное магнитное поле; 3D нестационарная математическая модель плазмы

Ачык электр жаасы үчүн электрондордун температурасынын флуктуациясынын жаакырытылган “схемалык” аналогу сунушталган. “Схемалык” аналог тышкы аксиалдык магнит талаасында күйгөн туруктуу токтогу ачык электр жаасынын буроо түрүндөгү формасын эсеп түрүндө ишке ашырууга мүмкүндүк берет

Урунттуу сөздөр: электр жаасынын буроо түрүндөгү формасы; тышкы аксиалдык магнит талаасы; плазманын 3D туруктуу эмес математикалык модели

Modified "Schematic" analogue of the electrons temperature fluctuations is proposed for open arc. "Schematic" analogue allows numerically realize the helical spatial form of open electric arc of a direct current burning in external axial magnetic field.

Keywords: helical form of electric arc; external axial magnetic field; 3D nonstationary mathematical model of plasma

Введение. Электродуговой разряд во внешнем аксиальном магнитном поле находит широкое применение в различных областях науки и техники [1-3] и вызывает научный и практический интерес. В работах [4, 5] выполнен численный расчет характеристик электрической дуги постоянного тока, горящей в цилиндрическом канале в однородном внешнем аксиальном магнитном поле. В настоящей работе представлены результаты моделирования открытой электрической дуги постоянного тока.

Постановка задачи и математическая модель. Рассчитывается открытая электрическая дуга постоянного тока I длиной L в аргоне атмосферного давления в однородном внешнем аксиальном магнитном поле H_x^{Ext} (рис.1). Катодом и анодом являются цилиндрические графитовые стержни одинаковым радиусом $r_c = r_a$.

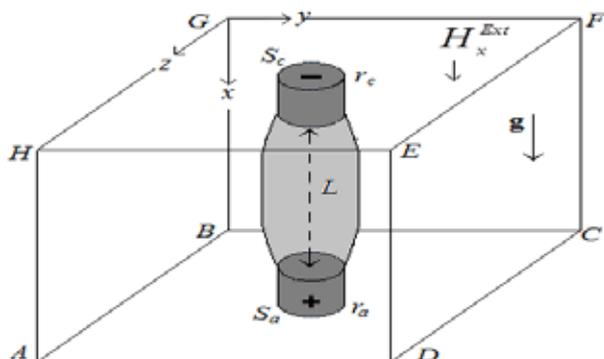


Рис. 1. Схема расчетной области в виде прямоугольного параллелепипеда $ABCDEFGH$

в декартовых координатах x, y, z для открытой электрической дуги с цилиндрическим катодом (–) и анодом (+). Пунктирная линия - - - центральная ось дуги.

Нестационарную трехмерную систему уравнений электрической дуги в приближении модели ЧЛТР плазмы запишем в виде [12, 13]:

уравнение непрерывности газа тяжелых частиц

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{V}) = 0, \quad (1)$$

уравнение непрерывности газа электронов

$$\frac{\partial N_e}{\partial t} + \operatorname{div}(N_e \mathbf{V}_e) = R_e, \quad (2)$$

уравнение сохранения энергии газа электронов

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{3}{2} k_B T_e N_e \right) + \operatorname{div} \left(\frac{5}{2} k_B T_e N_e \mathbf{V}_e \right) = \operatorname{div}(\lambda_e \operatorname{grad} T_e) + \mathbf{j}^2 / \sigma - \psi - B(T_e - T) - U_i R_e, \quad (3)$$

уравнение сохранения энергии газа тяжелых частиц:

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{3}{2} k_B T (N_i + N_a) + \operatorname{div} \left[\frac{5}{2} k_B T (N_i + N_a) \mathbf{V} \right] = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T) + B(T_e - T), \quad (4)$$

уравнение баланса импульса газа вдоль осей координат x, y, z :

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{V} u) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} u) - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H})_x + s_x + (\rho - \rho_\infty) \mathbf{g}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{V} v) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} v) - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H})_y + s_y, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{V} w) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} w) - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H})_z + s_z, \quad (7)$$

уравнения Максвелла:

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0, \operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j}, \operatorname{div} \mathbf{H} = 0, \quad (8)$$

закон Ома в обобщенной форме

$$\mu_0 (\mathbf{V}_e \times \mathbf{H}) + \mathbf{E} = \mathbf{j} / \sigma + (\mu_0 (\mathbf{j} \times \mathbf{H}) - \operatorname{grad} P_e) / q_e N_e, \quad (9)$$

закон Дальтона

$$P / k_B T = N_i + N_a + N_e T_e / T. \quad (10)$$

Принято, что электродуговая плазма является однократно ионизованной, квазинейтральной, течение ламинарное, дозвуковое, излучение объемное; вязкой диссипацией энергии пренебрегается, приэлектродные процессы не рассматриваются.

При записи уравнений (1–10) использованы следующие обозначения: t – время, ρ , λ_e , λ , μ , σ , ψ – соответственно плотность газа, теплопроводность электронного газа и газа тяжелых частиц, вязкость, электропроводность, излучение, m – масса атома плазмообразующего газа, N_i , N_a , N_e – концентрации ионов, атомов и электронов соответственно, $R_e = N_e K_i (N_a K_i - N_e N_i)$ – скорость генерации электронов, где K_i, K_r – константы ударной ионизации и трехчастичной рекомбинации соответственно, U_i – потенциал ионизации плазмообразующего газа, $P_e = N_e k T_e$ – парциальное давление электронов, k_B – постоянная Больцмана, B – коэффициент энергообмена между

электронами и тяжелыми частицами, \mathbf{g} – вектор ускорения свободного падения, q_e – заряд электрона, μ_0 – магнитная постоянная, \mathbf{V} , \mathbf{E} , \mathbf{j} , \mathbf{H} , – соответственно векторы скорости, напряженности электрического поля, плотности электрического тока, напряженности собственного магнитного поля дуги, T , T_e – температура тяжелых частиц и электронов, P – давление, u , v , w – соответственно компоненты вектора скорости в направлениях осей координат x , y , z ; \mathbf{V}_d , \mathbf{V}_t , \mathbf{V}_a – векторы скоростей дрейфа электронов, термо- и амбиполярной диффузии, $\mathbf{V}_e = \mathbf{V} + \mathbf{V}_d + \mathbf{V}_t + \mathbf{V}_a$ – суммарная скорость электронов, s_x , s_y , s_z – дополнительные к $\text{div}(\mu \text{grad} u)$, $\text{div}(\mu \text{grad} v)$, $\text{div}(\mu \text{grad} w)$ вязкие слагаемые.

Коэффициенты переноса и теплофизические свойства неравновесной аргоновой плазмы рассчитываются в соответствии с методикой [6].

Электромагнитная часть задачи решается в переменных φ – \mathbf{A} , где φ – скалярный потенциал электрического поля $\mathbf{E} = -\text{grad}\varphi$, \mathbf{A} – векторный потенциал магнитного поля, связанный с \mathbf{H} соотношением $\text{rot}\mathbf{A} = \mathbf{H}$.

Метод численного решения уравнений. Система уравнений (1–10) после несложных преобразований записывается в виде обобщенного уравнения, дифференциальная форма записи которого имеет следующий вид [7]:

$$\frac{\partial \alpha \varphi \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \beta r u \Phi}{\partial x} + \frac{\partial \beta r v \Phi}{\partial y} + \frac{\partial \beta r w \Phi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\gamma \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) + \delta \quad (11)$$

где Φ – одна из неизвестных: N_e , T_e , T , u , v , w , φ , A_x , A_y , A_z . Значения коэффициентов α , β , γ , δ зависят от смысла переменной Φ .

Численное решение обобщенного дифференциального уравнения (11) проводится методом конечных разностей, конечно-разностная аппроксимация осуществляется методом контрольного объема по неявной разностной схеме, динамические переменные «скорость–давление» рассчитываются в рамках алгоритма SIMPLE'R [7]. В результате интегрирования по контрольному объему исходная система дифференциальных уравнений приводится к системе алгебраических уравнений, которая затем решается итерационным методом Зейделя–Гаусса с применением метода нижней релаксации.

Для расчета характеристик в нерегулярной области, включающей в себя дуговую плазму и электроды, используется метод фиктивных областей, адаптированный для расчета электрической дуги [8]. Преимущество этого метода заключается в том, что исходная расчетная область с криволинейной границей заменяется областью с прямоугольной границей, что значительно облегчает проведение расчетов.

Граничные и начальные условия. Нестационарное дифференциальное уравнение (11) является уравнением эллиптического типа по пространственным координатам x , y , z и параболического типа по координате времени t . Граничные условия задаются по периметру расчетной области, а начальные условия задаются в момент времени $t = 0$.

На внешних границах расчетной области в сечениях $ABCD$, $EFGH$, $ABGF$, $DCHE$, $CBGH$, $ADEF$ (см. рис.1) значения температуры и концентрации электронов полагаются равными значениям температуры T_e^{\min} и концентрации N_e^{\min} «холодного» не ионизованного газа: $T_e = T_e^{\min} = 3$ кК, $N_e = N_e^{\min} = 10^{17} \text{ м}^{-3}$. Температура тяжелых частиц полагается равной температуре холодного газа $T = 300$ К.

Течение электрического тока отсутствует, и потенциал электрического поля φ рассчитывается из условия $\partial \varphi / \partial \mathbf{n} = 0$, где \mathbf{n} – нормаль к поверхности границы. На внешней токоведущей торцевой поверхности катода S_c и анода S_a потенциал электрического поля φ рассчитывается из условия протекания электрического тока I по нормали к поверхности. Такое же условие для φ используется на границе «катод–плазма». Вне катода и анода течение электрического тока отсутствует.

Подчеркнем, что в настоящей работе за направление электрического тока I выбрано направление от катода (-) к аноду (+).

Компоненты векторного потенциала A_x, A_y, A_z магнитного поля определяются из условия равенства нулю первой производной $\partial A/\partial \mathbf{n} = 0$ по нормали к границе.

Давление равно относительному значению $P = P_0 = 1$ Па. Компоненты скорости u, v, w определяются из условия равенства нулю второй производной $\partial^2 V/\partial \mathbf{n}^2 = 0$.

При постановке начальных условий принято, что между электродами существует токопроводящая высокотемпературная ($T = 9$ кК) зона с неподвижным газом.

«Схемный» аналог флуктуаций. В настоящей работе для расчета открытой электрической дуги во внешнем аксиальном магнитном поле используется модифицированный «схемный» аналог флуктуаций для температуры электронов. Пусть в процессе вычислений в какой-либо узловой точке с индексами (i, j, k) температура электронов T_e оказывается меньше температуры электропроводности плазмы, т.е. выполняется условие $T_e < T_\sigma$. Тогда в этом случае температура электронов в данной узловой точке (i, j, k) и прилегающих к ней четырех соседних узловых точках с индексами $(i, j-1, k); (i, j+1, k); (i, j, k-1); (i, j, k+1)$ (рис.2) приравнивается минимальному значению $T_e = T_e^{\min}$.

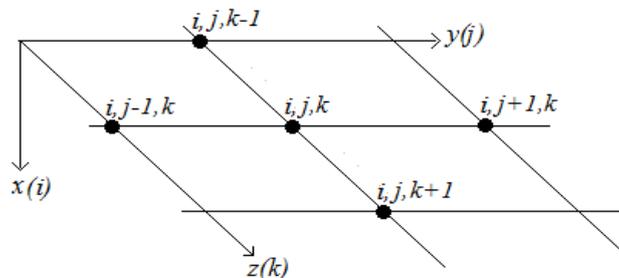


Рис. 2. Фрагмент разностной сетки в направлениях осей координат $y(j)$ и $z(k)$.

В противном случае при выполнении условия $T_e \geq T_\sigma$ вновь рассчитанное значение T_e в узловой точке с индексами (i, j, k) сохраняется неизменным. В настоящей работе используются значения $T_\sigma = 3,5$ кК и $T_e^{\min} = 3$ кК.

В аксиальном направлении по оси $x(i)$ проверка указанного условия не проводится. Таким образом, для каждой узловой точки и окружающих ее четырех соседних точках в плоскости $y-z$ «схемный» аналог флуктуаций температуры электронов дуговой плазмы определяется следующими условиями:

$$\begin{cases} \text{если } T_e < T_\sigma & \text{тогда } T_e = T_e^{\min} \\ \text{если } T_e \geq T_\sigma & \text{тогда } T_e = T_e \end{cases} \quad (15)$$

Отметим, что в модели [4,5] условие (15) проверялось только в одной узловой точке с индексами (i, j, k) . В расчетах были приняты значения $T_\sigma = 4$ кК и $T_e^{\min} = 3$ кК, т.е. разность значений составляет $\Delta T = T_\sigma - T_e^{\min} = 1$ кК.

Подчеркнем, что «схемный» аналог флуктуаций (15) сам по себе не формирует винтовую форму дуги. «Схемный» аналог флуктуаций только лишь генерирует случайным образом асимметрию распределения температуры электронов и, как следствие, других характеристик дуговой плазмы.

Обсуждение результатов расчета. Рассчитывается открытая электрическая дуга силой тока $I = 40$ А и длиной $L = 30$ мм, горящая в однородном внешнем аксиальном магнитном поле величиной $H_x^{Ext} = 10$ кА/м. В модели рассматриваются графитовые сварочные электроды с торцевой токоведущей поверхностью одинакового радиуса. Для графитовых электродов известна эмпирическая зависимость [9] диаметра катода d от силы тока: $I [\text{А}] \approx (40 \div 45)d [\text{мм}]$. Согласно этой зависимости, для дуги силой тока $I =$

40 А радиусы катода и анода приняты равными $r_c = r_a = 1$ мм. Расчеты проводятся на прямоугольной сетке с одинаковым шагом во всех направлениях $\Delta = \Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.5$ мм, временной шаг равен $\tau = 10^{-4}$ с.

Вначале до выхода характеристик дуги на стационарный режим, расчет проводится без внешнего аксиального магнитного поля, т.е. $H_x^{Ext} = 0$. На рис.3а показана картина течения плазмы в вертикальной плоскости $x-z$ к моменту времени $t = 35$ мс, когда уже достигнут стационарный режим горения дуги. На рис.3б. приведено расчетное распределение пространственной формы столба дуги.

Отсчет в направлении оси x ведется от поверхности катода (-), отсчет в направлениях осей y, z ведется от центральной оси (см. рис.1). На рис.3б и последующих рисунках форма столба дуги является 3D-поверхностью, ограниченной значением температуры $T = 3$ кК. Направление обзора 3D-столба дуги выбрано перпендикулярным плоскости $x-z$. Из рисунка видно, что столб дуги является осесимметричным, и имеет плазменный диск в среднем сечении при $x \approx 15$ мм. Такая форма дуги является хорошо известной и обусловлена гидродинамикой течения плазмы [1, 3]. В результате воздействия электромагнитных сил дуги (пинч-эффект) формируются аксиальные потоки плазмы навстречу друг другу – катодная и анодная струя. В среднем сечении между электродами потоки плазмы сталкиваются, и газ растекается в радиальном направлении.

В дальнейшем, начиная с момента времени $t = 35$ мс в вычислительном алгоритме принято, что дуга горит в однородном внешнем аксиальном магнитном поле $H_x^{Ext} = 10$ кА/м.

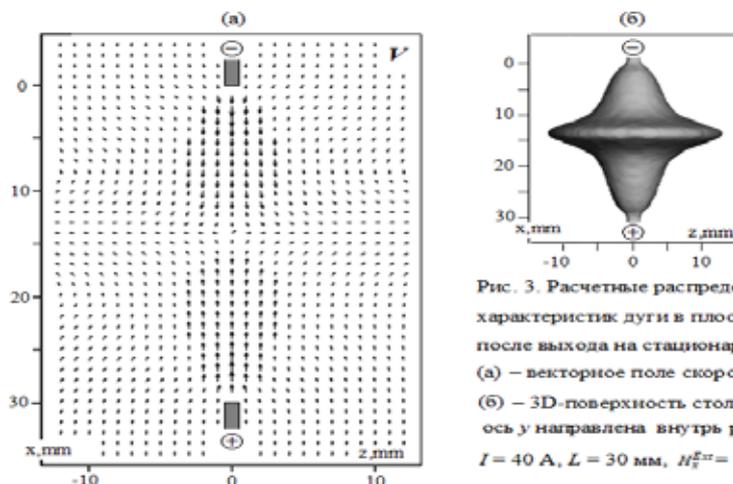


Рис. 3. Расчетные распределения характеристик дуги в плоскости $x-z$ после выхода на стационарный режим: (а) – векторное поле скорости V , (б) – 3D-поверхность столба дуги, ось y направлена внутрь рисунка. $I = 40$ А, $L = 30$ мм, $H_x^{Ext} = 0$.

На рис.4 показана эволюция пространственной формы столба дуги на интервале времени $\Delta t = 35.5 \div 37$ мс. Видно, что столб дуги деформируется и за относительно короткий промежуток времени $\Delta t \approx 2$ мс принимает четко выраженную винтовую форму.

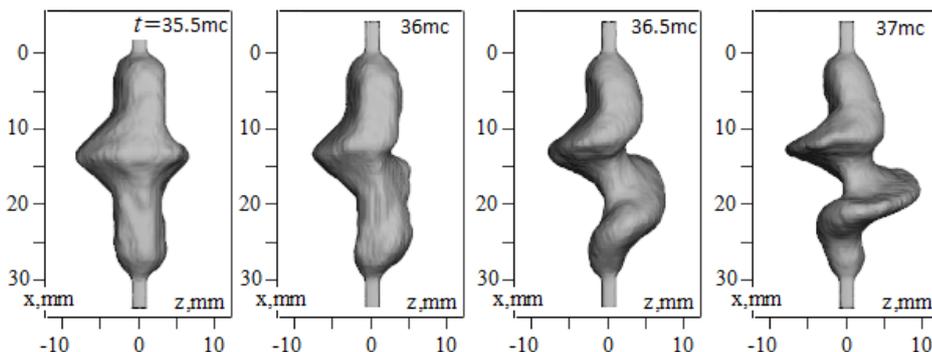


Рис. 4. Изменение формы столба дуги на интервале времени $\Delta t = 35.5 \div 37$ мс.

$$I = 40 \text{ А}, L = 30 \text{ мм}, H_x^{Ext} = 10 \text{ кА/м}.$$

Участки дуги, прилегающие к электродам на расстоянии около 5 мм, деформируются незначительно. Этот результат согласуется с экспериментальными наблюдениями, которые показывают, что в продольном магнитном поле сам столб дуги является неустойчивым.

Если направление внешнего аксиального магнитного поля совпадает с аксиальным направлением течения электрического тока, тогда пространственная ориентация винтовой дуги как целого (см. рис.4) является правовинтовой (по часовой стрелке).

Закключение. В рамках нестационарной трехмерной математической модели в приближении частичного локального термодинамического равновесия дуговой плазмы проведено моделирование винтовой формы столба открытой дуги, горящей во внешнем аксиальном магнитном поле. Для открытой дуги предложен модифицированный «схемный» аналог флуктуаций для температуры электронов. По результатам расчетов установлено, что столб открытой электрической дуги принимает винтовую пространственную форму.

Список цитируемых источников

1. Финкельбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма. М.: Иностранная литература, 1961. с.370.
2. Новиков О.Я. Устойчивость электрической дуги. Л.: Энергия, 1978. с.160.
3. Лебедев А.Д., Урюков Б.А., Энгельшт В.С. и др. Низкотемпературная плазма. Т. 7. Сильноточный дуговой разряд в магнитном поле. Новосибирск: Наука, 1992. с.267.
4. R. M. Urusov and I. R. Urusova Numerical simulation of a helical shape electric arc in the external axial magnetic field // Physics of Plasmas 23, 103502 (2016); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4964281>
5. Урусов Р.М., Урусова И.Р. Численное моделирование винтовой формы электрической дуги во внешнем аксиальном магнитном поле // Теплофизика высоких температур, 2017, том 55, № 5, с. 661-668.
6. Энгельшт В.С., Гурович В.Ц., Десятков Г.А. и др. Низкотемпературная плазма. Т. 1. Теория столба электрической дуги. Новосиб.: Наука, 1990. с.374.
7. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. с.146.
8. Урусов Р.М., Урусова Т.Э. Применение метода фиктивных областей для расчета характеристик электрической дуги // ТВТ. 2004. Т.42. № 3. с. 374.
9. Васильев К.В. Газоэлектрическая резка металлов. М.: Машгиз, 1963. с.174

Рецензенты: *Фоломеев В.Н.* - доктор физико-математических наук, профессор НАН КР
Байтереков А. - кандидат физико-математических наук, доцент КНУ им. Ж.Баласагына

УДК: 535.21: 537.29: 537.311.37: 537.39: 537.523.3:537.58

Токтогонов С.А., Мурзакулова И.Ч.
КНУ им. Ж.Баласагына, Бишкек
Toktogonov S. A., Murzakulova I. Ch
J. Balasagyn KNU, Bishkek
limkul63@gmail.com

Ток проходящий через лазерный факел при наложении внешнего сильного электрического поля

Сырткы күчтүү электр талаасында жайгашкан лазердик факел аркылуу өткөн ток

The current passing through the laser torch when applying an external strong electric field

В работе, на основе экспериментальных данных по исследованию тока, протекающего через лазерный факел, при совместном действии непрерывного лазерного излучения и сильного электрического поля на металлы, рассчитаны зависимости начального термоэлектронного и термоавтоэлектронного тока от различных параметров. Основываясь на экспериментальные данные и модели коронного разряда, рассчитана ВАХ цепи образец – лазерный факел.

Ключевые слова: лазерный факел; лазерное излучение; электрическое поле; коронный разряд; пробойные каналы; термоэмиссия; термоавтоэлектронная эмиссия.

Бул иште, үзгүлтүксүз лазер нурдануусу менен күчтүү электр талаасынын таасиринде лазер факели аркылуу өткөн токтун эксперименталдык берилгендери боюнча, баштапкы термоэлектрондук жана термоавтоэлектрондук токтун ар кандай параметрлерден көзкарандылыктары эсептелип чыккан. Эксперименталдык берилгендерге жана таажы разрядынын моделине негизделип, үлгү-лазердик факел чынжырынын ВАМ-ү эсептелген.

Урунттуу сөздөр: лазердик факел; лазердик нурдануу; электр талаасы; таажы разряд; тешип өтүү каналдары; термоэмиссия; термоавтоэлектрондук эмиссия.

In this paper, based on experimental data on the study of the current flowing through a laser torch under the joint action of continuous laser radiation and a strong electric field on metals, the dependences of the initial thermionic and thermoautoelectronical current on various parameters are calculated. Based on the experimental data and the model of the corona discharge, the IVC of the sample - laser torch circuit was calculated.

Keywords: laser torch; laser radiation; electric field; corona discharge; breakout channels; thermal emission; thermoautoelectronical emission.

Эффективность воздействия лазерного излучения (ЛИ) на материалы можно повысить различными способами. Одним из таких способов может быть совместное воздействие на материалы (в частности, на металлы) ЛИ и электрического поля (ЭП). Исследования совместного воздействия непрерывного ЛИ и сильного ЭП на металлы показали, что в этом случае происходят многообразные сложные процессы, такие как образование с вершины лазерного факела (ЛФ) различных видов коронного разряда, происходит изменение размеров каверны на поверхности обрабатываемого образца, повышение эффективности лазерного сверления металлов, электролюминесцентное свечение с вершины ЛФ и т.д. [1-4]. Во всех этих процессах важное значение имеет ток, проходящий через ЛФ при наложении на него сильного электрического поля.

При воздействии на металлические образцы непрерывного ЛИ с интенсивностью $I = (1,5 - 2,5) \cdot 10^4$ Вт/см² на их поверхности образуется факел высотой до 4 - 8 мм и поперечным сечением 2 - 6 мм. Факел представляет собой ярко светящийся эллипсоид вращения размерами 2×3 мм у основания и расстилающегося от неё кверху менее интенсивных паров внешней зоны [1-4].

При продольном наложении на ЛФ внешнего электрического поля с разностью потенциалов между пластинами от 0 до 60 кВ при фиксированных l (1 - 5 см)

наблюдалось уменьшение внешней зоны ЛФ и её трансформация в узкий светящийся шнур, а также незначительное уменьшение основания факела. Эти процессы различаются при противоположных полярностях ЭП на пластинах. Так, например, при отрицательном потенциале на нижней пластине, т.е. на образце, пары внешней области ЛФ исчезают почти сразу же с включением поля (при $E < 1$ кВ) и вместо него образуется свечение в виде конуса. А при положительном потенциале на образце, при включении поля пары исчезают не сразу, и уменьшение внешней зоны происходит постепенно. При достижении $E > 2,5$ кВ/см образуется тонкий “светящийся шнур” с вершины факела.

Дальнейшее увеличение поля приводит к возникновению пробойных каналов с конца ЛФ, точнее с конца “светящегося шнура”, которые затем усиливаются, растёт их интенсивность и происходит удлинение пробойных каналов. При этом длина “светящегося шнура” укорачивается. После этого пробойные каналы размываются и трансформируются в единое диффузное свечение. В зависимости от направления полярности ЭП эти процессы происходят следующим образом. При положительном потенциале на образце усиление каналов сопровождается их отталкиванием друг от друга и каждый из них, диффузно расширяясь и сливаясь, образуют единое тлеющее свечение. При отрицательном потенциале усиление поля приводит к стягиванию их к оси и затем трансформации в диффузное тлеющее свечение.

В некоторых случаях вышеупомянутые процессы различались в зависимости от l . При $l < 2$ см и положительном потенциале на образце, с увеличением напряженности ЭП “светящийся шнур” трансформировался непосредственно в диффузное свечение, минуя пробойные каналы,

Дальнейшее развитие процессов (с увеличением $E_{эп}$) разнообразно и отличается нерегулярностью. В зависимости от условий (материала образца, интенсивности ЛИ, l , полярности ЭП и т.д.) могут реализоваться следующие варианты:

1) трансформация диффузного тлеющего свечения в интенсивное пламяобразное свечение. В экспериментах она наблюдалась, как увеличение плазмы ЛФ и “вытягивание” её электрическим полем. Между основанием факела и верхней пластиной образуется однородный плазменный столб.

2) Напротив, при других случаях образуется плазменный столб в виде стратов — чередующихся по высоте светлых и темных участков.

3) Иногда возникали различные нерегулярности процессов — исчезновение пробойных каналов, диффузного разряда, полное исчезновение внешней зоны ЛФ и уменьшение размеров её основания или, наоборот, появление интенсивных пробоев и т.д. В силу чувствительности этих процессов к условиям эксперимента, нахождение их общих закономерностей представляется затруднительным.

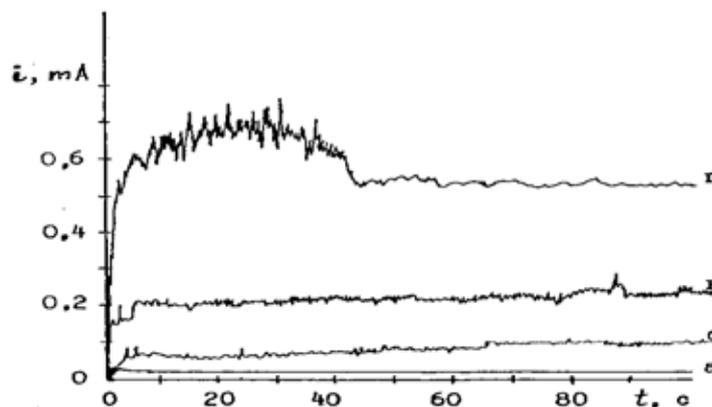


Рис.1. Характерные временные зависимости тока при различных положительных потенциалах на образце, U : а - 15; б - 20; в - 25; г - 30 кВ.

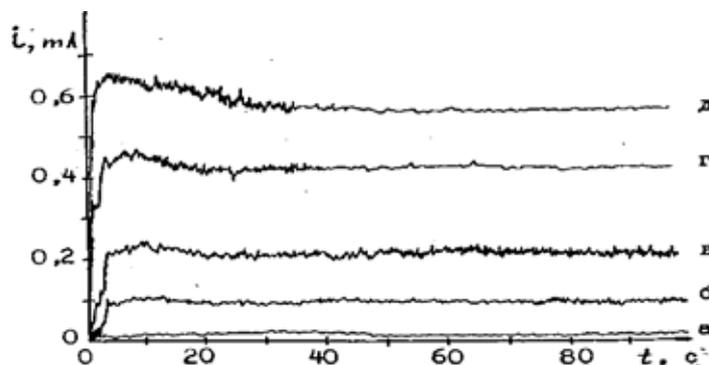


Рис.2. Характерные временные зависимости тока при различных отрицательных потенциалах на образце, U : а - 10; б - 15; в - 20; г - 25; д - 30 кВ.

Для количественного изучения вышеуказанных процессов, путем наложения внешнего ЭП на ЛФ металлов были получены временные зависимости тока, $i(t)$, и ВАХ цепи пластины-ЛФ при различных условиях эксперимента [1, 2]. На рис.1 и 2 представлены характерные $i(t)$ при фиксированных значениях напряжения U и расстояния l между пластинами. При установленных U и l , с включением ЛИ, наблюдается рост тока, а затем её стабилизация. Время стабилизации определяется временем формирования лазерного факела. Чем больше интенсивность ЛИ, тем быстрее идет формирование ЛФ и тем самым уменьшается время стабилизации. Как видно из рис.2.1 при различных значениях ЭП, соответствующим различным процессам протекания тока, зависимости $i(t)$ имеют неодинаковый характер. В случае слабого поля (рис.1, а, рис.2, а) зависимость $i(t)$ имеет плавный вид и образование ЛФ отмечается некоторым увеличением тока. Эти зависимости соответствуют режиму стягивания внешней зоны ЛФ до образования пробойных каналов. При больших полях, когда формирование ЛФ сопровождается пробоями, зависимости $i(t)$ имеют пиковый характер (рис.1, б, в, рис.2, б, в). Дальнейшее увеличение значения ЭП до появления диффузного тлеющего свечения, обуславливает беспиковый характер зависимости $i(t)$ (рис.2, г, д). Хотя, и в этом случае, в процессе формирования ЛФ имеется стадия нестационарного пикового характера тока.

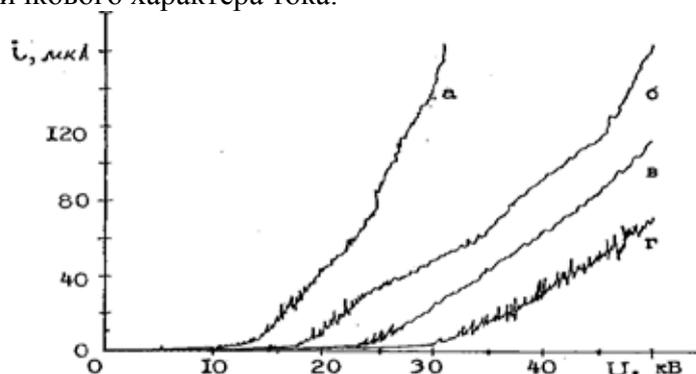


Рис.3. ВАХ-ки цепи пластины - ЛФ при положительном потенциале на образце и различных значениях l : а - 1; б - 2; в - 3; г - 4 см.

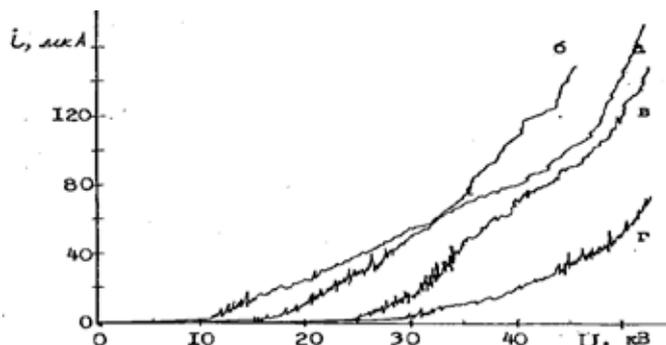


Рис.4. ВАХ-ки цепи пластины - ЛФ при отрицательном потенциале на образце и различных значениях l : а- 1; б- 2; в - 3; г - 4 см.

В ВАХ эти процессы проявляются следующим образом [1, 2]. При увеличении U ($l = \text{const}$), до наступления пробоя, ток в цепи ЛФ-пластины имеет малые значения и плавно растёт (рис.3, 4). С достижением некоторого критического значения $U = U_{\text{кр}}$, появляются пробои, обуславливающие пиковый характер тока, и наблюдается резкое его увеличение. Чем больше поле над критическим, $U > U_{\text{кр}}$, тем интенсивнее пробойные каналы, тем больше пиков в зависимости $i(t)$ и больше их амплитуда. При дальнейшем увеличении поля, когда пробойные каналы переходят в диффузное свечение, пиковый характер тока исчезает и ВАХ приобретает плавный вид. Трансформация диффузного разряда в указанные выше формы развития процессов — “вытягивание плазмы” ЛФ, образование стратов, образование более интенсивных каналов и т.д., как правило, приводит к ещё большему увеличению крутизны ВАХ. Как видно из этих рисунков, с увеличением расстояния между поверхностями образца и верхней пластины, кривые смещаются в сторону больших напряжений. Причем, кроме случая $l < 2$ см, при противоположных полярностях ЭП, в пределах ошибки измерения, ВАХ совпадают при одинаковых l . Физические процессы протекания тока через лазерный эрозионный факел при наложении на него внешнего сильного электрического поля были изучены в работах [1-4]. Поэтому для расчета тока использовались данные из этих экспериментов. При этом интенсивность лазерного излучения равнялась $I = 1.5-2.5 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$. Высота лазерного факела достигала 4-8 мм и поперечное сечение 4 – 6 мм. Внешнее электрическое поле достигало значений от 0 до 60 кВ. Расстояние между верхней пластиной и поверхностью образца фиксировалось $l = 1, 2, 3, 4, 5$ см.

Кроме этого исследование температуры факела показало [5, 6], что оно меняется в зависимости от условий от 1400 до 2200 К. При этом размеры зоны воздействия варьируются от 0,4 см до 0,6 см. Поэтому для расчета тока из зонного воздействия использовались эти значения d и T .

Для расчета начального тока использовалась формула Ричардсона-Дэшмана:

$$J = AT^2 \exp(-\phi/kT) \quad (1)$$

$$\text{где } A = 120,4 \text{ А/см}^2\text{К}^2$$

J – плотность тока и в нашем случае она равна

$$J = \frac{i}{S}, \quad (2)$$

где i – ток, S – площадь с которого выходят заряды из зоны воздействия.

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3)$$

где d - диаметры зоны воздействия.

С учетом этого(2.1) преобразуется

$$i = \frac{\pi d^2}{4} AT^2 \exp \frac{-\phi}{KT} \quad (4)$$

С учетом экспериментальных данных и для образца из чистого железа использовались следующие значения данных:

$$d=0.3 \div 0.6$$

$$T=1400 \div 2200\text{K}$$

$$\Phi=4.31\text{эВ}$$

$$K=(11600)^{-1} \text{эВК}$$

Полученные зависимости $i(T)$ и $i=\ln(T)$ представлены на рисунках 5 и 6.

Откуда видно, что сколь угодно заметные токи порядка мкА начинают протекать при температурах начиная 1600 – 1700 К. С увеличением температуры больше 2000К ток резко возрастает до значений мА. Причем рост тока тем больше, чем больше размеры зоны воздействия. Абсолютные значения расчетных токов хорошо согласуются со значениям и токовизмеренных на экспериментах.

Для изучения влияния внешнего сильного электрического поля использовалась известная формула Ричардсона-Дэшмана для термоавтоэлектронной эмиссии

$$i = AT^2 \frac{\pi d^2}{4} \exp \left(- \frac{\phi - e \sqrt{eE}}{KT} \right) \quad (5)$$

где E – напряженность внешнего электрического поля в зоне воздействия.

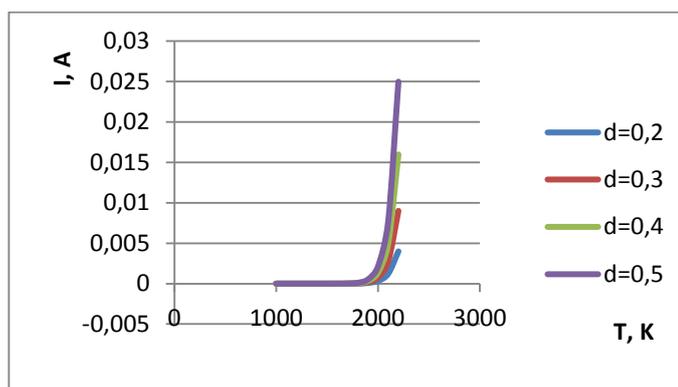


Рис.5. Зависимость термоэлектронного тока от температуры $I(T)$ при различных значениях размеров зоны эмиссии d .

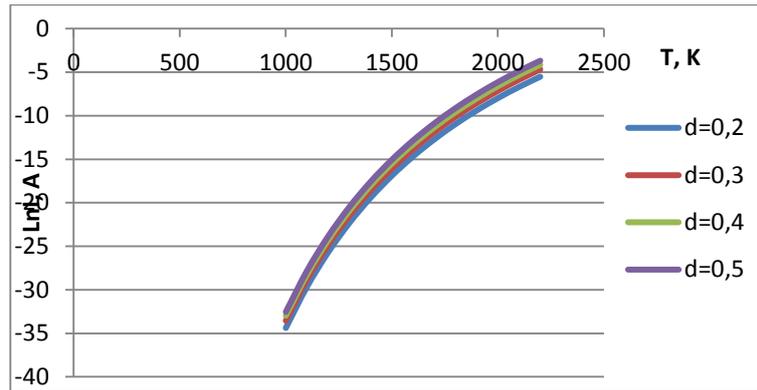


Рис.6. Зависимость $\ln I$ термоэлектронного тока от температуры T при различных значениях размеров зоны эмиссии d .

В экспериментах E варьировалась до 10^5 В/см. Полученные зависимости тока от напряженности E при фиксированных $T=2000$ К показана на рис.7. Для наглядности изменения тока во всем диапазоне изменения напряженности E электрического поля зависимости приведены в логарифмических масштабах. Как отсюда видно, с увеличением внешнего электрического поля ток термоавтоэлектронной эмиссии увеличивается, причем увеличение тем сильнее, чем больше диаметр зоны воздействия. Заметный рост тока, больше миллиампера, начинается при напряженности ЭП больше 1 кВ/см.

Далее были рассчитаны зависимости $i(E)$ при различных значениях температуры зоны воздействия и при фиксированном значении d . Полученные зависимости показаны на рис.8.

Все зависимости $i(E)$ при различных значениях температуры зоны воздействия имеют одинаковый характер – относительно медленное увеличение тока при полях меньше 1 кВ/см и резкое возрастание тока при больше 1 кВ/см. Но с увеличением температуры зоны воздействия T абсолютные значения тока возрастают значительно. Как видно из рис.8. с увеличением T на 200 К значение тока возрастает на 1.5 – 2 порядка.

Сравнение влияние параметров на термоавтоэлектронный ток, показывает, что влияние изменения температуры зоны воздействия T больше, чем изменение размеров зоны воздействия d . Абсолютные значения тока также хорошо согласуются с экспериментальными значениями – от единиц до сотни мкА.

Для случая не слишком длинных межэлектродных промежутков, когда пространственные заряды не вносят существенных неоднородностей вдоль длины промежутка l между пластинами, ток определяется выражением [7, 8]:

$$i = i_0 \cdot \exp(\alpha \cdot l), \quad (6)$$

где i_0 - начальный ток из ЛФ, α - ионизационный коэффициент, см^{-1} , l – расстояние между вершиной ЛФ и верхней пластиной.

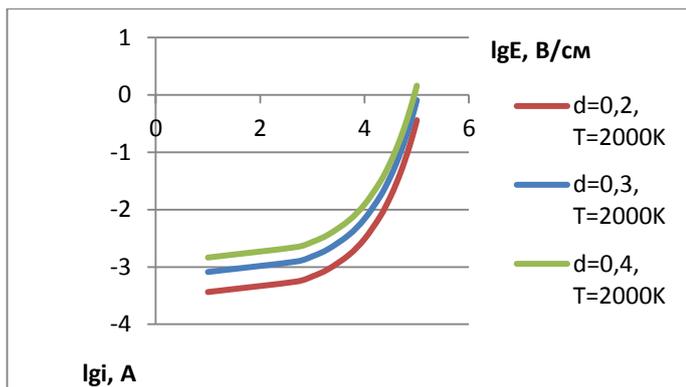


Рис. 7. Зависимость тока i от напряженности E при различных значениях размеров зоны воздействия d и при фиксированной её температуре $T=2000$ К.

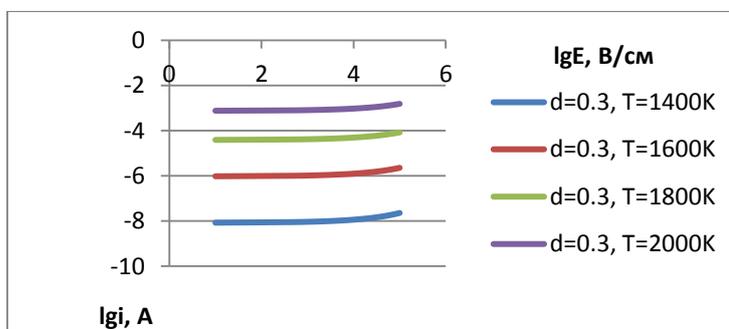


Рис. 8. Зависимость тока i от напряженности E при различных значениях температуры зоны воздействия T и при фиксированном её размере $d = 0,3$ см.

Начальный ток из основания ЛФ рассчитывается по формуле (5), использованной для расчёта термоавтоэлектронного тока.

Отсюда видно, что ток в цепи характеризуется α . Его можно определить по следующей формуле [7, 8]:

$$\alpha_T = 0,14 \rho \{ (E_{эл}[кВ/см]/31\rho)^2 - 1 \} \text{ см}^{-1}, \tag{7}$$

Напряженность ЭП, E , при вышеприведенных условиях эксперимента, у вершины ЛФ будет определяться выражением:

$$E = \frac{2U}{d \cdot \ln(\frac{2l}{d})} \tag{8}$$

где l - расстояние между электродами, U – напряжение, подаваемое на электроды, d – поперечный размер основания лазерного факела.

ρ - отношение плотности воздуха к нормальной, соответствующей давлению 760 тор и температуре 25°C. Так как в эксперименте давление воздуха соответствует атмосферному, то ρ определяется температурой газа T_Γ вблизи вершины ЛФ, которая в свою очередь зависит от температуры ЛФ, T_Φ . Для данных условий эксперимента, с учетом нагревания межпластинного воздушного промежутка лазерным факелом, температура ее составляет 500-600 К [3]. Тогда из данных [9] $\rho \approx 0,6$.

Полученные на основе выражения (6) с учетом (7 – 8) при условиях $l=1$ см, $d=0,6$ см, $T=1600$ К и $\rho \approx 0,6$ зависимость тока от напряжения $i(U)$ представлен на рис. 5. На этом же рисунке приведена экспериментальная ВАХ цепи образец-лазерный факел-пластины. Как видно, теоретические расчеты хорошо согласуются с экспериментальными данными. Из этого можно заключить о правомерности сделанных

допущений и возможности применения данных моделей для описания тока в цепи образец-лазерный факел – пластины.

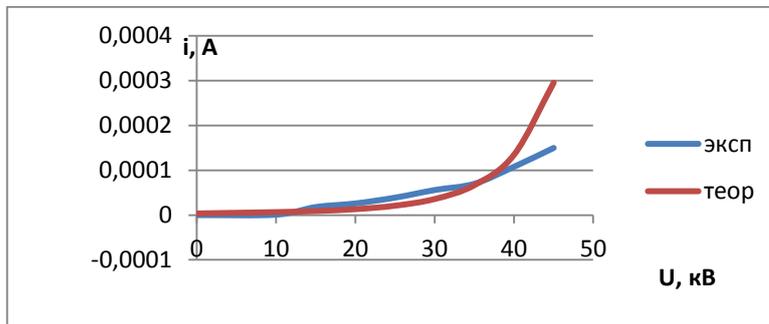


Рис.5. Расчетный (теор) и экспериментальный (эксп) ВАХ цепи образец-лазерный факел-пластины при $l=1$ см.

Список цитируемых источников

1. Токтогонов С.А., Чокоев Э.С. Влияние сильного электрического поля на лазерную эрозионную плазму. // Вестник КГНУ 1995, Вып1, часть 2, с. 70-74.
2. Токтогонов С.А. Комбинированная ионизация воздушного промежутка непрерывным лазерным излучением и сильным электрическим полем// Вестник КГНУ 1996. Вып 1, Ч1, с 235-239.
3. Токтогонов С.А., Бейшекеева Г. Дж.Об особенности зажигания короны при совместном воздействии непрерывного лазерного излучения и сильного электрического поля на металлы. // Вестник ТУ «Дастан» №1 Бишкек 1997, с. 114-117.
4. Токтогонов С.А., Ганыева А. Образование коронного разряда с вершины лазерного эрозионного факела// Вестник КНУ: Спец. выпуск – Физика. Философия – Бишкек. КНУ им. Ж.Баласагына, 2003, с.104-109.
5. Токтогонов С.А. Чокоев Э.С. О температуре в зоне облучения металла непрерывным лазерным излучением// «Структура и свойства моно и поликристаллических материалов» под ред. Андриевского, Фрунзе, Илим, 1990, с. 104-106.
6. Цирулина В.В., Токтогонов С.А. Расчет зависимости температуры и давления ЛЭФ от энерговклада ЛИ// Вестник КГНУ 2001. Труды мол. ученых, серия 5, вып. 3, с.28-32
7. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987, с.592.
8. Капцов Н.А. Электрические явления в газах и вакууме. – Изд. 2-е. – М.: Гостехиздат, 1950, с.841.
9. Таблицы термодинамических функций воздуха. / Под ред. Предводителя А.С. –М.: Изво АН СССР, 1962, с.268.

Рецензенты: Урусов Р.М. - доктор физико-математических наук, профессор НАН КР
Усенканов Дж.О. - кандидат физико-математических наук, доцент КРСУ им. Б.Ельцина

Химия

УДК: 631. 895 (575.2)

Арзиев Ж. А., Жолдошев Б. С.
НАН КР, Ош
Алтыбаева Д. Т.
ОшГУ, Ош
Arziev Zh. A., Zholdoshev B. S.
NAS KR, Osh
Altybaeva D. T.
Osh State University, Osh

Исследования эффективности действия гумино - минеральных удобрений на хлопчатник при листовой подкормке

Жалбырагы аркылуу азыктандырууда гумин-минерал жер семирткичинин пахтага тийгизген таасиринин эффективдүүлүгүн изилдөө

Studies of the effectiveness of the effect of humic-mineral fertilizers on cotton with foliar application

На основе полевых опытов было изучено влияние гумино- минеральных удобрений (ГМУ) «Береке» на хлопчатник при листовой подкормке. ГМУ содержит в своем составе: гумат натрия, азотные удобрения и микроэлементы. Листовая подкормка хлопчатника проводилась методом опрыскивания. Было установлено, что ГМУ положительно влияет на рост, развитие, урожайность хлопчатника и на технологические качества хлопкового волокна, а также на формирование листовой поверхности растения хлопчатника.

Ключевые слова: гумино- минеральные удобрения; полевой опыт; хлопчатник; рост, развитие и урожайность хлопчатника; технологические свойства хлопковых волокон; формирование листовой поверхности.

Талаа тажырыйбасын колдонуу менен, жалбырак аркылуу азыктандыруу мезгилинде «Береке» гумин-минерал жер семирткичинин (ГМЖС) пахтага болгон таасири изилденди. ГМЖС курамы боюнча натрийдин гуматы, азот жер семирткичинен жана микроэлементтерден турат. Жалбырак аркылуу азыктандыруу жер семирткичинин суудагы ээритиндисин пахтанын жалбырагына чачуу ыкмасы менен жүргүзүлдү. Гумин-минерал жер семирткичи менен пахтанын анын жалбырагы аркылуу азыктандыруу: пахтанын өсүүсүнө, өнүгүүсүнө, түшүмдүүлүгүнө жана пахта буласынын сапатына, ошондой эле пахта өсүмдүгүнүн жалбырагынын өсүүсүнө оң таасир берери аныкталды.

Урунттуу сөздөр: гумин-минерал жер семирткичи; талаа тажырыйбасы; пахта өсүмдүгү; жалбырак аркылуу азыктандыруу; пахтанын өсүүсү, өнүгүүсү жана түшүмдүүлүгү; пахта буласынын сапаты; пахтанын жалбырагынын өсүүсү.

On the basis of field experiments, the effect of humic-mineral fertilizers (HMF) “Bereke” on cotton with foliar application was studied. HMF contains in its composition: sodium humate, nitrogenous fertilizers and trace elements. Sheet top dressing of cotton was carried out by spraying. It was found that GMU has a positive effect on the growth, development and yield of cotton and on the technological quality of cotton fiber, as well as on the formation of the leaf surface of a cotton plant.

Keywords: humic -mineral fertilizers, field experience, cotton, growth, development and yield of cotton, technological properties of cotton fibers, leaf surface formation

Введение: Внекорневая подкормка за последние несколько десятилетий в мировой агрономической практике стало общепринятой [1]. Целесообразность внекорневых подкормок (ВКП) растений элементами питания подтверждаются следующими аргументами. Во – первых, при ВКП не происходит химического связывания почвой необходимых растению питательных веществ. Во – вторых, при ВКП значительно снижается расход минеральных удобрений при высоких результатах [2].

Внекорневая подкормка имеет ряд преимуществ. Он экономичнее, так как позволяет обойтись значительно меньшим количеством удобрений на 1га, а нанесение их на

листья не требуют особых затрат. Главное ее преимущество - быстрая доставка питательных веществ, в критические периоды развития растений [3].

Большая часть исследований по листовой подкормке растений и плодовых деревьев были проведены с минеральными удобрениями типа азотных, фосфорных, калийных и др. [4,5]. В свою очередь, влияние гуминовых стимуляторов роста растений – гуматов и гуминовых удобрений на листовой подкормке растений, особенно на хлопчатник изучено недостаточно.

Своего производства минеральных удобрений в Кыргызской Республике не имеется. Но, в это же время в КР имеются большие запасы окисленных бурых углей для производства гумино-минеральных удобрений (ГМУ) [6].

На основе этих обстоятельств было решено использовать гумино-минеральные удобрения (ГМУ) «Береке», разработанные в Институте природных ресурсов ЮО НАН КР для внекорневого питания на хлопчатнике. ГМУ содержит в своем составе: гумат натрия, азотное удобрение и микроэлементы.

Исходя из этого было изучено влияние гумино-минеральных удобрений «Береке» на хлопчатник при листовой подкормке.

Целью исследования являются, изучение эффективности действия ГМУ на рост, развитие и урожайность хлопчатника, а также на технологические свойства хлопковых волокон при листовой подкормке.

Задачей исследования было проведение полевых опытов с хлопчатником по изучению влияния ГМУ на рост, развитие, урожайность хлопчатника и на технологические свойства хлопковых волокон, при листовой подкормке.

Объекты и методы. Исследуемый объект хлопчатник сорта «Кыргызский-5». Метод исследования – полевой опыт. Полевой опыт проводился в 2018 году. Полевой опыт был заложен на полях Кыргызской опытной станции по хлопководству Кыргызского Государственного аграрного университета (Ошская область). Почвы опытного участка среднесуглинистый серозем давнего орошения. Климат континентальный с жарким сухим летом и непродолжительной зимой.

Полевые опыты проводились на основе исследования влияния ГМУ на рост, развитие, урожайность хлопчатника, технологические свойства хлопкового волокна при листовой подкормке.

Варианты опыта (схема опытов) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Схема опытов

вар.	Опрыскивание (листовая подкормка).
1	Контроль (без обработки)
2	Доза 40 мл на 10л воды
3	Доза 50 мл на 10 л воды
4	Доза 60 мл на 10 л воды

Изучаемые варианты были заложены в трехкратной повторности с расположением делянок в два яруса. Длина делянки 10,4 м, ширина 2,4м. площадь 25м². Общая площадь-300м².

На опытах проводились фенологические наблюдения и опытные замеры согласно методике полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения [7].

Учет роста и развития растений хлопчатника проводились:

- на 1 июля – промер высоты главного стебля, количество симподий и завязей;
- на 1 августа - промер высоты главного стебля, количество симподий, завязей и коробочек;
- на 1 сентября – промер высоты главного стебля, количество завязей и коробочек, в том числе раскрытых.

Для определения хозяйственно-технологических свойств волокна отбирались и испытывались пробные образцы в количестве 50 коробочек с каждого варианта. Учет урожая проводился вручную по делянкам опыта.

Результаты исследований

1. Фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника

В таблице 2 приведены результаты фенологических наблюдений за ростом и развитием хлопчатника в 2018 году.

Как видно из таблицы 2, фенологическими наблюдениями было установлено, что на 1 сентября по набору коробочек контрольный 1 вариант составил – 13,8 шт., а на вариантах 2,3 и 4 соответственно: 17,0; 11,6 и 16,5 шт. Под действием ГМУ при листовой подкормке, число коробочек возрастает от 19,56% (вариант 4) до 23,18 % (вариант 2) относительно производственного контрольного варианта 1 (N₃₀₀P₁₅₀K₁₀₀).

В свою очередь, количество раскрытых коробочек в вариантах опыта 2, 3 и 4, соответственно составляют: 1,3; 1,0 и 1,1 шт., против 1 контрольного варианта – 0,5 шт. Под действием ГМУ, раскрываемость коробочек возрастает по сравнению с контрольным вариантом 1 от 200% до 260%. Как видно из таблицы 2, по высоте главного стебля хлопчатника, набору коробочек и по числу раскрытых коробочек хлопчатника, в качестве оптимального варианта можно отметить вариант 2

Таблица 2

Результаты фенологических наблюдений за ростом и развитием хлопчатника на основе полевых опытов проведенные в 2018 году

	1 июля			1 августа				1 сентября			
	Высота см	Кол-во (шт)		Высота см	Кол-во (шт)			Высота см	Кол-во (шт)		
		Симподий	Завязей		Симподий	Завязей	Коробочек		Завязей	Коробочек	В.т.и. раскрытых
1	16,4	2,6	0,2	66,3	9,9	8,5	2,4	67,6	10,1	13,8	0,5
2	21,5	3,9	0,8	79,4	11,8	11,6	4,7	76,0	10,5	17,0	1,3
3	20,0	3,7	0,6	65,4	10,6	8,4	3,5	75,4	9,6	11,6	1,0
4	20,4	1,7	0,7	67,7	11,0	11,4	3,1	76,5	10,6	16,5	1,1

2. Влияние ГМУ на урожайность хлопчатника

Как ожидалось положительное влияние ГМУ на рост и развитие при листовой подкормке способствовало в свою очередь повышению урожайности хлопчатника. Результаты исследований по изучению урожайности хлопчатника сорта «Кыргызский - 5» под действием ГМУ при листовой подкормке, по данным полевых опытов проведенных в 2018 году, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Влияние ГМУ на урожай хлопка – сырца (ц/га), при листовой подкормке по данным полевых опытов проведенные в 2018 году.

№ вар.	I	II	III	сумма	Урожайность, ц/га	Отклонение +/-
1	31,5	29,1	31,8	92,4	30,8	
2	32,1	29,1	30,9	92,1	30,7	-0,1
3	32,4	29,7	31,5	93,6	31,2	+0,4
4	31,9	31,7	30,9	94,5	31,5	+0,7

Как видно из таблицы 3, применение ГМУ при листовой подкормке положительно влияет на урожайность хлопчатника. При вариантах опыта 2, 3 и 4 урожайность хлопчатника составляет соответственно: 30,7; 31,2; и 31,5 ц/га по сравнению с производственным контрольным вариантом 1(N₃₀₀P₁₅₀K₁₀₀) равный 30,8 ц/га. Увеличение урожайности хлопчатника по вариантам опыта 2,3 и 4 относительно контрольного варианта 1 составляет от 0,4ц/га до 0,7ц/га или в процентах 1,30 % до 2,27 %.

3. Влияние ГМУ на технологические свойства хлопкового волокна.

Наряду с положительным влиянием на урожайность хлопчатника ГМУ положительно влияет на технологические свойства хлопкового волокна хлопчатника сорта «Кыргызский-5». Результаты исследования по изучению влияния ГМУ при листовой подкормке на технологические свойства хлопкового волокна, по данным полевых опытов проведенных в 2018 году, приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Влияние ГМУ на технологические свойства хлопкового волокна при листовой подкормке. Данные полевых опытов, проведенных в 2018 году.

№ вар.	выход волокна, %	крепость волокна г/с	номер метрический	разрывная длина, км	длина, мм
1	37,4	4,9	5540	27,0	32,4
2	35,6	4,7	5640	26,1	32,1
3	37,2	4,9	5540	27,0	32,3
4	38,0	5,0	5550	27,2	32,4

Как видно из таблицы 4, ГМУ положительно влияет на такие свойства хлопкового волокна: выход волокна, крепость волокна и разрывная длина волокна. Наиболее оптимальным вариантом опыта является вариант 4. При этом варианте выход волокна, крепость волокна и разрывная длина волокна соответственно составляют: 38,0%; 5,0г/с и 27,2 км. При этом соответствующие параметры контрольного 1(N₃₀₀P₁₅₀K₁₀₀) варианта

имеют следующие значения: выход волокна – 37,4 %, крепость волокна – 4,9 г/с и разрывная длина волокна – 27,0 км.

Как известно процесс фотосинтеза происходит в листьях растений, где создается 90-95% сухой массы урожая, следовательно, чем больше листьев у растения, тем выше его продуктивность. Многими исследователями установлено, что в формировании урожая большое значение имеет площадь листовой поверхности [8,9].

А.А Ничипорович [9] считает, что максимальный урожай обеспечивается при достижении суммарной площади листьев в период наиболее активного роста растений 40-60 тыс. м²/га.

Исходя из этого было изучено влияние ГМУ на площадь листьев хлопчатника при листовой подкормке. Результаты этих исследований приведены в таблице 5.

Таблице 5

Влияние ГМУ на площадь листьев хлопчатника при листовой подкормке.

№ вариантов	Фактическая густота стояния, тыс/га	Площадь листовой поверхности			
		1 июля		1 августа	
		Одного растения см ²	1 га посева, тыс. см ²	Одного растения см ²	1 га посева, тыс. см ²
1	79,8	270,9	2,16	2012,9	16,06
2	80,1	267,3	2,14	2035,0	16,30
3	80,0	282,8	2,26	2057,7	16,46
4	79,9	278,5	2,22	2060,1	16,46

Как видно из таблицы 5, площадь листовой поверхности хлопчатника на одного растения по вариантам опыта 2,3 и 4 на первое августа соответственно составляло: 2035,0см²; 2057,7см² и 2060,1см² против контрольного варианта 1 равный 2012,9см². Таким образом применение ГМУ при листовой подкормке позволяет увеличить площадь листовой поверхности хлопчатника на одного растения от 1,10% до 2,34% относительно контрольного варианта 1.

Как видно из таблицы 5, в свою очередь на первое августа, применение ГМУ при листовой подкормке позволяет увеличить площадь листовой поверхности хлопчатника на 1 га посева от 1,49% до 2,49% против контрольного варианта 1.

Выводы

1. Гумино - минеральные удобрения (ГМУ) при листовой подкормке оказывает положительное влияние на рост, развитие и урожайность хлопчатника сорта «Кыргызский-5».

2. Применение ГМУ при листовой подкормке ускоряет рост, развитие и созревание урожая хлопчатника. Под действием ГМУ число коробочек возрастает от 19,56% до 23,18% относительно производственного контрольного варианта 1 (N₃₀₀P₁₅₀K₁₀₀). Под действием ГМУ раскрываемость коробочек возрастает по сравнению с производственным контрольным вариантом 1 от 200,0 % до 260,0 %.

3. Применение ГМУ при листовой подкормке положительно воздействует на урожайность хлопчатника. При вариантах полевых опытов с применением ГМУ при листовой подкормке урожайность хлопчатника возрастает от 0,4 ц/га до 0,7ц/га по сравнению с производственным контрольным вариантом 1 (N₃₀₀P₁₅₀K₁₀₀).

4. ГМУ положительно воздействует на технологические свойства хлопкового волокна: увеличивается выход волокна, крепость волокна и разрывная длина волокон.

5. Применение ГМУ при листовой подкормке положительно воздействует на формирование листовой поверхности растения хлопчатника. Под действием ГМУ площадь листовой поверхности хлопчатника на 1 га посева увеличивается от 1,49% до 2,49% против относительно производственного контрольного варианта 1(N₃₀₀P₁₅₀K₁₀₀).

Список цитируемых источников

1. Трунов Ю.В., Грезнев О.А. Некорневые подкормки как способ управления минеральным питанием яблони / Ю.В. Трунов, О.А. Грезнев // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: материалы междунар. научно-прак. конф. (Краснодар, 7-10 сентября 2004г). – Краснодар: Изд-во Куб ГАУ, 2004. - с.87-96.
2. Дорошенко Т.Н. Перспективы экологизации садоводства на Юге России / Т.Н. Дорошенко // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: материалы междунар. научно-прак. конф. (Краснодар, 7-10 сентября 2004г). – Краснодар: Изд-во Куб ГАУ, 2004. – с.3-16.
3. Гурьянова Ю. В., Рязанова В.В., Марченко Ю.О. Влияние некорневых подкормок на урожай и качество яблок. / Ю.В. Гурьянова, В.В. Рязанова, Ю.О. Марченко // Вестник Мичуринского Государственного аграрного университета. - 2013. -№4. -с.19-21.
4. Мирзаев Ш.Ф., Азизов Б.М., Бердибаев Е.Ю. Влияние некорневой подкормки на формирование продуктивных органов и урожайность зерна озимой пшеницы/Ш.Ф. Мирзаев, Б.М. Азизов, Е.Ю. Бердибаев //Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях. Сб. научн. тр. –ФГБНУ Прикаспийский НИИ аридного земледелия «ПНИИАЗ», 2015. -274с., с.30-34.
5. Сортвые особенности калийного питания яблони при некорневых питаниях / Е.И. Леончиева [и др.] //Садоводство и виноградарство. - 2015. -№5. – с.35-45
6. Арзиев Ж.А. Изучение эффективности действия гумино-минеральных удобрений и гуматов под хлопчатник / Ж.А.Арзиев // Известия НАН КР. -2009. -№4. – с.194-199.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (основами статистической обработки результатов исследований)/Б.А.Доспехов. -5-е изд. доп. и перераб. -М.: Агропромиздат.1985. -351с.
8. Гурина И.В. Фотосинтетическая деятельность посевов многолетней травосмеси в условиях рекультивации золоотвала /И.В.Гурина // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. -2010. -№8. - с.1-6.
9. Ничипорович А.А. Теоретические и практические аспекты проблемы фотосинтеза. /А.А. Ничипорович // Вестник АН СССР. -1972. - №12. - с. 69-76.

Рецензенты: Токтомаматов А. – доктор химических наук, профессор ОшГУ им. М.Адышова

Абдуллаева М.Д. – доктор технических наук, профессор ОшГУ

УДК: 541.486.541.11.541.49.

Рахимова М., Давлатшоева Дж. А., Рахмонов И.Р., Эмомадова Ш.

Таджикский национальный университет, Душанбе

Алтыбаева Д.Т.

Ошский государственный университет, Ош

Rakhimova M., Davlatshoeva J.A., Rakhmonov I.R., Emomadova Sh.

Tajik National University, Dushanbe

Altybaeva D.T.

Osh State University, Osh

Ацетатные координационные соединения железа и их биологическая активность

Темирдин ацетаттык координациялык бирикмелери жана алардын биологиялык активдүүлүгү

Acetate coordination compounds of iron and their biological activity

Методом окислительного потенциала изучена система $Fe(II)-Fe(III)-CH_3COOH-H_2O$ на перхлоратном и сульфатном фонах при 298,16 K и ионной силе раствора 1,0 моль/л в интервале pH от 0,5 до 8,3. Установлено образование 5 комплексов Fe(III) и 4 - Fe(II) следующего состава: $[FeL(H_2O)_5]^{2+}$; $[FeLOH(H_2O)_4]^+$; $[FeL_2(H_2O)_4]^+$; $[Fe^{III}Fe^{II}(L)_2(OH)_2(H_2O)_8]^+$; $[FeL(OH)_2(H_2O)_3]^0$; $[FeL(H_2O)_5]^+$; $[FeLOH(H_2O)_4]^0$; $[FeL_2(H_2O)_4]^0$ и $[Fe^{II}Fe^{III}(L)_2(OH)_2(H_2O)_8]^+$. Определены области их существования и доминирования, константы образования и модельные параметры. Изучены биологические свойства комплексов, имеются рекомендации по использованию гетеровалентного ацетатного комплекса в различных областях сельского хозяйства и в составе солей для лечебных ванн.

Ключевые слова: координационные соединения; лиганды; потенциал системы; константы образования комплексов.

Кычкылдандыруучу потенциал усулунун негизинде $Fe(II) - Fe(III) - CH_3COOH - H_2O$ системасы перхлораттык жана сульфаттык фонддо 298,16K, эритменин иондук күчү 1,0 моль/л жана pH мааниси 0,5-0,3 чейинки интервалда изилденди. Төмөндөгүдөй составга ээ болгон 5 комплекстин Fe(III) жана 4 - Fe (II) пайда болуусу аныкталды: $[FeL(H_2O)_5]^{2+}$; $[FeLOH(H_2O)_4]^+$; $[FeL_2(H_2O)_4]^+$; $[Fe^{III} Fe^{II}(L)_2(OH)_2(H_2O)_8]^+$, $[FeL(OH)_2(H_2O)_3]^0$; $[FeL(H_2O)_5]^+$; $[FeLOH(H_2O)_4]^0$; $[FeL_2(H_2O)_4]^0$; $[Fe^{II} Fe^{III} (L)_2(OH)_2(H_2O)_8]^+$. Алардын пайда болуу константалары жана моделдик параметрлери аныкталды. Комплекстердин биологиялык касиеттери изилденди, гетероваленттүү ацетаттык комплекстердин айыл чарбасынын ар түрдүү тармактарында жана туздардын составында дарылоочу ванналарда колдонуу сунушталды.

Урунттуу сөздөр: координациялык бирикмелер; лиганда; системанын потенциалы; комплекстердин пайда болуу константасы

Areas of their existence and dominance, education constants and model parameters are determined. The biological properties of complexes have been studied, there are recommendations on the use of a heterovalent acetate complex in various fields of agriculture and in the composition of salts for therapeutic baths $[FeL(H_2O)_5]^{2+}$; $[FeLOH(H_2O)_4]^+$; $[FeL_2(H_2O)_4]^+$; $[Fe^{III}Fe^{II}(L)_2(OH)_2(H_2O)_8]^+$; $[FeL(OH)_2(H_2O)_3]^0$ $[FeL(H_2O)_5]^+$; $[FeLOH(H_2O)_4]^0$; $[FeL_2(H_2O)_4]^0$ and $[Fe^{II}Fe^{III}(L)_2(OH)_2(H_2O)_8]^+$. system on perchlorate and sulfate backgrounds at 298.16 K and the ionic strength of the solution 1.0 mol / l in the pH range from 0.5 to 8.3 was studied by the oxidative potential method. The formation of 5 Fe (III) and 4 - Fe (II) complexes of the following composition was established:

Keywords: coordination compounds; ligands; system potential; complex formation constants

Координационные соединения железа с органическими лигандами широко применяются в медицинской практике, фармакологии, в различных областях сельского хозяйства, ветеринарии и птицеводства. Природа лиганда, его количество во внутренней координационной сфере комплекса существенно влияют на его свойства, а ионы металлов могут активировать биологические компоненты соединения. Металл и лиганд не являются инородными для всех биологических объектов. Поэтому довольно часто лиганд снимает побочные эффекты медицинских и ветеринарных препаратов. В связи с этим, большое внимание уделяется синтезу и исследованиям процессов образования координационных соединений биометаллов, в том числе и железа, с лигандами органических кислот.

Ацетатное комплексообразование железа(II) и железа(III) в водных растворах, термодинамические характеристики ионных равновесий были изучены ранее детально сотрудниками кафедры физической и коллоидной химии, научно-исследовательской лаборатории «Координационной химии» Таджикского национального университета классическим, простым и доступным методом окислительного потенциала Кларка-Никольского. Теория метода позволяла делать расчеты равновесий только в кислой области pH до 3,8-4,0. Теория метода была расширена Таджикскими учеными химиками, профессорами Якубовым Х.М. и Юсуповым З.Н. Для расчетов ими были предложены новое общее уравнение окислительного потенциала системы и окислительная функция. Это позволило изучать процессы образования координационных соединений во всем интервале pH, во всех системах независимо от их сложности, основности органических кислот, дентатности лиганда и состава образующихся комплексов.

Использование предложенных методик позволило изучить систему **Fe(II)-Fe(III)-CH₃COOH-H₂O** на перхлоратном и сульфатном фонах при 298,16 К и ионной силе раствора 1,0 моль/л в интервале pH от 0,5 до 8,3. Согласно теории метода ЭДС изученной системы является функцией следующих переменных: pH, pC₀, pC_T и pC_L, где: p-обратные логарифмы C₀ и C_T – общих концентраций окисленной и восстановленной форм железа, C_L – общей концентрации уксусной кислоты. Экспериментальные результаты и их анализ показали, что в системе образуются 5 комплексов Fe(III) и 4- Fe(II) состава: [FeL(H₂O)₅]²⁺; [FeLOH(H₂O)₄]⁺; [FeL₂(H₂O)₄]⁺; [Fe^{III}Fe^{II}(L)₂(OH)₂(H₂O)₈]⁺; [FeL(OH)₂(H₂O)₃]⁰ [FeL(H₂O)₅]⁺; [FeLOH(H₂O)₄]⁰; [FeL₂(H₂O)₄]⁰ и [Fe^{II}Fe^{III}(L)₂(OH)₂(H₂O)₈]⁺. При pH от 0,5 до 3,5 образуется мооядерный комплекс с одним лигандом, затем, частица состава [FeL₂(H₂O)₄]⁺, она доминирует в области pH от 1,5 до 8,0. Далее идет конкуренция за место во внутренней сфере комплекса между гидроксил- и ацетат-ионами, образуется смешаннолигандный гидроксокомплекс состава [FeLOH(H₂O)₄]⁺ (от pH 1,0 до 8,5) и [FeL(OH)₂(H₂O)₃]⁰, а также наиболее устойчивое гетеровалентное координационное соединение [Fe^{III}Fe^{II}(L)₂(OH)₂(H₂O)₈]⁺. Оно имеет максимальную степень накопления 96,3 %. Такие модельные параметры делают направленный синтез данного соединения легко осуществимым, так как при этом получается достаточно высокий выход конечного продукта (до 88,7 %). Комплексы двухвалентного железа образуются в менее кислой и более нейтральной средах. Определены константы образования комплексов. Смешаннолигандные гидроксокомплексы более устойчивы, чем чистолигандные, что связано с увеличением сил притяжения между основными базисными частицами комплекса.

Исследованы биологическая активность синтезированных ацетатных комплексов железа. Проведены лабораторные, вегетационные и даже производственные испытания

одного из наиболее эффективных координационных соединений – гетеровалентного гидроксоацетатного комплекса на хлопчатнике, садовых культурах и виноградных насаждениях. Имеются патенты и рекомендации по использованию указанного комплекса в различных областях сельского хозяйства и в составе солей для лечебных ванн.

Список цитируемых источников

1. Кожемякин В.С. Применение комплексонатов металлов в качестве микроудобрений и их анализ на рост и урожай картофеля //Тез. докл. III Всесоюзн. совещания по химии и применению комплексонов и комплексонатов металлов. -Челябинск, 1988. с. 231.
2. Сальников Ю.И., Блебов А.Н., Девятов Ф.В. Полиядерные комплексы в растворах. – Казань: Изд. КУ. -1989. с. 287
3. Яцимирский К. В., КриссЕ.Е., Гвяздовская В. J1. Константы устойчивости комплексов металлов с биолигандами. -Киев: Наук.Думка. -1970. с.228
4. Островская Л.К. Биохимическая роль железа в растениях//Фотосинтез и пигменты как факторы урожая. -Киев. - 1965.- с.15.
5. Якубов Х.М., Оффенгенден Е.Я. Термодинамика реакций комплексообразования // Комплексообразование в окислительно -восстановительных системах. -Душанбе: ТГУ. - Вып.2. -1973. с. 5-12.
6. Горощенко Я.Г., Спасибенко Т.П., Филатова С.А. Расчет констант диссоциации и полимеризации уксусной кислоты // Журн.физ.ХИМИИ. -1976. -Т. 50, N 6. с. 1555-1557.

Рецензенты: *Токтомаматов А.* – доктор химических наук, профессор ОшГУ им. М.Адышова
Абдуллаева М.Д. – доктор технических наук, профессор ОшГУ

Экология

УДК: 574,42:542(575.2)(04)

Бообекова С.Б., Дүйшөнбаева А.Д., Алмазбек уулу Тилек

Ж. Баласагын атындагы КУУ, Бишкек

Boobekova S.B., Duishonbaeva A.D., Almazbek u. Tilek

J. Balasagyn KNU, Bishkek

Химия сабагын окутууда экологиялык көйгөйлөрдү чагылдыруу

Освещении экологических проблем на уроках химии

Teaching chemistry in environmental issues

Химия сабагын өтүүдө мугалимдер закондор, заттар жөнүндө теориялык берилишин, теңдемелерин, алынышын, колдонулушун эле өтүп, экологияга тийгизген таасирлери, алардын кесепеттери жөнүндө көпчүлүк учурда сөз кылышпайт. Ошондуктан, берилген макалада биз химиялык заттарды өтүп жатканда алардын экологиясына, кесепеттерине кантип көңүл бөлүп, окуучуларга түшүндүрүш керек экендигин эки-үч теманын мисалында келтирдик.

Урунттуу сөздөр: экология, “кислоталык жаан”, фотохимиялык туман, фотосинтез.

При проведении уроков по химии учителя обращают внимание только на теоретические вопросы законов, веществ. Обычно они объясняют физико-химические свойства веществ, пишут уравнения реакции, рассказывают о получении и распространении этих веществ в природе и т.д. В большинстве случаев, учителя не обращают внимания на экологическую сторону веществ и последствия экологического воздействия веществ на организм человека, и к чему приведет неразумное применения химических веществ. В данной статье, на примере двух-трех тем мы приводим примеры как надо освещать экологические вопросы при обучении той или другой темы химии.

Ключевые слова: экология, “кислотный дождь”, фотохимический туман, фотосинтез.

When conducting lessons in chemistry, teachers pay attention only to theoretical questions of laws, substances. Usually they explain the physicochemical properties of substances, write reaction equations, tell about the production and distribution of these substances in nature, etc. In most cases, teachers do not pay attention to the environmental side of substances and the consequences of the environmental effects of substances on the human body, and what would be unwise use of chemicals. In this article, on the example of two or three topics, we give examples of how to cover environmental issues when teaching one or another topic of chemistry.

Keywords: ecology, “acid rain”, photochemical fog, photosynthesis.

Илим жана техниканын өсүшү менен катар эле адамзаттын айлана чөйрөгө, жаратылышка жасаган таасири көбөйдү. Антропогендик факторлордун натыйжасында көптөгөн локалдуу (кислоталык жаан, радиоактивдүү нурлар ж.б.), аймактык (оор металлдар, жер-семирткичтер, пестициддер ж.б.), дүйнөлүк-глобалдуу (парник эффектиси, озон катмарынын жукарышы ж.б.) көйгөйлөр пайда болду [1].

Бул көйгөйлөр адамзаттын ден-соолугуна, жашоо-тиричилигине социалдык абалдарына өзүлөрүнүн терс таасирин тийгизип жаратылышка, коомго чоң-чоң зыяндарды келтирип жатат.

Заманбап турмушта химиялык заттар баардык жакта колдонулат, биздин дем алган абабыз, ичкен суу, тамак аш, дары-дармектер, кийген кийимдерибиз, өндүргөн продукциябыз, ж.б. баары химиялык заттардан турат, ошондуктан химиялык заттарсыз жашообузду элестетүүгө болбойт жана аларды колдонбой коё албайбыз, бирок ашыкча колдонбошубуз керек.

Берилген 1,2-таблицааларда кээ бир абада, тамак-ашта, сууда кайсы затты кандай нормада колдонуш керек экендиги берилди (ДСС (ВОЗ) уюмунун таблицасы) [2].

Кээ бир химиялык заттардын кыртыштагы ПДК-чектелген концентрациялары, мг/кг менен

1-Таблица

Заттар	ПДК- чектелген концентрация	Лимиттелген белгилери
Бенз(а)пирен	0,02	Жалпы санитардык
Бензин	0,1	Абадагы жыты (миграциялык)
Ванадий	150	Жалпы санитардык
Мышьяк	2	Транслокациялык
Сымап	2,1	-//-
Коргошун	3,2	Жалпы санитардык
Кобальт	5	-//-
Полихлорбифенид (суммасы)	0,06	-//-
пестициддер	1	Жалпы санитардык
нитраттар	2,5	-//-

Кээ бир тамак-аш продуктыларынын коопсуздугу боюнча гигиеналык нормативдер.

2- таблица

Тамак-аш түрлөрү	Көрсөткүчтөр (уулуулугу)	Нормалар мг/кг менен
Эт азыктары: полуфабрикаттар, тоңдурулган, жаңы союлган	Уулуу заттар:	
	Коргошун	0,5
	Мышьяк	0,1
	Кадмий	0,05
	Сымап	0,03
Куш эттеринде	Пестицид (гексахлор циклогексан)	0,1
	Коргошун	0,5
	Мышьяк	0,1
	Кадмий	0,05
	Сымап	0,03
жумуртка	Пестициддер	0,1
	Коргошун	0,3
	Мышьяк	0,1
	Кадмий	0,01
	Сымап	0,02
Сүт продуктылары	Пестициддер	0,1
	Коргошун	0,1
	Мышьяк	0,05
	Кадмий	0,03
	Сымап	0,005
Дан-азыктар: буудай, сулуу, арпа, күрүч, жүгөрү, сорго	Коргошун	0,5
	Мышьяк	0,2
	Кадмий	0,1
	Сымап	0,03
	Коргошун	0,5
Макарондор	Мышьяк	0,2
	Кадмий	0,1
	Сымап	0,02

Эгер, берилген чектүү концентрациядан (ПДК) ашык болуп калса, ал сөзсүз ооруга, кырсыкка алып келет. Мисалы, “Ис газы” (CO) 1 м^3 абада 20 мг болуш керек, ал эми статистика боюнча Бишкектин Москва-Манас, Алма-Ата-Чүй көчөлөрүнүн кесилишинде 1 м^3 абада 60-80мг болуп кетет, демек нормадан 3-4 эсе көп болот, ошондуктан “тыгында” туруп калган айдоочулар баштары айланып, кусуп, ууланышат.

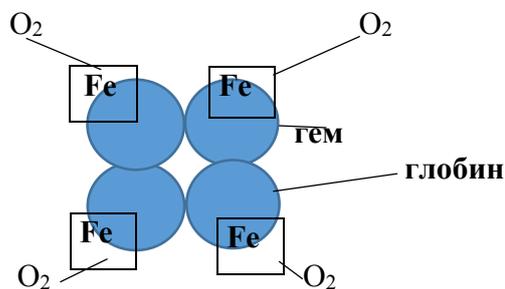
“Ис газы” абада кантип пайда болот?

Жаратылышта 100л абада 21л эле кычкылтек бар. Бул кычкылтек адамдар, жаныбарлар дем алуу үчүн эле берилген. Азыркы учурда жер шарында адамдардын саны 7,5 млрдка чейин жетип, жаныбарлар да көбөйдү. Ал эми антропогендик факторлордун негизинде өнөр жайларда, үйлөрдө от жакканда, транспортто отун күйгөндө, ж.б. көптөгөн технологиялык процесстерде жаратылыштагы кычкылтек (21%) колдонулуп жатат.

Кычкылтек аз жерде отун (газ, бензин, катуу отундар ж.б.) күйгөндө CO_2 менен кошо CO пайда болот. Статистикага кайрылсак, эгер 260 автомобиль 8 саат иштесе, абага 10т CO_2 , 1,5т CO бөлүнөт деп айтылат. Кыргызстанда машинанын саны 1000000 болду деп эсептесек, КРнын абасында $1500:260 \approx 5,8$ кг бир машинадан чыкса, $1000000 \times 5,8 \text{ кг} = 5800000 \text{ кг}$ же 5800т CO чыгат.

Аба менен кошо “Ис” газы организмге киргенде ал кандын гемоглобинин Fe^{+2} ионун тартып алып, карбоксигемоглобинди пайда кылат. Карбоксигемоглобин, гемоглобиндин организмдеги функциясын аткарбайт, анткени ал башка касиеттерге ээ болгон башка молекула.

Гемоглобин болсо дем алган кычкылтекти организмдин баардык точкаларына ташыйт экен жана организмде биологиялык, химиялык ж.б. процесстер жүрүп, энергия бөлүнүп чыгат, ошол энергиянын негизинде организм иштеп, жашап, температурабыз дайыма $36,6^\circ\text{C}$ болуп турат.



1-сүрөт. Гемоглобиндин молекуласынын схемасы

Ал эми гемоглобин карбоксигемоглобинге айланып кычкылтекти ташый албай калганда, жогорку процесстер жүрбөй калып, энергия аз болуп, адамдар ак кан (лейкемия), аз кандуулук оорусу менен ооруйт экен. [3] Албетте, бул ооруларга башка дагы мисалы, радиоактивдүү нурлар менен нурлануу дагы алып келет. [4]

Окуучуларга, студенттерге “кычкылтек”, “аба”, “көмүртек” темаларды өтүп жатканда, жогорку экологиялык таасирлерди баса көрсөтүүгө неге болбосун жана кычкылтекти көбөйтүү үчүн бак-дарактарды өстүрүп, токойлорду өрттөн, куурап калуудан сакташ керектигин үйрөтүш керек эмеспи. [5]

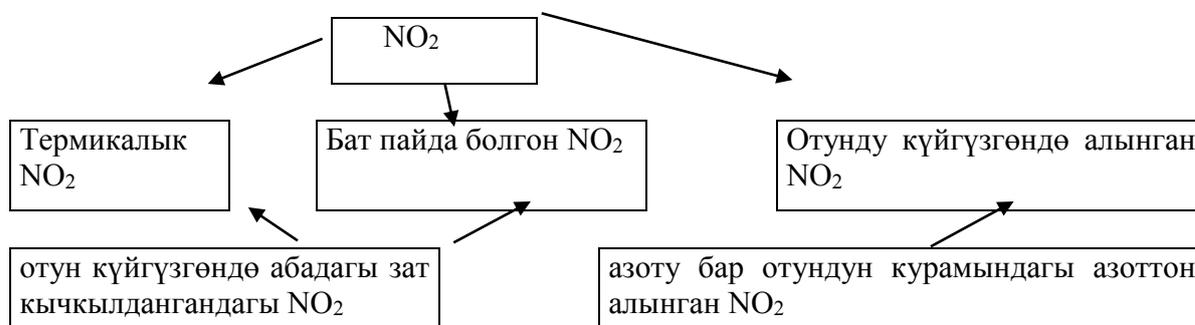
Абаны оор металлдар (коргошун, сымап ж.б.), фотохимиялык тумандан (смог), “Кислоталык жаандан”, аэрозолдордон сакташ үчүн дагы бак-дарактардын (декоративдүү эмес), токойлордун ролу чоң. Мисалы, “азот, азоттун оксиддери” “күкүрт жана анын бирикмелери”, “силикаттар” темаларын өтүп жатканда, “фотохимиялык туман”(смог), “кислоталык жаан” жөнүндө да түшүнүк бериш керек.

Фотохимиялык туман (смог) кандайча пайда болот?

Эгерде отун, таштандылардын курамында азот болсо күйгөн убактысында NO_2 бөлүнүп чыгат. Бул газды “күрөң” газ деп аташат, коюу туман сыяктуу газ. Абадагы

чаң, аэрозолдор менен кошулуп фотохимиялык туманды пайда кылат. Бийик үйлөрдү куруп коюшкандыктан, Бишкек шаарынын көчөлөрү тосулуп желаргы (сквозняк) болбой, шаардын үстүн фотохимиялык туман каптап турат.

NO₂ -нин пайда болуу схемасы.



Фотохимиялык туман адамдарды бронхиалдык астма, эмфизем, аллергиялык ринит, пневмония ж.б. оорулар менен оорушуна алып келет.

Фотохимиялык тумандан, аэрозолдордон өз алдынча табигый тазалоо жүрүш үчүн дагы эле бак-дарактардын көп болушу шарттуу, себеби аэрозолдор, чандар, суунун буусу кошулушуп, оор болуп, жалбырактарга конуп калат. Ошондуктан, канчалык токой тилкеси, бак-дарактар көп болсо фотохимиялык туман дагы азаят.

“Кислоталык жаанды” пайда кылуучу антропогендик газдар SO₂, NO₂. Булардын булактары: көмүрдү, отундарды жакканда, өнөр-жайда металлдарды өндүргөндө, транспорттон чыккан газдарда, резина күйгүзгөндө ж.б. пайда болот. SO₂ нин абада болушу адамдардын дем алуу органдарынын оорушуна, өмүрдүн азайышына, топурактын кычкыл чөйрөсүнүн көбөйүшүнө (pH≤5,5) алып келет, себеби булардан күчтүү кислоталар H₂SO₄, HNO₃ пайда болот.

Экологиялык билим берүүдө ар түрдүү эле (резина) отундарды жага бербеш керек экенин түшүндүрүү керек.

Адамдар, жаныбарлар, өсүмдүктөргө терс таасир этүүчү антропогендик факторлордун 2-3 эле факторлорун карап өтүк. Ал эми мугалим чыгармачылык менен иштеген болсо, химиянын ар бир темасында экологиялык көйгөйлөрдү таап, аларды кантип чечүү керек экендигин окуучуларга түшүндүрсө болот. Бул болсо окуучулардын химияга болгон кызыгуусун арттырып, турмуш тиричилигинде химиялык заттарды туура колдонууга алып келет деп ойлойбуз. Ошондо суу, аба, топурак таза болсо, адамдардын да ден-соолугу таза болот.

Пайдаланылган булактардын тизмеси

1. Бообекова С.Б., Ниязов Т.З. Геохимиянын экологиялык проблемалары. “Университет” басмасы Бишкек 2012. с.18-28
2. Руководство по контролю качества питьевой воды. Женева: ВОЗ, 1986-Т. рекомендации
3. Гигиеническое регламентирование химических веществ в природных водах. Физико-химические методы очистки воды управление водными ресурсами. Проект Изд: “Water Harmony” 2015. с.212-218
4. Шустов С.Б., Шустова Л.В. Монооксид углерода. Экологические ловушки. Химические основы экологии. М.: “Просвещение” 1996. с.114
5. Бообекова С.Б. Кычкылтек, күкүрт, азот, көмүртек. Элементтердин химиясы. “Полиграф бум ресурсы” басмасы Бишкек 2017. с.45-121

Рецензенты: Молдошев А.М. – кандидат химических наук, профессор КГУ им.И.Арабаева

Кочкорова З.Б. – кандидат химических наук НАН КР.

УДК:502.56/.568

Джамгырчиев Д. Ч., Атабаева Э. А.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Djamgyrchiev D. Ch., Atabaeva E. A.
J. Balasagyn KNU, Bishkek

**Проявления опасных природных явлений (ОПЯ) и техногенных процессов (ТП)
в ландшафтах западной части Чуйской долины Кыргызстана**

**Кыргызстандын Чүй өрөнүнүн батыш бөлүгүнүн ландшафтарында
коркунучтуу табигый жана техногендик кубулуш процесстеринин жүрүшү**

**Dangerous natural and technogenic phenomena and processes in landscapes of the
Western part of the Chui valley of Kyrgyzstan**

Изменение климата Земли отразилось и на территории Кыргызстана через участившиеся проявления опасных природных явлений и техногенных аварий в хрупких горных экосистемах и ландшафтах.

***Ключевые слова:** изменение климата; опасные природные явления; горнопромышленные ландшафты; оползень; природные и техногенные ландшафты.*

Жердин үстүндөгү климаттын өзгөрүүсү Кыргызстандын аймагында коркунучтуу жаратылыш жана техногендик кубулуш авариялардын тоо экосистемасында жана ландшафтарында жүрүүсү менен коштолууда

***Урунттуу сөздөр.** климаттын өзгөрүшү; коркунучтуу жаратылыш кубулуштары; тоо өнөр жай ландшафтары; жер көчкү; жаратылыш жана техногендик ландшафтары.*

The change of climate of Earth was reflected and on territory of Kyrgyzstan through the becoming more frequent display of the dangerous natural phenomena and technogenic accidents in fragile mountain ecosystems and landscapes.

***Keywords:** change of climate; dangerous natural phenomena; mining landscapes; landslide; natural and technogenic landscapes.*

В Кыргызстане, по данным специалистов, насчитывается более 75 разновидностей опасных процессов и явлений природного, техногенного, экологического, биологического и социального характера [1]. Однако мониторингом и прогнозом охвачено не более 10 видов катастроф, наиболее часто повторяющихся и представляющих значительную угрозу для человека.

По генезису все основные известные виды неблагоприятных опасных явлений Чуйской долины подразделяются на гидрометеорологические и геолого-геоморфологические. Одни из них происходят в виде внезапных и кратковременных событий (землетрясения, оползни, лавины, обвалы, сели и др.), принося большие материальные потери и гибель людей. Другие, например, наводнения, эрозия – развиваются длительное время, редко приводят к человеческим жертвам, однако могут вызывать при этом колоссальный материальный ущерб.

В связи с этим необходимо дать определения, что мы понимаем под опасными природными явлениями (ОПЯ) и чрезвычайными ситуациями (ЧС) и техногенными авариями (ТА).

Опасные природные явления (ОПЯ) – стихийные бедствия природного происхождения, которые по своей интенсивности, масштабам распространения и продолжительности могут вызвать отрицательные последствия для жизнедеятельности людей, экономики и природной среды.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей

или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение жизнедеятельности людей.

Стихийное бедствие (СБ) – катастрофическое природное явление (процесс), который может вызвать многочисленные человеческие жертвы, значительный материальный ущерб и другие тяжелые последствия.

Существенную роль в активизацию негативных природных процессов вносит антропогенная деятельность. Так, в западной части Чуйской долины активно ведется сельскохозяйственная деятельность, которая сопровождается провоцированием тех природных явлений и процессов в ландшафтах, бывших до момента антропогенного воздействия в стабильном и устойчивом состоянии.

Например, на предгорном шлейфе Кыргызского хребта в западной части Чуйской области, как видно из космического снимка (рис.1), полученного из фондов GoogleMap, отчетливо проступают следы ирригационной и ветровой эрозии как следствие сельскохозяйственной деятельности. Кроме того, на эту ситуацию повлияло и природная расположенность данной части территории, т.к. она является самой засушливой территорией Чуйской долины и в большей степени подвержена дефляции из-за суховеев дующих с пустыни Моюнкум.



Рис.1. Эродированные земли предгорного шлейфа западной части Кыргызского хребта.

Последствия техногенного воздействия на горные экосистемы в процессе добычи и переработки минерального сырья свидетельствуют о том, что на всех этапах: проектирования, сооружения, эксплуатации и рекультивации на объектах были допущены серьезные ошибки и просчеты, которые стали причиной необратимой деградации окружающей среды в

локальном и региональном масштабах, стимулировали развитие и активизацию широкого спектра опасных природно-техногенных процессов.

Например, на юго-западном участке г. Кара-Балта отмечается загрязнение подземных вод нитратами и марганцем из-за утечек в прошлом загрязненных промышленных стоков из хвостохранилища гидрометаллургического завода Кара-Балтинского горнорудного комбината. Кроме того особую тревогу вызывает для окружающей среды и здоровья местного населения отходы горнорудного производства как один из видов ЧС и ТА, а также природно-техногенных опасных процессов влияющих на смежные территории (табл.1).

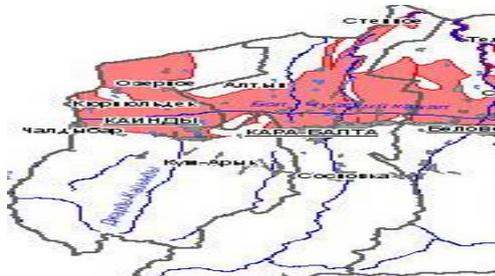
Таблица 1.

Отходы горнорудного производства

Наименование	Местоположение	Принадлежность	Объем млн. м ³	Основные загрязняющие вещества	Вид ОПП	Категория опасности
хвостохранилище АО Кара-Балтинского горнорудного комбината	г.Кара-Балта	А Кара-Балтинский горнорудный к-т	37,1	уран, молиб-ден, сульфаты, нитраты	подтопление	I

Анализ развития природных и природно-техногенных катастроф в мире и в Кыргызстане свидетельствует о том, что невозможно добиться экономического роста и устойчивого развития страны без надлежащих мер по сокращению ущерба, причиняемого стихийными бедствиями и чрезвычайными ситуациями природно-техногенного характера [2].

Чрезвычайные ситуации при промышленном и хозяйственном освоении горных территорий возникают под влиянием многих, зачастую внешне слабо меняющихся факторов, развитие которых протекает медленно. Техногенное воздействие на геологическую среду настолько радикально видоизменяет последнюю, что установить приближение катастрофы затруднительно. Процесс носит как бы скрытый характер и проявляется неожиданно в виде подтопления территорий, которая наблюдается в западной части Чуйской долины, образуя множество проблем для населения и здоровья людей, с привлечением материальных и финансовых ресурсов государства для решения данной проблемы, поэтому необходимо заранее прогнозировать эти неблагоприятные процессы (рис.2).



Площади возможного подтопления (глубина залегания подземных вод от 0 до 3 метров от поверхности земли) Фрагмент карты МЧС

Рис.2. Карта – схема прогноза подтопления на территории западной части Чуйской области.

Обуславливает остроту ситуации, порой неподготовленность к ней лиц, принимающих решения, упускается момент для своевременного проведения предупредительных и защитных мероприятий.

На основании гидрологических данных МЧС КР, из общего количества постоянно действующих и временных водотоков на территории западной части Чуйской долины выявлены объекты ОПЯ, на которых в отдельные периоды года могут формироваться опасные потоки селевого характера (табл.2).

Многофакторные явления селевых потоков связаны с целым рядом разнородных процессов: геологических, метеорологических, антропогенных, с изменением природных условий во времени цикличность ему принципиально не присуща.

Помимо селевых потоков ежегодно в результате таяния ледников и снежников, выпадения атмосферных осадков в виде дождя по указанным водотокам проходят паводки, с наибольшим пиком в июле-августе месяцах. Паводки сопровождаются резким поднятием уровня воды и, как следствие этого, возрастает угроза размыва берегов русел, повреждение автомобильных мостов и линейных сооружений. Всего в зоне поражения от селей и паводков расположены населенные пункты 5 айыл окмотов.

Таблица 2

Прогноз возможной активизации селей, паводков, береговой эрозии

№ п/п	Айыл окмоту	Река	Населенный пункт	Объекты возможного поражения
1	Ак-Сууский	р.Аксу, селевые потоки	а/дорога г.Аксу – минеральные Ключи Аксу, 10-26 км	Полотно автодороги, автомобильные мосты
2		Правый борт р.Аксу	с.Бала-Айылчи	Водозаборные сооружения

3	-/-	Склоновые потоки селевые		Водозаборные сооружения «Кой-Таш»
4	Первомайский	р.Аксуу	с.Ак-Суу	жилые дома
5	Садовый	селевые потоки	с.Садовое	жилые дома, приусадебные участки, сельхозугодья
6	Сретенский	р.Аксуу	с.Сретенка	жилые дома
7	Чапаевский	р. Кантон	автодорога Спартак- Маловодное	мост, автодорога

В связи с этим, для уверенного владения геоэкологической ситуацией на горных территориях необходимо проведение крупномасштабных ландшафтных изысканий с использованием материалов дистанционного зондирования (ДЗ) на ранних этапах освоения природных и минеральных ресурсов. Необходимо чёткое осознание последствий техногенного воздействия, а также проведение сбора данных о ОПЯ и особенностях ландшафтной структуры территории, что позволит в конечном итоге придерживаться основ устойчивого развития и рационального природопользования [3].

Список цитируемых источников

1. Айтматов И.Т, Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана //Наука и новые технологии. 1997 № 1. – с.129 – 137.
2. Баденков Ю.П. Устойчивое развитие горных территорий // Известия РАН, серия географическая, №6,1998. с.7-19.
3. Джамгырчиев Д.Ч. Ландшафтно-экологическая инфраструктура территории как основа экологической безопасности и рационального природопользования Кыргызстана. Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Махачкала,2012, с.91-96.

Рецензенты: *Молдошев К.О.* - кандидат географических наук, доцент КНУ им. Ж.Баласагына

Карамолдоев Ж. Ж. - кандидат географических наук, доцент КНУ им. Ж.Баласагына

УДК: 502.55

Джамгырчиев Д. Ч., Торобекова Т. А.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Djamgyrchiev D. Ch., Torobekova T. A.
J. Balasagyn KNU, Bishkek
amejin@rambler.ru

Экологические проблемы пастбищных ландшафтов Чон-Алайской долины Кыргызстана

Кыргызстандын Чоң-Алай өрөөнүнүн жайыт ландшафтарынын туруктуулугуна антропогендик факторлордун таасири

Influence of anthropogenic factors on the stability of pasture landscapes of the Chon- Alai Valley of Kyrgyzstan

Пастбища Чон-Алайской долины в настоящее время подвержены антропогенной эрозии, из-за перевыпаса на присельных участках. Данное исследование проводилось по внутривузовскому гранту КНУ им. Ж. Баласагына на 2017 г. по теме: «Экологическое состояние антропогенных ландшафтов Ошской области Кыргызской республики».

Ключевые слова: антропогенные ландшафты; деградация пастбищ; плоскостная и линейная эрозия.

Азыркы учурда Чоң-Алай өрөөнүнүн жайыттары, өзгөчө айылга жакындары антропогендик эрозияга дуушар болду. Бул изилдөө Ж. Баласагын атындагы КМУнун 2017 ж. "Кыргыз Республикасынын Ош облусунун антропогендик ландшафтынын экологиялык абалы" ички гранттык темасынын негизинде жүргүзүлгөн.

Урунттуу сөздөр: антропогендик ландшафтар; жайыттардын бузулушу; устунуу жана сызыктуу эрозиясы.

The pastures of the Chon-Alai valley are currently subject to anthropogenic erosion, due to overgrazing in the settlement areas.

Keywords: anthropogenic landscapes; pasture degradation; planar and linear erosion,

В рамках внутривузовского гранта КНУ им. Ж. Баласагына на 2017 год этим летом данным коллективом авторов были проведены полевые исследования по научной теме кафедры: «Экологическое состояние антропогенных ландшафтов Ошской области Кыргызской Республики». Одним из направлений антропогенного ландшафтоведения является изучения пастбищных ландшафтов, которые в настоящее время испытывают определенные нагрузки со стороны хозяйствующих субъектов. В качестве ключевого участка было избрано село Кашка-Суу Чон-Алайского района Ошской области КР, где местное население занято в основном животноводством (овцеводством, яководством, крупно-рогатым скотоводством и коневодством), т.к. суровые природно-климатические условия не позволяют интенсивно развивать земледелие, хотя некоторые из местных фермеров пытаются выращивать картофель и морковь, а также ячмень.



Огороды с посадками картофеля (фото автора).

Имеются участки под такими сельскохозяйственными культурами как картофель и эспарцет на поливных землях. В селе Кашка-Суу в огородах возделывают ячмень и картофель. Жители, использующие регулярно органические удобрения и проводящие прополку и культивацию, получают соответственно высокие урожаи

Согласно прогнозам ООН, в 2050 году численность населения мира достигнет 9,6 миллиарда человек, а спрос на продукцию животноводства увеличится на 70 процентов. В настоящее время растущий спрос в мире удовлетворяется в основном за счет интенсификации животноводства, однако параллельно с современными формами животноводства продолжают существовать и традиционные системы как выпас скота на естественных лугах и пастбищных агроландшафтах как, например, в Кыргызстане.



Посевы ячменя на хорошо удобренных органикой почвой (фото автора).

Пастбища всегда были и остаются национальным богатством Кыргызской Республики и, составляя 85 % от всех сельскохозяйственных угодий или агроландшафтов, являются основной дешевой кормовой базой животноводства. Первостепенное значение пастбища имеют для овцеводства, поскольку в рационе овец естественные пастбищные корма составляют более 70%.

Чрезмерная нагрузка на пастбища в недалеком прошлом, бессистемный выпас, недостаток проводимых мероприятий по улучшению естественных кормовых угодий из года в год приводили к ухудшению пастбищного травостоя. Перегруженность пастбищ скотом отрицательно сказалась на их экологическом состоянии. Значительный перевыпас привел к разрушению дернины пастбищных растений и механической структуры почвы, снижению урожайности и, в конечном счете, к эрозии.



Кочковатые участки пастбищ вдоль дороги Ош - Чон-Алай (фото автора)

Как показывают исследования ландшафтоведов, занимающихся проблемами деградации горных ландшафтов [1], на сегодняшний день одним из главных факторов

воздействия на горный ландшафт является - вытаптывание как сильный антропогенный фактор, под действием которого уплотняется верхний слой почвы и обламываются высокорослые растения. Под воздействием копыт на почву происходит уплотнение её верхнего слоя, что приводит к локальным деформациям поверхности. В зависимости от влажности почвы, механических свойств, мощности дернового слоя, крутизны рельефа, интенсивности эксплуатации (выпаса), продолжительности пастбищного периода возникают остаточные деформации, в результате которых восстановление почв невозможно. В весенний период, когда на почвы оказывается дополнительная гидростатическая нагрузка (таяние и сход снега, обильные дождевые осадки), при этом снижаются их механические показатели, деформации становятся более сильными. Появляются углубления, вызванные динамическим воздействием копыт на увлажненную почву. При воздействии копыт большого числа животных на почву, насыщенную водой, дернина легко разрушается, верхний слой превращается в кочки и грязеобразную массу.

Переувлажнённые склоны с повышенной крутизной в результате вытаптывания становятся неустойчивыми, что приводит к возникновению оползней и обвалов. Также происходит покрывание горных склонов изрезывающими так называемыми «овечьими тропами», которое способствует выносу частиц почвы с поверхности и приводит к развитию экзогенных эрозионных процессов.

С уплотнением верхнего слоя почвы меняются ее водно-воздушные свойства, возрастает объемный вес почвы, снижается ее влагоемкость, скорость проникновения воды, объем пор. При уплотнении почвы в сочетании с повышенной прогреваемостью её после отчуждения наземных органов травянистых растений возрастает испарение воды с ее поверхности, что на сухих и умеренно влажных почвах приводит к большей сухости. В местах с близким залеганием верховых грунтовых вод, богатых легкорастворимыми солями, под влиянием выпаса может происходить засоление почв.

Наибольшее количество эрозионных форм встречается на лессовидных суглинках и маломощных горных склонах Кыргызстана. В развитии эрозии почвы большую роль играют современные геодинамические процессы – оползни, сели и т.д. Развитие эрозионных процессов во многом предопределяется климатическими условиями. При таянии снега и выпадении высокоинтенсивных осадков, наряду с площадной эрозией, активно образуются формы овражного размыва. Растительный покров играет важную почвозащитную роль. В результате усиленного выпаса скота уничтожается растительный покров, почвы деградируются и происходит их интенсивный смыв, что способствует выходу коренных пород.



Дороги, проложенные по грунту высокогорных холодных пустынь левобережья р. Кызыл Суу (КС).

Процессы овражной эрозии наиболее активны в предгорных районах, так как именно здесь имеются наиболее благоприятные условия для их развития: сложный расчлененный рельеф, легкоразмываемые валунно-галечные и лессовые отложения, обильные ливневые дожди и бурное снеготаяние. Скорость роста их до 1 м в год, в отдельных случаях достигает 10-15 м. Овражная эрозия также может усугубляться воздействием антропогенных факторов, таких как нарушение почвенного покрова, автомобильным транспортом и другими механическими средствами.

Например, образованию оврагов и линейной эрозии способствуют также стихийно проложенные дороги по высокогорной Чон-Алайской полого-наклонной равнине. На космическом снимке полученных со спутника Landsat летом этого года (2017 г) с довольно высоким разрешением отчётливо видны дороги, проложенные местными жителями для обслуживания своих крестьянских хозяйств.

Колея дороги со временем углубляется и посередине образуется высокий выступ, который задевает ходовую часть автомашины, поэтому водители сворачивают налево или же направо. Таким образом, образуются новые дороги, а вместе с ними целые ряды параллельно идущих борозд.



Стихийно проложенные дороги источники оврагообразования (фото автора).

В ландшафтном отношении это – полого-покатая подгорная равнина, сложенная из хорошо окатанных аллювиально - проллювиальных отложений из галечников и песков различных фракций с примесью мелкозема со слабо сформированным почвенным покровом с низкорослой полынно – ковылковой растительностью, местами другими растительными ассоциациями, но с обязательным присутствием полыни. Эти ландшафтные комплексы очень хрупки и любое внешнее воздействие приводит к их деградации. Восстановление и саморегуляция их, как правило, занимает порой несколько лет.



Место содержания домашнего скота также источник площадной эрозии. (фото автора)

Источниками площадной, а затем и линейной эрозии в горах, в данном случае в Чон-Алае, являются места стоянки юрт и содержания скота.

Сильная антропогенная нагрузка на ограниченные участки пастбищ ведет к деградации растительного покрова и смыву маломощных горных почв на крутых склонах, что приводит к активизации склоновых процессов.



Активизация склоновых процессов–сползание почв и грунтов вниз по склону–«крип». (фото автора).

Проявлению антропогенной эрозии в пастбищных ландшафтах способствует также несправедливое распределение этих сельскохозяйственных угодий между бедными и богатыми фермерами, а также и местной администрацией, которые приватизировали более удобные и лучшие пастбищные наделы вплоть до целых ущелий. Конечно, при таком раскладе жители горных сел, занимающиеся животноводством, вынуждены идти на остающиеся менее благоприятные и неудобные пастбища, т.к. животноводство в горах является единственным источником заработка и пропитания семьи. Несмотря на социально-экономическую поддержку, здесь кроется суть проявления деградации горных экосистем. Малоимущие фермеры, не располагающим транспортом и финансовыми средствами, для организации перегона или перевозки скота на отгонные пастбища, остаются или же располагаются недалеко от своих поселений, т.е. на присельных пастбищах, что в конечном итоге приводит к усиленной антропогенной нагрузке и далее к деградации и опустыниванию территории. Это приводит к потере биоразнообразия, нарушению водно-физических свойств почв и в целом нарушению экологического баланса ландшафта.

Пастбища, помимо красоты ландшафта, служат источником биоразнообразия флоры и фауны. Растительный покров естественных кормовых угодий является местом произрастания многочисленных видов лекарственных, медоносных и декоративных растений. Это естественная среда обитания и кормовая база многих диких животных. Экологически устойчивое управление пастбищными ресурсами является необходимым фактором потенциального развития прибыльной индустрии фармакологии, пчеловодства, туризма и охотничьего хозяйства республики, а также организации природных парков, заповедников и заказников. Деградация пастбищ ведет к исчезновению отдельных, наиболее чувствительных к выпасу видов растений, утрате своеобразных горных ландшафтов, обеднению биоразнообразия и генофонда [2].

Вероятно, текущее поголовье скота существенно ниже текущего потенциала пастбищ страны, при условии их устойчивого и продуктивного использования. Однако

существующие системы распределения пастбищных угодий и ведения пастбищного хозяйства не способствуют оптимальному ресурсопользованию. Традиционная практика перегона скота на летние пастбища более широко не применяется, в результате чего летние пастбища используются недостаточно, а летне-осенние и зимние пастбища подвергаются существенному перевыпасу, что является основной причиной плохой продуктивности животных и ущерба, наносимого окружающей среде.

Таким образом, исходя из проведённых исследований следует вывод о необходимости пересмотра использования пастбищными ресурсами и более эффективном и справедливом управлении пастбищами с привлечением заинтересованных лиц и в первую очередь местного населения. Необходимо также проведение комплексных ландшафтно-экологических исследований с привлечением новых методов и материалов дистанционного зондирования.

Список цитируемых источников

1. Джамгырчиев Д.Ч. Влияние антропогенной эрозии на устойчивость пастбищных ландшафтов Кыргызстана. Вопросы географии Казахстана. Том 7. Караганда 2016 с. 29-36.
2. Джамгырчиев Д.Ч. Значение ландшафтной структуры горных территорий для устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции «Стратегия устойчивого развития КР на 2012-2017 гг; развитие зеленой экономики и безопасность окружающей среды» БГУ, Бишкек 2016 с.114-122

Рецензенты: *Молдошев К.О.* - кандидат географических наук, доцент КНУ им. Ж.Баласагына

Карамолдоев Ж.Ж. - кандидат географических наук, доцент КНУ им. Ж. Баласагына

УДК: 910.2

Осмонбетова Д. К.
КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек
Osmonbetova D. K.
J. Balasagyn KNU, Bishkek
dilbar@inbox.ru

Современное состояние хвостохранилищ Кыргызстана и вторичное использование захороненных отходов

Кыргызстанда кен иштеткенден кийинки калдыктардын азыркы абалы жана ал калдыктарды кайра иштетүү

Current state of tailing dumps in Kyrgyzstan and recycling of buried waste

К числу основных экологических проблем Кыргызстана относится угроза загрязнения окружающей среды радиоактивными отходами, которые захоронены на селеопасных склонах гор и при серьезном паводке могут быть снесены в речную сеть. В настоящее время существуют экономические методы решения этой экологической проблемы, основанные на современных технологиях и технических средствах.

Ключевые слова: хвостохранилища радиоактивных отходов; вторичное использование отходов.

Кыргызстандын негизги экологиялык көйгөйлөрүнүн бири бул радиоактивдүү кен калдыктары менен айлана-чөйрөнүн булганышынын коркунучу. Алар тоо арасында же тоо этегиндеги жайлашкандыктан суулар кирген учурунда дарыя тармагына түшү ыктымал. Учурда заманбап технологияларды жана техникалык каражаттарды колдонуп, анын негизинде экономикалык методдорун колдонуп мындай абалда айлана-чөйрөнү коргоо маселесин чечүү ыкмал.

Урунттуу сөздөр: кендерди иштетүүдөн кийинки калдык сактоочу жайлар; радиоактивдүү калдыктар; калдыктарды экинчи жолу пайдалануу.

Among the main environmental problems of Kyrgyzstan is the threat of environmental contamination with radioactive waste that is buried on the mudflow-prone slopes of mountains and in severe flooding can be demolished in the river network. At present, there are economic methods for solving this environmental problem, based on modern technologies and technical means.

Keywords: tailing dumps of radioactive wastes; reuse and recycling of waste.

После распада Советского Союза в наследство Кыргызстану достались хвостохранилища и горные отвалы, представляющие опасность для здоровья людей и окружающей среды.

В результате производственной деятельности горнодобывающих предприятий Кыргызстана накоплено огромное количество отходов в хвостохранилищах, отвалах горных пород и некондиционных руд. Радиоактивных отходов захоронено 145 млн. т. Площадь земель, подвергшихся радиоактивному загрязнению, составила 6.5 тыс. га.

Согласно существующему Государственному кадастру отходов горнорудной промышленности Кыргызской Республики, составленному Госагентством по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве Кыргызской Республики, на территории страны расположено 92 объекта с токсичными и радиоактивными отходами горнорудного производства.

Многие хвостохранилища были образованы в 60-70-х гг. прошлого века при разработке месторождений, которые впоследствии были закрыты. За полвека численность населения в регионе выросла. Населенные пункты, такие как Майлуу-Суу, Мин-Куш, Шекафтар, Сумсар, Каджисай, Актюз, Кан и другие, разрослись, включив в себя ранее пустовавшие территории. Многие хвостохранилища оказались в непосредственной близости к населенным пунктам.

В настоящее время наиболее опасными для окружающей среды признаны следующие хвостохранилища: Майлуу-Суу, Мин-Куш, Каджисай, Шекафтар, Сумсар, Советский, Актюз, Орловка.

Крупным объектом, в котором находятся значительные количества отходов производства, является хвостохранилище Кара-Балтинского горнорудного комбината. В начале 1950-х гг. геологи открыли такие урановые месторождения, как Мин-Куш, Каджисай, Майлуу-Суу, Сумсар, Шекафтар. На их базе функционировал Кыргызский горнорудный комбинат, который был введен в эксплуатацию в 1967 г. Он являлся основным поставщиком редкоземельной продукции 120 наименований. Среди них оксиды лантана, церия и неодима. Диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий и лютеций производились только этим предприятием. Редкоземельные металлы и их соединения благодаря уникальным физическим и химическим свойствам широко применяются в черной и цветной металлургии, атомной технике, авиа- и ракетостроении, радиоэлектронике и электротехнике, стекольной и керамической промышленности, сельском хозяйстве и фармакологии. Всего за четверть века комбинат выпустил 5454 т редкоземельных металлов и их соединений, а также свыше 370 т монокристаллического кремния и более 87 тыс. штук кремниевых шлифованных пластин и кремниевых структур. За 1955-1991 гг. было выпущено свыше 60 тыс. т природного урана (закись-окись), более 15 тыс. т молибдена.

Твердыми отходами предприятия являются плотноосажденные кеки, образующиеся в результате осаждения на хвостохранилище водонерастворимых соединений и продуктов нейтрализации хвостов обогащения, присутствующих в сбросной пульпе уранового производства. За период с начала накопления отходов переработки урансодержащих руд и концентратов подземного выщелачивания на хвостохранилище направлено 29.654 млн. т твердых отходов. Общая площадь карт хвостохранилища составляет 273 га, объем заполнения 53%. В 1999 г. на хвостохранилище было размещено 1250 т отходов от переработки АО «КГРК» концентратов подземного выщелачивания. В таблице 1 приведены данные по объемам образовавшихся твердых отходов предприятия [1].

По данным 2001 г. ежегодно сбрасывается около 2 тыс. т отходов молибденового и уранового производства.

Химический состав отходов определен на основании результатов исследований сбросной пульпы уранового производства.

Из этого состава одновременно токсичным и радиоактивным является гидрат урана. Он связывается и осаждается вместе с гипсом и является практически нерастворимым соединением. Химическая токсичность соединений урана находится в прямой зависимости от их растворимости. В настоящее время на хвостохранилище хранится 37 млн. м³ хвостов переработки урансодержащих руд. Проектный объем складирования составляет 62 млн. м³ хвостов.

Границы г. Кара-Балта с 50-тысячным населением вплотную подошли к санитарно-защитной зоне хвостохранилища, вследствие чего создалась опасность, когда ветровая эрозия мелкой хвостовой фракции угрожает жилым массивам города. В последние годы из-за отсутствия надлежащей работы по укреплению хвостохранилища происходит процесс разрушения. Началась инфильтрация радионуклидов, загрязняющих подземные воды.

Радиоактивное излучение действует в основном на хвостохранилище и достигает в некоторых точках от 30 до 1500 мкР/час.

Наименование отходов	Местонахождение источника образования отходов	Количество отходов			Физическая характеристика		Элементарный химический состав отходов, %	Химическая активность		
		Общая площадь, занимаемая отходами, га	Общий объем отходов, млн. т/год с начала накопления	Вещества	Консистенция	Плотность, г/см ³		Растворимость в воде или почве	Продолжительность активной токсичности	Выделение вредных газов
Отходы от переработки концентратов подземного выщелачивания и нейтрализации (известкования) кислых растворов	Производственные подразделения и узел нейтрализации АО «КГРК»	273	0.00125 - за 1999 г., 29.654 - за весь период работы АО «КГРК»	Гипс, гидраты металлов, пески, илы	Твердые	2.4 - 4.0	CaCO ₃ , SiO ₂ (39.96%), CaCO ₄ (59.99%), Al(OH) ₃ (0.0021%), Fe(OH) ₃ (0.0002%)	Нерастворимые	Нетоксичные	Не происходит

Таблица 1.

Объем образовавшихся твердых радиоактивных отходов, размещенных на охраняемой территории АО «Кара-Балтинский горнорудный комбинат» [1].

Кроме радиоактивных хвостохранилищ в стране имеются захоронения отходов других производств, которые представляют опасность для окружающей среды.

Кыргызстан был крупным производителем ртути. За более чем 50 лет своего существования Айдаркенский комбинат поставил государству более 30 тыс. тн. металлической ртути.

В 1936 г. был сдан в эксплуатацию Кадамджайский металлургический комбинат, ставший крупным производителем сурьмы в СССР. За 51 год с 1940 по 1991 гг. комбинат произвел свыше 235 тыс. тн. сурьмяной продукции. По своей чистоте кыргызская сурьма являлась эталоном качества на международном рынке.

Объем хвостохранилища только Кадамджайского сурьмяного комбината составляет 4.4 млн. м³. Во всех твердых и жидких отходах производства этого комбината содержатся мышьяк и другие вредные химические вещества.

В настоящее время дамбы хвостохранилища нуждаются в укреплении. В случае чрезвычайной ситуации (разрушительного землетрясения и селевых потоков) возможен сход хвостохранилища на расположенный ниже по склону крупный поселок Кадамджай и в р. Ак-Суу, текущую в Ферганскую долину.

Такую же опасность представляют хвостохранилища Айдаркенского ртутного комбината.

Накопление отходов не является неизбежной закономерностью, т.к. часть из них, в соответствии с развитием сегодняшней науки и техники, может быть использована в пределах предприятия – источника отходов или других предприятий, для которых отходы могут служить технологическим сырьем.

Поэтому необходимо разделение отходов производства и потребления на отходы, имеющие остаточную ценность (сырьевые отходы), и отходы, использование которых при достигнутом техническом уровне, экономически или технологически нецелесообразно вследствие их малого количества, низкого содержания полезных компонентов, физико-механических, химических, радиологических и технологических свойств (не сырьевые отходы).

Отличительной особенностью урановой отрасли от всякой другой горнодобывающей отрасли промышленности является радиоактивность практически всех ее отходов.

Хвостохранилища являются источниками радиоактивного загрязнения атмосферы, вод, почв. При этом основной вид радиоактивного загрязнения - это загрязнение радоном, что обуславливает необходимость тщательной консервации хвостохранилищ.

Поскольку в 1 тн. перерабатываемой руды в большинстве случаев содержится 13 кг урана (иногда больше или меньше), то можно считать, что практически вся горнорудная масса (99.9%) после ее передела в виде шламов и песков переходит в «хвосты» [1]. По своему химическому составу твердая часть «хвостов» близка к исходной руде, из которой удалено основное количество урана. Они в общем случае состоят из освобожденного от урана рудного материала, химикатов, участвовавших в технологическом процессе и промывочной воды. В «хвосты» переходят все продукты распада урана, тория.

«Хвосты» горнометаллургических предприятий содержат количество воды, равное по массе твердой части. Переработка 1 тн. руды дает (с учетом промывочной воды, верхнего слива сгустителей, фильтрата) более 4 тн. жидких отходов.

Как закрытые, так и действующие хвостохранилища урановых горнометаллургических предприятий постоянно загрязняют окружающую среду путем утечки загрязненных водных отходов через дамбу, основание, системы удержания или почву. Урановый рудник средних размеров, разрабатывающий месторождение, руды которого содержат десятые доли процента урана, выбрасывает в атмосферу Rn до 8×10^{10} Бк/сут.

Уран является стратегическим сырьем. Минералов урана известно много – около 200. Однако далеко не все они имеют промышленное значение, то есть не всякую породу, содержащую уран, считают рудой. Основной принцип классификации «руда – не руда» связан с процентным содержанием урана в породе. Сегодня «проходной балл» определяется в 0.1%, но в наши дни бывает выгодно извлекать уран и из более бедных руд. В Южной Африке, например, извлекают уран из руд, содержащих всего 0.01% урана. Наряду с ураном эти руды содержат также золото, которое является основным объектом промышленной добычи. Кроме золота, из урановых минералов часто одновременно извлекают медь, титан, тантал и ряд редкоземельных металлов. Около 12% мирового выпуска урана приходится на производства, где уран извлекается в качестве побочного продукта.

Мировые разведанные запасы урана составляют чуть более 3.5 млн. тн. Примерно 96% их сосредоточено всего в 11 странах мира. Канада и Австралия являются одними из самых крупных производителей урана в мире (с долей в 22% и 9% от мировой добычи соответственно) после Казахстана (39%). В 2015 году мировое производство закиси-оксида урана составило 71,0 тыс. тонн, содержащие 60,49 тыс. тонн урана. Уран также поставляется из вторичных источников, включая запасы урана электростанций. Ожидается, что запуск новых атомных реакторов будет компенсировать снижение потребления урана деактивированными атомными реакторами. Это будет способствовать корректировке дисбаланса спроса и предложения, и в долгосрочной перспективе устойчивый рост количества атомных электростанций будет положительно влиять на рынок урана [4].

Показатели запасов урана на самом деле еще не отражают реальной картины с добычей этого сырья. Существует относительно небольшое число стран, обеспечивающих основные объемы мировой добычи урана. Существуют еще строгие правила, призванные пресечь неконтролируемый оборот ядерных материалов.

Долгое время цены урана на мировом рынке определялись не себестоимостью добычи, а наличием его складских запасов у ряда стран-потребителей и экспортеров.

Запасы эти были столь велики, что десятилетиями многие страны могли просто не задумываться о том, что возможен дефицит ядерного топлива. Долговременная ситуация с низкими ценами сложилась вследствие распродажи на мировом рынке складских запасов, накопленных еще во времена гонки вооружений периода Холодной войны. В свое время это привело к падению цены на уран до рекордного минимума в \$6.25 за фунт и как следствие – к массовому разорению производителей урана. Ведь такая цена не только не обеспечивала возврата инвестиций в отрасль, она фактически ставила под вопрос добычу урана как бизнес (рис.1).

В результате избыточных объемов поставок урана со стороны производителей из Казахстана, Канады и Австралии, в 2016 году стоимость фьючерсных контрактов на уран снизились на 18%, что стало самым масштабным падением среди 80 активов товарно-сырьевой группы, отслеживаемых 8BANKS [6].

В декабре 2016 г. цены на уран были на минимуме за последние 10-15 лет – \$18 за фунт, сейчас находятся на уровне \$23-24, что явно не соответствует ожиданиям производителей. Общее количество запасов всех стоимостных категорий значительно и обеспечит потребности атомной энергетики на далекую перспективу. Вместе с тем, запасы категории "меньше \$80 за килограмм" - то, что по существу сейчас востребовано в промышленности - за последние 8 лет сократились на 40%, их доля в общем балансе уменьшилась с 60% до 27%. То есть общая сырьевая база вполне достаточна для обеспечения долгосрочных потребностей, но в то же время преобладающая часть ресурсов относится к высоким стоимостным категориям и не востребована на сегодняшний день [4].

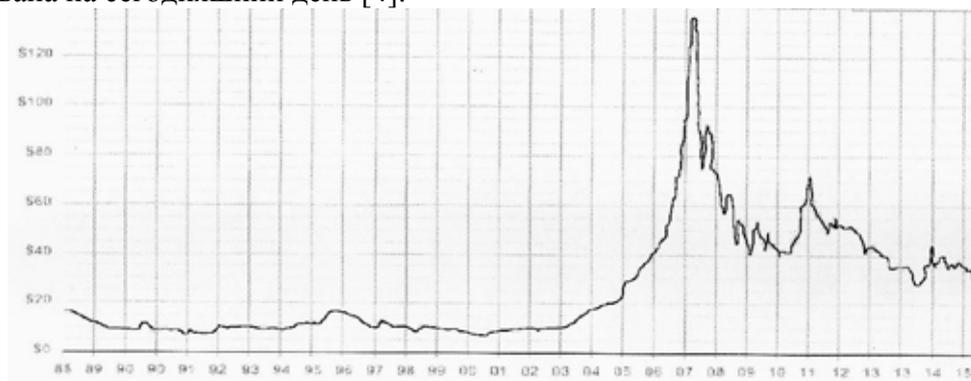


Рис.1 История цен на уран

Согласно прогнозам участников рынка, стоимость урана — худшего в мире товарного актива — скоро вырастет на фоне снижения предложения. Производители на рынке урана начинают чувствовать облегчение на фоне прогнозов о росте спроса на сырье. Информационно-аналитическая компания и рейтинговое агентство Morningstar (США) ожидает, что стоимость урана достигнет отметки в 65 долл. за фунт к 2019 году (сейчас котировки торгуются около отметки в 28,25 долл.)

Девять крупнейших мировых компаний обеспечивают 81% добычи урана в мире. Чтобы поддержать цены, лидеры сокращают производство. Так, второй производитель урана в мире – канадская Cameco в апреле сократила производство на нескольких месторождениях в Канаде и США. Reuters писало, что это снижение позволит на 2% снизить мировое предложение урана. По данным АРМЗ, в 2015 г. предложение составляло 73 000 - 75 000 тн, а спрос – 62 000–65 000 тн. Французская Areva, третий в мире производитель урана, также приостанавливает производство на низкорентабельных проектах, писал Reuters. И Cameco, и Areva отказались от экспансии. А мировой лидер «Казатомпром» заявлял, что будет сокращать поставки урана, чтобы поддержать цены [4].

АРМЗ (шестой в мире производитель) тоже будет снижать производство, сообщила Либоракина. План на 2016 г. – 2984 тн, - сказала она. Это на 2,3% меньше, чем в 2015 г. При этом, подчеркнула Либоракина, АРМЗ удалось снизить себестоимость добычи урана на главном активе – Приаргунском производственном горно-химическом объединении на 30%. Теперь холдингу остается лишь ждать восстановления рынка.

Цены на уран падают пять лет подряд из-за аварии на японской АЭС «Фукусима-1» в марте 2011 г. После этого Япония остановила работу всех АЭС. Германия решила со временем отказаться от атомной энергии. Франция заявила о намерении снизить долю атомной энергии [7].

Ожидается, что рынок урана будет оставаться нестабильным в связи с неустойчивой политикой и экономикой. Ожидается, что в ближайшие годы на рынке сохранится избыток урана, в результате чего оптовые цены будут находиться под давлением на уровне ниже \$30 за фунт. Однако при таких низких ценах немногие компании будут разрабатывать новые месторождения. В связи с этим долгосрочные цены на уран будут поддерживаться за счет роста спроса вместе с возможным дефицитом поставок урана. К тому же, в 2017-2018 годах основные американские и европейские атомные электростанции будут перезаключать долгосрочные контракты на поставку урана.

Это обстоятельство позволяет прорабатывать проекты тех месторождений, которые ранее считались нерентабельными или малорентабельными. Хотя, в настоящее время эксперты считают, что привлекательными для инвесторов останутся, главным образом, объекты с себестоимостью до \$80/кг урана.

По данным Государственного агентства охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики, практически на всей территории Кыргызстана известны несколько десятков месторождений, рудопроявлений и мелких рудных точек урана и реже тория (рис. 2).

Минерально-сырьевая база страны по урану оценивается в более чем 30 тыс. тн. металла. До недавнего времени в стране осуществлялась добыча урана несколькими рудниками (Каджисай, Майлуу-Суу, Туямоюн и др.). Сейчас они закрыты из-за истощения запасов, нерентабельности дальнейшей эксплуатации. По величине запасов к крупным месторождениям (>10 тыс. т металла) может быть отнесена лишь Кызыл-Омпульская группа россыпей (12.7 тыс. тн. при содержании 12 г/м³). К средним объектам (1-10 тыс. тн.) относятся Сарыджазское месторождение (8222 тн. при содержании 0.022%), Кызыл-Омпульское рудное поле (3125 тн. при содержании 0.032%), Кавакская группа (2587 тн. при содержании 0.137%), Атджайлоо-Утор-Туюкское рудное поле (1556 тн. при содержании 0.093%). Выявлено большое количество мелких (<1.0 тыс. тн.) месторождений (Майлуу-Суу, Серафимовское, Арамсинское, Джильское, Чекенды, Джергалан и др.).

Все наиболее крупные месторождения хорошо изучены (проведена детальная или предварительная разведка).



Рис. 2. Основные месторождения и рудопоявления уранового сырья в Кыргызской Республике

Перспективы возобновления эксплуатационных работ ограничены. Россыпные месторождения находятся в экологически уязвимых местах (на берегу водохранилища, из которого вода поступает в Чуйскую долину). Заслуживает экономического анализа лишь Сарыджазское месторождение виду комплексности его сырья (уран, ванадий, молибден). Низкие содержания и ограниченные запасы делают остальные месторождения малоперспективными.

Современная технология подземного выщелачивания (ПВ) урана является наиболее рентабельным способом разработки особенно бедных урановых руд, залегающих в сложных горно-геологических условиях, когда подземные и открытые способы нерентабельны. Метод извлечения урана с помощью подземного выщелачивания специалисты называют революционным, поскольку благодаря его применению резко сокращаются вредные производственные отходы, к тому же этот метод позволяет извлекать металл из месторождений с низким содержанием урана. Довольно сложно решаются проблемы утилизации отходов переработки радиоактивных руд.

В целях обеспечения экологической безопасности в Центрально-азиатском регионе от радиоактивного загрязнения по поручению Правительства Кыргызской Республики Министерством чрезвычайных ситуаций разработана Комплексная программа первоочередных действий с указанием приоритетности выполнения реабилитационных и рекультивационных работ на хвостохранилищах. Министерство чрезвычайных ситуаций активно сотрудничает с международными организациями (Всемирным Банком, Азиатским Банком Развития, ОБСЕ, ПРООН и др.) с целью привлечения инвестиций и грантов для проведения реабилитации и рекультивации законсервированных хвостохранилищ.

Урановые хвостохранилища Кыргызстана могут быть использованы вторично. Хвостохранилища делают экономически привлекательным то обстоятельство, что там можно добывать редкоземельные металлы. Вторичная переработка отходов хвостохранилищ – это возможность перевода их в более безопасную форму. Эксперты отмечают, что за годы независимости властями Кыргызстана на решение проблем хвостохранилищ были получены десятки миллионов долларов от зарубежных доноров. Суммы выделенных средств уже давно могли бы решить вопросы реконструкции урановых хвостохранилищ. Однако большая доля средств, по мнению наблюдателей, осела в карманах чиновников [2].

Специалисты считают, что из отходов, хранящихся в наших отвалах и «хвостах», благодаря современным технологиям надо извлечь радиоактивные элементы, пригодные

для их дальнейшего использования в качестве основы для топлива для атомных электростанций [8].

Почти все предприятия в Кыргызстане, которые оставили ураносодержащие хвостохранилища, производили продукцию 40-50 лет назад. В тот период, ввиду несовершенства технологии и оборудования, извлечения урана из руд составляло не более 60-70%, остальные запасы урана аккумулировались в захоронениях. В таком случае отходы урановых предприятий можно рассматривать как сырье для извлечения урана. В Кыргызстане имеется 145 млн. тн. радиоактивных отходов. В 1 тн. перерабатываемой руды в большинстве случаев содержится 13 кг урана. Следовательно, из 145 млн. тн. должны были извлечь приблизительно 1.885 млн. тн. урана. До 40% урана не извлекалось из руды. Таким образом, приблизительно 566 тыс. тн. урана еще можно получить при утилизации отходов.

Чиновники в Кыргызстане полагают, что извлекать уран и другие полезные компоненты из отходов, захороненных в хвостохранилищах, экономически нецелесообразно, т.к. содержание их невелико. Однако известно, что ряд иностранных компаний заинтересован в этом и обратились к соответствующим органам Кыргызстана с предложением об организации проектов перезахоронения радиоактивных отходов с попутным извлечением из них урана и других полезных компонентов.

В частности, международная группа компаний INTEGRA предложила проект перезахоронения радиоактивных отходов (РАО) промышленной площадки Майлуу-Суу с попутным извлечением из них урана и других полезных компонентов. INTEGRA полагает, что проект имеет большое экологическое значение, т. к. позволяет обезопасить регион от реальной угрозы заражения окружающей среды радионуклидами в результате разрушения хранилищ РАО селевыми и паводковыми потоками. Эвакуация находящихся в них РАО составляет первоочередную задачу защиты экологии региона. По данным экспертизы МАГАТЭ захоронение РАО площадки Майлуу-Суу представляет наивысшую экологическую опасность среди техногенных образований уранодобывающей промышленности в странах СНГ.

Кроме того, одним из аргументов INTEGRA является то, что проект имеет большое экономическое и социальное значение, позволяет создать крупное промышленное предприятие в зоне повышенной безработицы и получить прибыль от экспорта урана и редких земель, извлекаемых из РАО в процессе их захоронений.

Группа компаний INTEGRA располагает технологиями, позволяющими эвакуировать данные РАО, сгущая их до твердого состояния, и в процессе эвакуации извлекать из РАО уран и редкие элементы методами сорбционного выщелачивания с последующим поведением их концентрата до уровня товарной продукции. Экспорт этой продукции позволит окупить все затраты на проект и получить реальную прибыль.

Некоторое время назад появилась информация, что в Кыргызстане для добычи редкоземельных металлов планируется использовать старые хвостохранилища. При этом полагают, что уран добывать там не планируется, зато другие редкоземельные элементы – вполне возможно. Все зависит от итогов анализа руды и содержания в ней металлов. Если будет экономическая выгода, тогда можно будет загрузить Кара-Балтинский горнорудный комбинат дополнительной работой и устранить сами хвостохранилища [5].

Пока в Кыргызстане разные структуры обсуждали проблему хвостохранилищ и возможности их использования в интересах страны, российская компания «Урал платина холдинг», входящая в «Ренову», выиграла тендер по приобретению государственного пакета акций Кара-Балтинского горнорудного комбината (КГРК). «Урал платина холдинг» обещает в самые короткие сроки возобновить производство на КГРК – крупнейшем в Центральной Азии предприятии по переработке ураносодержащей руды. Проектная мощность КГРК по производству урана составляет

2000 тн./год, молибдена – 500 тн./год. Одной из задач компании является утилизация хвостохранилищ и соблюдение экологической безопасности производства. Из отходов, хранящихся в отвалах и «хвостах», благодаря российской технологии будут извлекать радиоактивные элементы, пригодные для их дальнейшего использования в качестве топлива на атомных электростанциях [3].

Таким образом, к числу основных экологических проблем Кыргызстана относится угроза загрязнения окружающей среды радиоактивными отходами, которые захоронены на селеопасных склонах гор и при серьезном паводке могут быть снесены в речную сеть. В настоящее время существуют экономические методы решения этой экологической проблемы, основанные на современных технологиях и технических средствах.

В частности, наиболее рентабельным способом разработки особенно бедных урановых руд, залегающих в сложных горно-геологических условиях, когда подземные и открытые способы нерентабельны, является современная технология подземного выщелачивания (ПВ) урана. Благодаря его применению резко сокращаются вредные производственные отходы, и он позволяет извлекать металл из месторождений с низким содержанием урана.

Кроме того, после прекращения работы предприятия, которое занимается добычей полезных ископаемых из месторождения, должны быть оговорены условия ликвидации негативных последствий разработки месторождения в денежном или в натуральном виде.

Также существуют современные методы извлечения урана и других ценных компонентов из отходов горнорудного производства, хранящихся в хвостохранилищах.

К сожалению, в Кыргызстане не рассматриваются проекты, предлагаемые иностранными компаниями, по переносу хвостохранилищ из опасных регионов вблизи рек, населенных пунктов с попутным извлечением урана и других полезных компонентов в виду низкого содержания их в отходах производства. Деятельность МЧС Кыргызстана по реабилитации и рекультивации хвостохранилищ направлена на привлечение инвестиций и получение грантов для переноса хвостохранилищ из одного опасного места в другое, на текущий момент относительно безопасное. При этом сама угроза для окружающей среды и населения не устраняется окончательно, а отодвигается на недалекую перспективу, когда опять возникнет угроза негативного воздействия хвостохранилища на людей и окружающую среду в связи с активным ростом населения в регионе и освоением ранее пустовавших территорий.

Список цитируемых источников

1. Момуналиев С.М. О техническом состоянии полиметаллических и урановых хвостохранилищ, расположенных на территории Кыргызской Республики//Материалы I конференции «Перспективы направления развития экологических исследований в Кыргызской Республике, Бишкек, 1996. с. 28-29
2. Авдеева Е., Райт С. «Грязные хвосты» и чистые помыслы//www.compromat. kg, 20.02.2008
3. Ибралиев Ж. В Кыргызстане для добычи редкоземельных металлов планируется использовать старые хвостохранилища// www.24.kg. org, 21.04.2008
4. На мировом рынке урана произошло повышение цен//www.atomic-energy.ru, 12.04.2017.
5. Продались// www.ведомости.ru, 22.02.2007.
6. Рынок урана: стоимость урана удвоится к 2019 году//www.fxteam.ru, 10.06.2016
7. Уран начнет пользоваться спросом к 2020 году//www.vedomosti.ru, 16.09.2016.
8. Юсупханова С. Киргизия намерена по-новому подойти к проблеме захоронений радиоактивных отходов. //www.deutschewelle. org, 20.04.2008

Рецензенты: Татыбеков А. - доктор технических наук, профессор ИГДуИТ

Ногаева К.А. - доктор технических наук, профессор ИГДуИТ

УДК: 796.52

Оторбаева А. К.

КНУ им. Ж.Баласагына, Бишкек

Otorbaeva A. K.

J. Balasagyn KNU, Bishkek

Wella703@mail.ru

Горнолыжный туризм как один из популярных видов туризма

Туризмдин популярдуу түрлөрүнүн бири катары тоо лыжа туризми

Skiing is one of the most popular types of tourism

В этой статье отмечено, что к горнолыжному туризму относят также горные походы, в которых основным средством передвижения служат горные лыжи. Такие походы требуют от туристов определенных навыков и технической подготовки в прохождении как горных, так и лыжных маршрутов.

Ключевые слова: горнолыжный туризм, катание на лыжах, горы, альпинизм, отдых. Макалада белгиленгендей, тоо лыжа туризми үчүн транспорттун негизги каражаты болуп лыжа болуп эсептелет, ошондой эле тоо сейилдөөнүү камтыйт. Мындай сапарлар туристтерге кээ бир жөндөмдөрүн жана тоо лыжа каттамдан сейилдөөдө техникалык билим талап кылынаары камтылган.

Урунттуу сөздөр: тоо лыжа туризми, лыжа тебүү, тоо-таш, алпинизм, эс алуу.

In this article, it is noted that mountain hikes, in which the main means of transportation are alpine skiing, also belong to alpine skiing tourism. Such trips require tourists certain skills and technical training in the passage of both mountain and ski routes.

Keywords: alpine skiing tourism, skiing, mountains, climbing, recreation.

Туризм прекрасен тем, что каждый находит в нем то, что хочет. Кому-то нравятся горы, кому-то реки, кто-то любит отдыхать на пляже, а другие - испытать себя на прочность. Натянутые нервы тоже, как ни странно, могут помочь человеку снять усталость. Этому служит набирающий силу во всем мире, и особенно, экстремальный туризм. Все больше людей стремятся увидеть красоты подводного мира, спуститься по горному склону на лыжах и даже прыгнуть с парашюта. В Европе, например, этот вид туризма начал развиваться быстрыми темпами и становится более массовым туризмом в конце 80-х - в начале 90-х годов, а в России с середины 90-х. Активные виды отдыха завоевывают все большую популярность среди простых туристов [2].

Горнолыжный туризм, разновидность горного туризма, спуск с гор по естественным снежным склонам или специально подготовленным трассам на лыжах. В отличие от горнолыжного спорта в горнолыжном туризме время спуска не фиксируется.

Наиболее подходящими для горнолыжного туризма считаются пологие склоны протяженностью от нескольких сотен м до нескольких км с уклоном до 25°, покрытые слоем снега толщиной не менее 30 см. Для обучения технике спуска с гор, как правило, используются учебные трассы длиной до 300 м с уклоном 10-20°. Наиболее опытные туристы-горнолыжники спускаются по спортивным трассам длиной от 150 м (для слалома) до 3,5 км (для скоростного спуска) с уклоном 15-35°, либо по трассам для фристайла (фигурного катания на лыжах). Для подъема к начальным (верхним) точкам спусков туристы-горнолыжники пользуются буксировочными (бугельными) подъемниками или подвесными канатными дорогами [1].

Снаряжение туриста-горнолыжника (помимо обычных для любого туриста предметов личного пользования) составляют лыжи туристские либо горные, как правило, с автоматическими креплениями (отстёгивающимися при падении лыжника), ботинки для них, лыжные палки (короче обычных, но более прочные), специальный костюм и головной убор (шлем, каска), очки защитные.

Катание на лыжах с гор привлекает не только туристов и спортсменов-горнолыжников, но и многочисленных почитателей лыжного спорта и любителей зимнего отдыха в горах. Несмотря на сравнительно дорогое снаряжение, горнолыжный туризм приобрёл широкую популярность: начиная с 50-х гг. 20 в. во многих странах создаются горнолыжные центры с комфортабельными гостиницами или пансионатами, специально оборудованными трассами, контрольно-спасательной службой.

Но ушли в прошлое времена, когда горные лыжи были уделом самых мужественных, избранных. В дальние высокие горы собирали свой инвентарь и снаряжение крепкие и на вид немного суровые люди: спортсмены-горнолыжники да бывалые туристы и альпинисты. Они уезжали из городов небольшими группами, спаянными многолетней дружбой, гордо неся на плечах свой драгоценный груз - лыжи, обитые стальными полосами. Непременная деталь их амуниции - огромных размеров рюкзаки.

Иным, более массовым и доступным, стал ныне мир горных лыж. В горы Тянь-Шаня, Кавказа, Карпат и Хибин приезжают отдохнуть и попробовать себя на лыжах люди разных профессий, возраста и подготовки. Для них построены канатные дороги и трассы спусков различной сложности. Обучением горнолыжной технике занимаются инструкторы туристских баз и гостиниц. На некоторых предприятиях созданы горнолыжные секции, имеющие в своем распоряжении добротный инвентарь и подъемники-лыжебуксиры. На горные лыжи становятся все - от мала до велика. У нас в стране около миллиона любителей-горнолыжников. Они берут отпуск зимой и едут в горы, а в холодные дни устремляются на горнолыжные базы в холмистые окрестности [5].

Выделяют следующие виды спорта: горный туризм, альпинизм и скалолазание. Горный туризм - это путешествие из пункта А в пункт Б через перевалы и через горные вершины. Альпинизм - это восхождение налегке на вершину, спуск в лагерь, отдых и на следующую вершину. Скалолазание - это лазанье по стене. Горный туризм находится на стыке разных спортивных дисциплин. Причем альпинизм и скалолазание «туризмом» не являются.

Уральские горы для туристов горными районами не являются. Горы Урала слишком низкие. Там нельзя пройти горный маршрут, а только пешеходный. На территории бывшего СССР горными районами являются только лишь Кавказ, Памиро-Алтай, Памир, Тянь-Шань, Джунгария и Алтай.

Горные лыжи и сноуборд. Горные лыжи один из самых старых видов активного отдыха. С прошествием лет количество желающих покататься на горных лыжах не уменьшилось, а скорее увеличилось. К тому же, сейчас гораздо качественнее и разнообразнее горнолыжный сервис, чем лет 10 назад. Почти в любом горнолыжном курорте есть спуски, как для профессионалов, так и для новичков, которых всегда могут научить правильно кататься местные инструкторы. Снаряжение: комплект лыжи, крепления, палки, ботинки, костюм, шлем, маска, перчатки обойдется в среднем в \$700-800.

Сноубординг - спуск по снегу с горных склонов на специально оборудованной доске. Это более агрессивный, активный и экстремальный вид, нежели горные лыжи. Сноубординг как отдельный вид спорта появился в Америке в 60-х годах XX века. Яростными поклонниками новомодного увлечения стали по большей части серферы, не желавшие сидеть без дела в ожидании летних деньков. В нашей стране сноуборд массовое признание получил только в середине 90-х годов. Сейчас сделано много специальных трасс с трамплинами и другими всевозможными препятствиями, на которых сноубордисты могут вытворять различные акробатические трюки. Но в последнее время особо популярным среди сноубордистов стал Хаф-пайп (от англ. half-pipe «пол-трубы») - сооружение из снега, похожее на рампу для роллеров [3].

Экстремальные увлечения, связанные с горными лыжами и сноубордом, можно разделить на несколько групп: **freeskiing** или **freeride** - это спуск по крутым неподготовленным склонам со сложным рельефом; **heliskiing** - то же самое, но с использованием вертолета в качестве средства доставки на гору; **ski-touring** (randonee ski) - ски-тур, горный туризм с использованием лыж и специальных креплений для подъема в гору; **ski-mountaineering** (лыжный альпинизм) - восхождения на гору с целью спуститься с вершины на лыжах или сноуборде (использование страховки, или какого-либо дополнительного снаряжения, кроме лыж, на спуске нарушает «чистоту» такого восхождения); в последние годы появилась **new school** - нечто вроде сноубордического фристайла.

Эволюция понятия «зимний туризм» и его роль в современном обществе

Зимний туризм – это посещение туристической местности в зимнее время, как правило, горнолыжных курортов. Успешное путешествие зимой напрямую зависит от наличия снега и его объемов. Этот вид туризма достаточно активный, а иногда требует серьезной спортивной подготовки. Во время зимнего отдыха можно воспользоваться: горными лыжами, сноубордингом, коньками, просто лыжами и санками.

Согласно исследованиям, зимний туризм в последнее время становится все более популярным.

Нужно отметить, что это не просто отдых где-то в горах, это отличная возможность весело провести каникулы или просто отдохнуть от серых будней.

Традиционно отдых зимой связывают с посещением горнолыжных курортов. Здесь можно найти многочисленные отели, предлагающие развлекательные программы, опытного тренера, который сумеет за короткое время научить вас кататься на лыжах или сноуборде. Такое времяпровождение дает отличную возможность сделать вашему организму встряску, «поразмять» все мышцы и зарядить организм бодростью на предстоящий год. Есть также возможность посетить горячие источники, в распоряжении отдыхающих приобрести сувениры местных мастеров.

Именно в зимнее время можно поправить здоровье, отдохнуть от суеты и напряжения. Желающим поправить здоровье зимний туризм предлагает посетить многочисленные термальные источники.

История лыж уходит своими корнями в глубину веков[3]. На побережье Белого моря, в Залавруге, обнаружены наскальные изображения лыжников, относящиеся к неолиту. Древние легенды рассказывают о доблести охотников и воинов, использовавших лыжи. Согласно одному из старейших исландских преданий прекрасная богиня Скади уходит от своего мужа, могущественного повелителя Северного моря, возвращается в родные места и остается там навсегда, чтобы кататься в горах на лыжах вместе со своим другом Ульром, богом снегов [6].

С давних времен в Норвегии определяли сильнейшего лыжника. Конечно, соревнований и строгих правил борьбы не было. Выбирал народ - ходила молва. Даже короли стремились носить этот почетный титул. Одному из них, Харальду Грозному, не очень нравилось, что в его стране есть юноша, о котором говорили, что спускался он с самых крутых гор быстрее и красивее всех. Звали юношу Хемминг Алакссон. Сага повествует о том, как «взобрался Хемминг на вершину высокой горы, прикрепил лыжи и понесся вниз с такой быстротой, что это казалось невероятным. Чтобы лыжи на скорости не свалились с ног, он старался делать плавные повороты. Вдруг он неожиданно оттолкнулся и совершил прыжок в воздух. Ветер наполнил полотнище его плаща. Оно надулось, как парус, и Хемминг полетел, полетел...». Чудом, благодаря плащу, уцелел Хемминг. Вынудил его прыгать с высокой скалы с риском для жизни сам король, который уступил перед этим Хеммингу в личном поединке по метанию копья.

Неважно, насколько тесно в преданиях вымысел переплетается с действительностью. Важно другое: лыжи вошли в жизнь северных народов с самых давних времен. Лыжи помогали быстро и легко преодолевать большие расстояния, на них охотились, на них воевали.

Впервые о применении на Руси лыж ратными московскими дружинами упоминается в Никоновской летописи. В трудном 1444 году Рязань была осаждена ордами хана Мустафы. Посланные князем Василием III русские воины, возглавляемые воеводами Василием Оболенским и Федором Голятевым, совершили быстрый маневр на лыжах, зашли в тыл врагу и нанесли сокрушающий удар [1].

Лыжами пользовались полярные экспедиции. Беспримерный поход на лыжах через Гренландию предпринял в 1888 году норвежец Фритьоф Нансен. Он снарядил свою небольшую экспедицию санями, дубовыми лыжами и двухметровыми палками. Сорок дней потребовалось Нансену и его четырем товарищам, чтобы пересечь страну вечного льда и снега. Великий полярный исследователь написал о лыжах целую книгу, в которой большое внимание уделил спускам с гор.

В конце XIX столетия лыжи стали применять альпинисты при восхождениях на вершины Альп. Лыжи понадобились им для спусков и быстро пришлись по вкусу. Они совершали многочасовые подъемы с тяжелой ношей на плечах ради непродолжительных мгновений радостного и рискованного полета вниз на лыжах по ледникам, между скалами, над обрывами.

В развитии горнолыжного спорта в XX веке, так же как и в развитии альпинизма в предыдущем столетии, велика заслуга англичан. Богатые британцы - искатели приключений и славы явились зачинателями видов спорта, которые никак нельзя назвать национальными, поскольку на Альбионе снега почти не бывает, а горы незначительны. Но именно английскому клубу, созданному энтузиастом-горнолыжником Арнольдом Данном и носившему энергичный девиз «Направляйте носки своих лыж вниз!», выпало на долю провести первые соревнования по спуску «Кандахар» в альпийском местечке Монтана. В канун соревнований, 6 января 1911 года, десять смельчаков поднялись в высокогорную хижину Вилдст-рубел, а утром одновременно устремились вниз через ледник по снежному кулуару, минуя скалы и объезжая трещины, скальные сбросы. Финиш был далеко ниже Монтаны, перепад высот - 1500 м! Время победителя 61 мин. Так родился новый вид лыжного спорта, но лишь через 20 лет настойчивых усилий его представителям удалось добиться включения соревнований по горнолыжному спорту в ранг крупнейших спортивных событий: первенств мира, а позднее и Олимпийских игр.

В России первый клуб лыжников был создан в 1895 году в Москве. Развитие лыжного спорта, как, впрочем, и других видов, в царской России происходило крайне медленно. Страна, огромные пространства которой надолго покрываются снегом, теперь осваивала лыжный спорт, следуя примеру других лыжных держав. К 1910 году в стране насчитывалось около 20 лыжных организаций, хотя и малочисленных по составу. Небывалый по тому времени переход четверки русских лыжников - Елизарова, Гостева, Немухина и Захарова зимой из Москвы в Петербург вызвал большой общественный интерес и явился стимулом к развитию лыжного дела в России [4].

В 1928 году Норвегия проводила I международную рабочую Спартакиаду по зимним видам спорта. Посланцы молодого Советского государства знакомятся с постановкой лыжного спорта в Скандинавии, сами участвуют в соревнованиях, приобретают образцы новых гокоревых лыж с шишечками на носках. Домой они привозят идеи создания «красной Норвегии» - системы массового лыжного спорта.

Первые соревнования наши горнолыжники провели в 1927 году на крутых склонах Ленинских гор - обрывистого правого берега Москвы-реки, там, где с другой стороны

раскинулась деревня Лужники. Соревнующимся предстояло одолеть три испытания: прямой спуск длиной 200 м на скорость, повороты на точность, прохождение «змейкой» серии поворотов на технику и красоту. Среди победителей - Н. Александров, А. Жемчужников, В. Коломенский.

Первый чемпионат мира состоялся в 1931 году в Мюррене (Швейцария). С тех пор горнолыжная техника стала развиваться бурными темпами. Победителем чемпионата мира 1933 года в слаломе, проводившемся в Инсбруке, стал парень из Зеефельда, обладавший необычным стилем, который можно было считать революцией в горнолыжной технике. Это был Тони Зеелос. Он с шиком пролетел первую трассу, легко подпрыгивая между воротами, и выиграл у ближайшего соперника 6 с. Вторая попытка была столь же блестящей. Горнолыжник отказался от упора и сохранял на спуске параллельное ведение лыж. В 1935 году Зеелос повторил свой успех. Впоследствии он тренировал команду горнолыжников Германии, представительница которой Кристль Кранц будет известна спортивному миру как обладательница 11 титулов чемпионки мира [3].

В 1936 году Тони Зеелос и Рудольф Ромингер были приглашены во Францию на роль тренеров по подготовке сборной команды к первенству мира, которое должно было состояться в следующем году в Шамони. Чемпион зимних Олимпийских игр 1936 года швейцарец Ромингер считался тогда сильнейшим в скоростном спуске. Результаты первенства были блестящими для французов: Эмиль Алле завоевал все золото - первые места в скоростном спуске, слаломе и в комбинации. Причем его превосходство в скоростном спуске было более чем внушительным: он опередил своего ближайшего конкурента, товарища по команде Мориса Лаффорга, на целых 13 с. В истории горнолыжного спорта достижение Эмиля Алле будет повторено только дважды: в 1956 году Тони Зайлером и в 1968 году Жаном-Клодом Килли, трехкратными чемпионами Олимпийских игр.

Вторая мировая война надолго прервала развитие горнолыжного спорта в альпийских странах.

Первым выдающимся спортсменом в послевоенное время был француз Анри Орейе [5], двукратный победитель зимней Олимпиады 1948 года в Санкт-Морице (Швейцария). Его манера спуска бросала вызов приевшимся правилам, разложенным по полочкам в лыжных учебниках. Ровные участки скоростного спуска Анри преодолевал в стиле, который во многом напоминает современную стойку «яйцо»: он сильно приседал, группировался, прижимаясь туловищем к бедрам, и, как бы втягивая голову в плечи, выдвигал вперед кисти рук, держа палки под мышками. Это давало ему большое преимущество перед соперниками. Кроме того, спортсмен тщательно занимался снаряжением: сам готовил весь инвентарь к соревнованиям, хорошо разбирался в мазах. Чтобы уменьшить сопротивление воздуха, надевал для спуска плотно прилегающий к телу костюм, прижимал резинкой брюки ниже коленей. Больше всего Анри любил скорость. И когда он открыл для себя автомобильные гонки, то бросил горнолыжный спорт.

Несомненным лидером австрийской дружины в те годы был Тони Зайлер. Родился он в 1935 году, когда его родной тирольский поселок Кицбюэль стал горнолыжной станцией. Большие спортивные события с тех пор были связаны с Кицбюэлем. На его технически сложной, оригинальной трассе скоростного спуска «Штрейф» и поныне проверяется и оттачивается мастерство в горнолыжном спорте. Апогеем славы Тони Зайлера стала Олимпиада 1956 года в Кортина д'Ампеццо (Италия). С блеском он выиграл все три вида соревнований по горнолыжному спорту. Трассы слалома необычно большой протяженности были проложены на сложном леденистом рельефе. Общее количество ворот 171. Из 108 участников лишь пятеро спустились без падений.

Богата история горнолыжного спорта событиями, именами и достижениями. Определенное место заняли в ней и советские горнолыжники. В 1956 году на зимних Олимпийских играх, проходивших в Кортина д'Ампеццо (Италия), бронзовую медаль в слаломе выиграла горнолыжница из Москвы Евгения Сидорова. В ее подготовку большой вклад внес Владимир Нагорный, с именем которого связывают разработку первой спортивной методики целенаправленного тренировочного процесса в горных лыжах. Под его руководством непобедимый Александр Филатов 24 раза, начиная с 1946 года, становился чемпионом Советского Союза.

В 1978-1981 годах имена Владимира Makeева, Валерия Цыганова, Владимира и Надежды Андреевых стали известны всему спортивному миру. Победы пришли в состязаниях самого высокого ранга - на Кубок мира. Наибольшую славу снискал себе горнолыжник из Подмосковья Александр Жиров, которого не без основания считали продолжателем техники Ингемара Стенмарка, лучшего, по общему признанию, слаломиста всех времен. Сезон 1980/81 года стал для Жирова триумфальным. Из 19 соревнований на Кубок мира по слалому и слалому-гиганту он 14 раз был в десятке сильнейших, причем 7 раз оказывался среди призеров и четырежды выигрывал эти популярнейшие соревнования [6].

Славу российскому спорту принесли в последние годы наши знаменитые горнолыжницы Светлана Гладышева, занявшая в 1992 году третье место на чемпионате мира в Заальбахе (Австрия) и в 1994 году второе место на зимних Олимпийских играх в Лиллехаммере (Норвегия), Варвара Зеленская, ставшая третьей в общем зачете Кубка мира-97 по скоростному спуску - самое престижное достижение в горнолыжном спорте. Отрадно отметить, что кузницей наших спортивных побед стали горнолыжные центры Камчатки, Уфы, Кировска, Междуреченска (Кемеровская обл.) и Шуколово (Московская обл.).

Где только не катаются сегодня на горных лыжах! В Австрии и Франции, в США и Японии, в Новой Зеландии и на Филиппинах. Катаются на всех материках: даже в экваториальной Африке.

Наши горнолыжники отдыхают на Кавказе и в Хибинах, на Урале и в Карпатах, на Камчатке и в Крыму, на Алтае и в Сибири, в Средней Азии, не перечислишь все места! А в последние годы российские любители горных лыж стали пробовать свои силы на самых известных горнолыжных курортах Франции, Австрии, Италии, Словакии, Болгарии и других стран.

Некоторые, самые опытные, любители путешествий в поисках романтики и острых ощущений направляются, в отдаленные горные районы, чтобы спуститься в сложных, незнакомых и порой экстремальных условиях по ледникам, ущельям, в лесных массивах по непроложенным еще маршрутам. Спуски смельчаков на лыжах с горных великанов - не новое увлечение горнолыжников. Еще на заре горнолыжного спорта альпинисты нередко брали с собой лыжи, чтобы потом на спуске испытать ни с чем не сравнимое ощущение полета по снежным кручам и полям. Недаром считают, что именно альпинисты дали второе, романтическое рождение современным горным лыжам.

Особое удовольствие в спусках со снежных вершин нашли любители дельтапланов[6]. На склонах Эльбруса, Чегета, Домбая и других гор не раз совершали полеты дельтапланеристы-горнолыжники. Знаменитый гавайский сёрф - катание на доске по океанским волнам - после своего успешного перевоплощения в парусную форму, применения в спусках на роллерной доске (на бетонных дорожках и специальных трассах) претерпел новую метаморфозу: спуск на досках по снежным горным склонам. Приверженцы катания на снежных досках испытывают ни с чем не сравнимое чувство полета, скорости, скольжения в глубоком пушистом снегу. Эти

ощущения манят к себе энтузиастов горных лыж, которые еще раз хотят испытать себя, свою силу, ловкость, чувство равновесия. Техника катания на доске отличается от приемов, используемых горнолыжниками [3].

Для спусков применяют самые разные доски: овальные ракетообразные, с ласточкиным хвостом, с килем, из двух продольных частей - досок. Они могут быть короткими (130-150 см) и длинными, в рост лыжника. Короткие доски легче в управлении, при выполнении поворотов. На длинных устойчивее спуски на большой скорости. Полусвободные или мягкие крепления гарантируют безопасность при падениях.

Скоростной спуск. Его по праву считают главным, самым зрелищным состязанием горнолыжников. На отдельных участках дистанции скорость спуска превосходит 130 км/ч, а полеты на лыжах превышают порой 40- 50 м. На трассе скоростного спуска от горнолыжника в течение 2-3 мин борьбы требуется полная самоотдача. Скоростной спуск испытывает на прочность лучшие технические достоинства горнолыжника, его мускулы, нервы, мужество, способность быстро и точно реагировать на непредвиденные препятствия, рельеф трассы и состояние снежного покрова. Спортсмен все время как бы идет на грани риска, переход через которую не только чреват проигрышем состязания, но и крайне опасен в случае падения. Борьбу на трассе он ведет в одиночку, не имея по ходу спуска никаких сведений о времени, скорости [7].

Трассы скоростного спуска протяженностью 3-4 км с перепадом высот между стартом и финишем 800-1000 м проходят по естественному рельефу, включая широкие открытые склоны зоны альпийских лугов, довольно крутые спады-стены, выполаживания, горловины, виражи, коридоры в лесных массивах. Трассы проходят по гребням, буграм, лощинам и ямам. Коридор дистанции спуска маркируется маленькими треугольными флажками красного (слева) и зеленого (справа) цветов, выступающими на 30-50 см над снегом. Главными ориентирами на трассе являются направляющие ворота из красных прямоугольных флагов (на соревнованиях женщин они чередуются с синими). Составленные попарно на сдвоенных древках-шестах, они образуют ворота шириной не менее 8 м, прохождение которых обязательно для участников соревнований. Одно из важных назначений ворот - контролировать скорость путем образования виражей разной кривизны и протяженности. Выбор и постановка трасс скоростного спуска доверяется опытным специалистам, которые определяют безопасную среднюю скорость спуска на той или иной дистанции в зависимости от рельефа склонов, прокладываемого маршрута, состояния снега.

Слалом. В соревнованиях по слалому (слалом - норвежское слово, означает след на снегу) участники преодолевают трассу с частыми последовательными поворотами, определяемыми расстановкой на склоне фигур и отдельных ворот. Состязания проводят по двум попыткам. Результаты прохождения двух разных трасс складывают. Протяженность трасс составляет от 400 до 600 м. Перепад высот между стартом и финишем у мужчин от 180 до 220 м, у женщин от 120 до 180 м. Около половины дистанции пролегает на склонах крутизной 20-27° и на более пологих участках, а четверть маршрута должна проходить по крутым склонам (30°). Соревнования по слалому проводят на жестком леденистом снегу для создания одинаковых условий для всех участников. С этой целью организаторы используют специальный «снежный цемент», а также заранее поливают склоны водой для замораживания снега. Слаломные ворота составляют из двух шестов, возвышающихся над снегом на 1,8 м. Ворота маркируются красным и синим цветами попеременно с нумерацией от старта к финишу. Ширина ворот 4-5м, расстояние между ними колеблется от 7 до 15 м. Исключение составляют лишь специальные слаломные фигуры «змейка» и «шпилька», в которых минимальное расстояние между ближайшими шестами 0,75 м. Общее

количество ворот на трассе у мужчин 55-75, у женщин 45-60. Средняя скорость спуска слаломиста 30-40 км/ч.[6]

Слалом-гигант. В начале 50-х годов был узаконен еще один вид состязаний горнолыжников: слалом-гигант. В этом виде соревнований, больше чем в скоростном спуске и слаломе, проходят проверку такие важные технические качества горнолыжников, как точность и плавность скольжения, тактический расчет траектории сопряжения дуг поворотов, сила, мягкость и пластичность движений. Не зря высших титулов в этом виде добивались только самые выдающиеся мастера горных лыж. По протяженности трассы слалома-гиганта достигают 1,5 км, а иногда и больше. Перепад высот между стартом и финишем не менее 400 м для мужчин и 300 м для женщин. Трассы прокладывают по склонам волнистого рельефа, разной крутизны, вписывая их в естественный горный рельеф. Количество ворот на маршруте обычно составляет 15 процентов перепада высот трассы. Ширина ворот от 4 до 8 м. Ставят ворота, как и в скоростном спуске, из четырех шестов, на каждой паре которых подвешивают флаги, красные и синие поочередно. На закрытых воротах их полотнища наполовину скручивают. В последние годы все чаще проводят соревнования по супергиганту - новому виду горнолыжного спорта. Упрощая, можно сказать, что его дистанция представляет собой нечто среднее между дистанциями слалома-гиганта и скоростного спуска. Длина трасс супергиганта достигает 2 км и больше. Виражи на трассе более широкие, скорость спуска выше, чем в слаломе-гиганте, и достигает 70-80 км/ч.

Соревнования на скорость. Этот вид соревнований горнолыжников не так популярен, как состязания по скоростному спуску, слалому и слалому-гиганту. Однако тот факт, что участники развивают на лыжах скорость свыше 200 км/ч, никого не может оставить безразличным. «Километр ланчиато» (километр полета) - так называют итальянцы эти состязания горнолыжников. Еще несколько лет назад порог 200 км считался недостижимым: расчеты показывали, что такая скорость для человека невозможна. Но практика опровергла теорию. Соревнования по спуску на скорость проводят на тщательно подготовленной трассе. Она представляет собой ровное, совершенно гладкое, без каких-либо выбоин и неровностей, плотно утрамбованное прямолинейное полотно снежного коридора на крутом склоне (от 30 до 40°). Во время соревнований, которые продолжаются от двух до четырех дней, постепенно увеличивают высоту старта до тех пор, пока кем-либо из участников не будет превзойден рекордный рубеж скорости. Длина разгона обычно достигает 400-500 м. В настоящее время потолок рекорда скорости поднят буквально до космической высоты и равняется 233,615 км/ч. Этот феноменальный результат показал француз Филипп Гуачель. Организаторы зимних Олимпийских игр 1992 года во французском горном поселке Альбертвилле провели показательные выступления по спуску на скорость [4].

Фристайл. Когда в самом начале века пионеры горнолыжного спорта осваивали простейшие приемы спусков, вряд ли кто-нибудь предполагал, что со временем на снежных склонах станут исполнять изящные, почти балетные па, сложные вращения-пируэты, прыжки и даже крутить в воздухе сальто. Сейчас такие артистические формы спусков (за рубежом они объединены под образным названием «фристайл» - вольный стиль) популярны во всех странах, где катаются на лыжах. Любопытно, впрочем, что первое лыжное сальто было исполнено еще в 1907 году. Первые соревнования по специальным прыжкам и фигурному катанию на лыжах были проведены в США в 1971 году. Чемпионаты лыжников вольного стиля привлекают зрителей захватывающей борьбой, изяществом движений, выдумкой и импровизацией, которым, кажется, нет предела. Проводятся соревнования по трем видам фристайла: фигурному катанию (балету на лыжах), спускам по буграм (могул) и прыжкам (воздушной акробатике). Фигурное катание организуется на некрутых склонах (11-16°) протяженностью 250 м с

музыкальным сопровождением по выбору участников. Спортсмены выполняют развороты, пируэты в скольжении, различные акробатические трюки без отрыва лыж от снега либо в прыжках с опорой на палки.

В спуске по буграм участники соревнования преодолевают сильно изрытую (бугристую) трассу протяженностью 250 м на очень крутом склоне (28-35°). Задача лыжника состоит в том, чтобы продемонстрировать быстроту, легкость и техничность исполнения поворотов на сложном бугристом рельефе.

Прыжки на лыжах выполняют со специально оборудованных трамплинов. Спортсмен, разогнавшись, выезжает на стол трамплина, отталкивается на его краю и делает в полете перевороты (сальто), сложные и эффектные комбинации в воздухе, добываясь большой высоты, амплитуды полета, техничности и красоты исполнения. Дорожка разгона трамплина для прыжков имеет крутизну от 20 до 29° и длину до 30 м. Тщательно подбирается кривая выезда на стол отрыва. В целях безопасности склон приземления должен быть достаточно крутым (до 40°) и не жестким. Для лучшей ориентации спортсменов в воздухе около трамплина устанавливают высокие флажки со спортивными флагами или другими яркими предметами.

Таким образом, мы раскрыли все особенности горнолыжного туризма как вида активного отдыха.

Список цитируемых источников

1. Боголюбова, В.С. Экономика туризма: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.С. Боголюбов, В.П. Орловская. - М.: Академия, 2011. с.192
2. Воскресенский, В.Н. Международный туризм: учебное пособие для студентов вузов/В.Ю. Воскресенский. - М.: Юнити - Дана, 2010. с. 255
3. География России: Энциклопедический словарь / гл. ред. А.П. Горкин. Большая российская энциклопедия. - М: 2002. с.208
4. Гладышева, С. Олимпиада - престиж для России // Аргументы и факты - 2009. - №21. с. 12.
5. Гуляев, В.Г. Туризм: экономика и социальное развитие. - М.: Финансы и статистика, 2011. с.304
6. Гуцин, В.В. Сервисное право: Учебное пособие / В.В. Гуцин, В.Д. Пахомов, Е.П. Приходько. - М.: «Дашков и К», 2009. с.396

Рецензенты: *Молдокеева Ж.Ф.* – кандидат социологических наук, доцент МУК

Сайфудинов Б.Н. – кандидат экономических наук, доцент Академии инновации

УДК:502/504

Токтомурадова Н. С.
Ж. Баласагын КУУ, Бишкек
Toktomuratova N. S.
J. Balasagyn KNU, Bishkek
toktomuratova.nazira@maul.ru

Кыргызстандын түштүгүндөгү радиоактивдүү калдыктар жайгашкан жерлердин экологиялык абалы

Экологическое состояние хвостохранилищ юга Кыргызстана

Ecological condition of tailing dumps in the south of Kyrgyzstan

Макалада азыркы мезгилдеги Кыргызстандын түштүгүндө жайгашкан тоо-кен ишканаларынын ишмердүүлүгү чагылдырылган. Радиоактивдүү калдыктар сактоочу жайлар жакын жайгашкан аймактардын экологиялык абалы, алардын айлана-чөйрөгө жана калктын ден соолугуна тийгизген терс таасири изилденген. Радиоактивдүү калдыктар көмүлгөн жайлардын өзгөчө кырдаалдар учурунда алып келе турган геоэкологиялык коркунучу белгиленип, радиациялык абалдын өлчөмү такталган. Геоэкологиялык кырдаалды анализдөө менен калдыктар сактоочу жайлардын экологиялык коопсуздугун камсыздоо маселелери каралган.

Урунттуу сөздөр: экология; атмосфера; экологиялык кризис; экологиялык коопсуздук; зыяндуу заттар; уулануу; уран кени; радиоактивдүү калдыктар; радиациялык чөйрө; геоэкологиялык коркунуч.

В статье отражена деятельность горнорудной промышленности юга Кыргызстана. Исследованы экологические проблемы хвостохранилищ, их негативное влияние на окружающую среду, также на здоровье населения. Отмечена геоэкологическая опасность хвостохранилищ при чрезвычайных ситуациях, уточнено измерение состояния радиации. Анализируя геоэкологическую ситуацию, рассмотрены задачи обеспечения экологической безопасности хвостохранилищ.

Ключевые слова: экология; атмосфера; экологический кризис; экологическая безопасность; вредные вещества; отравление; урановая руда; радиоактивные отходы; радиационная среда; геоэкологическая опасность.

In the article the activity of the mining industry of the south of Kyrgyzstan is reflected. Environmental problems of tailing dumps, their negative impact on the environment, as well as on public health are investigated. The geoecological danger of tailing dumps is noted in emergency situations, the measurement of the radiation state is specified. Analyzing the geoecological situation, the tasks of ensuring the ecological safety of tailing dumps are considered.

Keywords: ecology; atmosphere; ecology crisis; ecology safety; harmful substances; poisoning; uranium ore; radioactive wastes; radiation surroundings; genecology danger.

Кыргызстандын түштүк аймагынын жаратылыш шарты ар түрдүү келип, табигый ресурстарга бай. Жер алдындагы кен байлыктарды казуу, жайыттарды пайдалануу, түзөн жерлерди айдап, дыйканчылык кылуу, агын суулардын нугуна ГЭСтерди, суу сактагычтарды, көл жээктерине эс алуучу жайларды куруу, тоо капталдарындагы токойлорду чарбада пайдалануу ж.б. чарбалык аракеттер жаратылышты өзгөртүп, аларга болгон антропогендик басымды улам күчөтөт.

Кен казылып алынуучу Түштүк Кыргызстандын аймагындагы иш-аракеттер табиятка кылдат мамилени талап кылат. Табигый күчтөрдүн мүнөзүн, жаратылыштын өнүгүү мыйзам ченемдүүлүктөрүн этибар албай туруп чарбалык иштерди жүргүзүүнүн натыйжасында геоэкологиялык тең салмактуулук бузулушу мүмкүн.

Кийинки жылдардагы үстөмдүк кылган илимий-техникалык өнүгүүнүн шартында абал кескин өзгөрдү. Материалдык өндүрүштүн масштабынын кеңейиши, демографиялык кырдаалдын курчушу ж.б. социалдык-экономикалык өзгөрүүлөр тоолуу аймактын ресурстарын пайдалануунун мүнөзүн кескин өзгөртүп, азыркы мезгилде адам баласынын

жаратылышты пайдалануунун жаңы баскычын жаратты. Тоолуу аймактарды пайдалануу ургаалдуу жолго түшүп, адам баласынын чарбалык аракетинин, негизинен кен байлыктарды казып алуунун, электр энергиясын өндүрүүнүн, рекреациялык пайдалануунун жаңы борборлору пайда болду.

Азыркы мезгилде Кыргызстандын түштүгүндөгү тоо-кен тармагынын ишканалары тоо экосистемаларына терс таасирин тийгизип, геоэкологиялык абалды курчутууда. Иштеп жаткан жана иштелип бүткөн шахталар жана рудниктерден чыккан таштанды тоо тектери көп жерлерди каптап, ал жерлер пайдаланылбай калган. Уран ж.б. металлдар казып алынган жерлерде керектүү компонентти ажыратып алгандан кийин ордунда таштанды тоо тектеринин үймөктөрү пайда болот. Мисалы, 1т түстүү металлды казып алган жерде 150-200т, ал эми 1т уран же кымбат баалуу металл казылган жерде 10миңден 100миң т. чейин таштанды тоо тектери калат. Таштандылардын арасында радиоактивдүү жана ууландыра турган заттар калып, алар айлана-чөйрөнүн экологиялык абалын начарлатат.

Кыргызстандын аймагындагы негизги экологиялык көйгөй катары адам ден соолугуна жана табигый чөйрөгө терс таасир тийгизген тоо-кен ишканаларынын калдыктары жайгашкан аймактар каралат. Жалпы республиканын аймагында радиоактивдүү калдыктар сакталуучу жайлардын саны-130, жалпы көлөмү 620млн.м³ ашык, аянты 1950га түзөт.

Алгач XX кылымдын 1940-1950-жылдар аралыгында союзда атомдук өнөр жайдын өнүгүүсү стратегиялык маанилүү тармак болгон. Негизинен аскердик программаларды ишке ашыруу максатында уран кенин иштетүү жакшы жолго коюлган. Бул багытта Кыргызстандын түштүгүндө Шекафтар, Кызыл-Жар, Майлуу-Суу жана түндүктө Кажы-Сай, Миң-Куш сыяктуу уран кени иштетилген аймактар каралган. Союзда биринчи атом бомбасы Кыргызстандын уранынан жасалган деген божомолдор бар.

Кыргызстандын түштүгүндөгү ири уран кени Жалал-Абад шаарынан 65-70км. түндүк-батышта, Фергана тоо тизмегинин түштүк этегинде Майлуу-Сууда жайгашкан. Союз мезгилинде Майлуу-Суу шаары картада жашыруун "жабык" шаар катары "Почтовый ящик № 200" деп аталган. Нью-Йорк шаарындагы Блексмит илим изилдоо институтунун илимпоздору 2006-жылы "Polluted places initiative" проектинин алкагында Майлуу-Суу шаарын дүйнөдөгү экологиялык абалы эн начар шаарлардын катарына киргизген.

Алгачкы уран кени жөнүндөгү маалымат 1907-жылы белгилүү болуп, бургулоо иштери 1943-жылдан башталган. Негизинен, 1946-1968-жылдар аралыгында кен ургалдуу иштетилип 10т. ашык уран алынган. Иштетилгенден калган радиоактивдүү калдыктар 23 жайга көмүлүп, 13 кен иштетилбей калган катмарлары да көмүлгөн. Жалпысынан радиоактивдүү калдыктардын көлөмү 2-4млн.т. түзгөн. Ал эми калдыктардын курамын радионуклиддер менен катуу металлдар-коргошун, молибден, ванадий, уулуу химиялык реагенттер- күкүрт кислотасы, марганец кычкылы, аммоний сульфаты, мышьяк ж.б. түзгөн.[1]

Майлуу-Суу шаарындагы радиоактивдүү калдыктарды көмүүчү жайлар 1948-1956 жылдар аралыгында курула баштаган. Бирок калдыктарды көмүүчү аймак, аларды жайгаштыруу ыкмасы, проектиси геоэкологиялык жактан курулуш эрежелери сакталбай, талапка туура келген эмес. Экологиялык коркунуч катары иштетилген калдыктар көмүлгөн жайлардын суу өткөрүүчү системасынын түзүлүшү талапка жооп бербей радионуклиддер Майлуу-Суу дарыясына кошулуу коркунучун пайда кылууда. Илимпоз И.Т.Айтматовдун билдирүүсү боюнча "дарыя суусунун химиялык курамы гидрокорбонаттык түргө кирип, урандын гидрографиялык тармагы 80км. аралыкка таралуусуна шарт түзүлөт. Ал эми ионий жана радиий гидрокорбонаттуу сууда эрибей, башка калдыктар менен биргеликте таралат." [2]

Жыйынтыгында, жаз мезгилинде жер астындагы суу, сел агымдары аркылуу Майлуу-Суу суусуна радионуклиддер кошулса, Кыргызстан, Өзбекстандын аймагындагы калк уулануу коркунучуна дуушар болмок. Анткени, Майлуу-Суу дарыясы Бабаш-Ата тоосунун батыш жана түндүк-батыш капталдарынан башталып, Майлуу-Суу шаарына чейин батышка, андан кийин түштүктү карай агып, Кара-Үңкүргө куюп, башкы агымында Керей,

Кыз-Коргон суусунун чатынан тик жана терең капчыгайлар аркылуу өтүп, ортоңку бөлүгүндө нугу кеңейип, токойлуу өрөөн менен агып, Избаскен айылынан Фергана өрөөнүнө чыга бериште сугат каналдарына жана салааларга бөлүнүп сугатка пайдаланылат.[3] Радиоактивдүү элементтер дарыя аркылуу Фергана өрөөнүндөгү Анжиян, Наманган, Фергана облустарынын калкынын саламаттыгына таасир тийгизип, жергиликтүү экологиялык абал эл аралык көйгөйгө айланышы мүмкүн.

Уран рудасын казып алып тазалоо учурунда эң көп радиоактивдүү таштандылар калган. Уран рудасынын кендери Шекафтарда да болгон. Алардын радиоактивдүү калдыктары ошол эле жерлердеги тоо капталдарына, өрөөндөргө көмүлгөн. Убакыт өткөн сайын, ар кандай табигый күчтөрдүн таасиринен көмүндүлөр бузулуп, экологиялык катастрофага кириптер кылуу коркунучу туулууда. Ушундай эле коркунуч Шекафтарда турат. Союз жоюлгандан кийин радиоактивдүү таштандылар көмүлгөн үймөктөр каралбай калып, сактагыч тосмолор акырындап бузулуп, суу менен жуулуп, өзөндөгү сууларды булгап жатат.

Кыргызстандын аймагында көмүлгөн радиоактивдүү заттардын көлөмү 50 млн.т түзөт. 1980-жылдардын аягында СССРде өндүрүлгөн сурьманын 100%, сымаптын 60% жана сейрек кездешүүчү металлдардын 30% Кыргызстанда өндүрүлгөн. ”К числу районов Кыргызстана, испытавших мощный техногенный прессинг и ощутимые изменения природной среды относится Сумсар-Шекафтарский горнопромышленный район”.[4].

Сумсарда 1951-1978-жылдары коргошун-цинкти кайра иштетип, казып алуу иштери жүргүзүлгөн рудниги жайгашкан. Шаарчада көлөмү 3 млн.м куб. түзгөн жалпы аянты 265 миң м. ээлеген 3 радиоактивдүү таштандылар көмүлгөн жайлар бар. Сумсар руднигинин 1994-жылдын жазында көмүлбөй ташталган калдыктары Сумсар-Сай суусуна урап түшүп 50 миң.м³ уулуу- коргошун, цинк, жез заттар Фергана өрөөнүнүн кээ бир аймактарына куюлуп түшкөн жана сууда оор металлдардын марганец концентрациясы 10эсе, кадмий боюнча 320 эсе ашып кеткен. Статистика боюнча жогоруда айтылган аймактардагы калктын ден соолуктары кескин начарлаган. Мындай көрүнүштөр 2000-жылы Терек-Сайда болуп өткөн. Мындан ары да радиоактивдүү жана ууландыруучу оор металлдардын калдыктарын сактоонун жаңы жолдору табылбай, мурдагы бойдон калтырылса, ал жерлердин геоэкологиялык абалы улам начарлай берип, акыры экологиялык кыйроолорго алып келүүсү мүмкүн. Тоо-кен өнөр-жайынын кайсы гана тармагы болбосун айлана-чөйрөгө терс таасирин тийгизет. Андай ишканалардын негизги милдети: ал таасирдин зыяндуу жактарын азайтуу, өнөр-жай менен жаратылыштын ортосундагы тең салмактуулукту кармоо, ар кандай кокустуктарга жол бербөө.

Мамлекеттик бюджеттик каражаттын эсебинен 2012-жылы Сумсар шаарчасындагы калдык сактоочу жайларына мерчем боюнча **1млн. 500миң сом** каралган. Мамлекеттин казынасында акча каражатынын тартыштыгына байланыштуу, 2012-жылдын 31-декабрь айына Агенттик калдык сактоочу жайлардагы өзгөчө кырдаалдарды алдын-алуу максатында бюджеттик каражаттын эсебинен, подряддык ишкана ЖЧК “Торгстройсервис” тарабынан Сумсар шаарчасындагы №2 калдык сактоочу жайында авариялык кайра-калыбына келтирүү жумуштары **813 миң 304 сомго** аткарылган.

Жыйынтыгында, №2 калдык сактоочу жайдын сел өткөзүүчү чоң арыктары тазаланган. Калдык сактоочу жайларга баруучу жолдор калыбына келтирилген. Калдык сактоочу жайдын үстүндөгү жана оң тарабындагы эңкейиштердин жаан-селден пайда болгон чуңкурлары топурактар менен толтурулуп, тегиздетүү иштери жүргүзүлгөн.

Чаткал районунун Сумсар шаарчасында подряддык ишкана ЖЧК “Реалпроект” тарабынан, Сумсар шаарчасынын аймагындагы №1, №2 калдык сактоочу жайларында долбоордук- изилдөө иштери жүргүзүлүп, **501,816 миң сомдук** иш аткарылган.

Мамлекеттик бюджеттин эсебинен 2013-жылы калдык сактоочу жайларда авариялык кайра-калыбына келтирүү жумуштарын аткаруу үчүн болжол менен 9 млн.сом акча каражаты каралган. Ал эми Сумсар шаарчасындагы калдык сактоочу жайларына- 960 миң сом бөлүнгөн.

Сумсар шаарчасынын айлана-чөйрөсүн булгоочу негизги компонент катары калдык сактоочу жайлардагы оор металлдардын туздары каралат. Алардын жалпы көлөмү 2650 миң.м³ түзүп, I-II категориядагы коркунуч көрсөткүч деңгээлине кирет.

Сумсар суусун коркунучтуу- зыяндуу таштандылардан коргоо максатында төмөнкү иштер жүргүзүлүүсү зарыл:

-Сумсар суусунун курамына радиоактивдүү заттардын жана уулуу таштандылардын кошулушу боюнча мониторинг жүргүзүү;

-ремонт-калыбына келтирүүчү, профилактикалык жана рекультивациялык иштерди жүргүзүү;

-Шекафтар шаарчасынын тоо-кен таштандылар аймагында рекультивация иштерин жүргүзүү.

Шекафтар аймагында 1957-жылга чейин уран казылып алынган. Азыр радиоактивдүү баланстан чыгарылгын кендер менен казылган тектердин 8 таштанды топтолушунун көлөмү 0,682млн.м³ түзөт. Үстүнкү катмарындагы гамма фон 60-150мкp/саат туура келет. Алардын биринин чети тынымсыз Сумсар суусу менен желүүдө. Сумсар аймагында радиоактивдүү калдыктар, коргошун,цинк өндүрүшүнүн көлөмү 400миң.м³ түзөт. Радиоактивдүү калдыктар дайыма жаан-чачын, үстүнкү агын суулары менен жуулуп, азыркы мезгилде авариялык абалды жаратууда. Республикалык ЭЭК билдирүүсүнө караганда радиоактивдүү калдыктар Сумсар суусунун төмөнкү агымында жайгашып, азыркы абалы экологиялык изилдөөлөрдү талап кылат. Мындай көрсөткүч Чаткал районуна караганда географиялык жайгашуусу боюнча Ала-Бука районуна көбүрөөк таасир этет.

Аймактагы олуттуу экологиялык көйгөйлөрдүн бири суунун, топурактын зыяндуу заттар менен булгануусу болуп эсептелет. Аймакта сууну булгоочулар негизинен тоо-кен ишканалары. Сумсар, Терек-Сай сууларынын өрөөндөрүндө, жайылмаларында радиоактивдүү кендердин таштанды дөбөлөрү, калдык сактоочу жайлар жайгаштырылган. Натыйжада, Сыр-Дарыянын жана анын куймаларынын суусунда коргошун, цинк, хром, никель, кадмий жана сымап аралашмалары коопсуз концентрациясынын чегинен (ККЧ) ондогон, жүздөгөн эсе ашып кеткендиги байкалган. Мисалы, Сыр-Дарыянын Сумсар сууларынын чатынын төмөнкү бөлүгүндөгү коргошундун (ККЧ 3төн 100 гө чейин), цинктин (ККЧ>10), жездин (ККЧ>30) концентрациялары байкалган. Сумсардын өрөөнүндө жана жайылмасында «Сумсар» полиметалл жана «Шекафтар» уран, «Терек-Сай» сурьма рудниктеринин калдык сактоочу жайлары жана таштандылары жайгаштырылган. Андагы таштандылардын жалпы көлөмү 3,65млн.м³. Азыркы учурда бул объектилерге байкоо жана көзөмөл болбогондуктан, калдык сактоочу жайлардын тосмолору жана дренаждык курулмалары бузулуп, иштен чыгып калган. 1994-жылы жаз мезгилиндеги жаанчыл айларда № 1-калдык сактоочу жайдын дамбасы бузулуп толук жок болгон. Натыйжада, калдык сактоочу жайдагы 50миң.м³ радиоактивдуу тоо-тек таштандысы жуулуп, сууга кошулуп кеткен. Бул объект Сумсар суусун дайыма булгап турат. Сууну булгаган эң негизги зат-оор металлдардын туздары. Ал жөнүндө “...за счет геоморфологических особенностей местного горного рельефа, осуществляется перенос (миграция) вниз по течению тяжелых металлов водами реки Сумсар” [5] деп изилдөөлөрдө белгиленет. Калдык сактоочу жайлардан төмөн жайгашкан агын суудагы марганецтин өлчөмү коопсуз концентрациясынан (ККЧ) 10 эсе, кадмийдики 320 эсе ашып кеткен. Тамак-ашты жана сууну булгаган металл заттарынын эң уулусу-кадмий. Узак убакыт бою кадмийдин таасиринде болгон адам баласынын организми бөйрөктүн, боордун, муундардын оор дартына чалдыгат.

Шекафтардагы радиоактивдүү тоо-тек таштандыларынын бир үймөгү (көлөмү 60миң.м³) Сумсар суусунун жайылмасында жайгашкандыктан, ал дайыма сарыгып сууга кошулуп турат. Таштанды үймөктөрдө урандын өлчөмү жогору болгон (гамма-нурлануунун, экспозициялык дозасынын кубаттуулугу 200-300 мкp/сааттан ашкан) айрым кесек тоо тектери кездешип, жаан-чачын жана агын суулар менен сарыгып чыкса, ал эми 2000-жылы

сел жүргөн. Мында айлана-чөйрөнү булгаган негизги аралашмалар-сурьма жана барит болуп саналат. Эгерде калдык сактоочу жай бузулуп кете турган болсо, анын шиленди катуу тектери суусактагычка топтолушу мүмкүн. Шекафтар тоо-кен таштандыларынын курамы урандын катарындагы химиялык элементтерди камтыйт. Жалпы аянтты 322,1 миң м³ түзүп, II категориядагы коркунуч көрсөткүч деңгээлине кирет. Калдык сактоочу жайлар жана тоо-кен таштандылары 7-9 баллдык жер титирөөлөрдө, узакка созулган эрозия процесстеринде жана селдин жүрүүсүндө ж.б. себептер менен айлана-чөйрөгө коркунуч алып келүүсү мүмкүн. Ошондуктан бул аймактар мониторинг торчосуна кирүү менен 2005-жылы Шекафтар штп. №5 таштандыда жээктерин бекемдөө иштери жүргүзүлгөн. Ал эми 2008-жылы аймактык «Радиоактивдүү калдыктарды башкаруу» проектисинин алкагында Шекафтар аймагынын радиациялык абалына баа берүү иштери жүргүзүлгөн.

Шекафтардагы ташталган рудалык шахталарга ӨКМ тарабынан 2007-жылы авариялык-калыбына келтирүү иштери аткарылган. Сумсар шаарчасындагы №2 калдык сактоочу жайда дамбаларды геотехникалык жактан бекемдөө иштери жүргүзүлгөн. 2011-жылы Шекафтарда кайрадан тоо-кен таштанды аймактарынын чет-жакаларын жабуу иштери өткөрүлгөн.

Чаткал районундагы Терек-Сай шаарчасында, деңиз деңгээлинен 2350-2800 м бийиктикте Терек-Сай кени жайгашкан. Аталган райондо пайдалуу кендерди системалуу изилдөө 1934-жылы башталып, ошол эле жылы Тереккан алтын кени ачылган. Аны чалгындоо иштери 1978-жылы аяктаган. Азыркы мезгилде Тереккан кени рудниктин сырьелук базасын түзүп турат. “Терек-Сай” рудниги Республикадагы ишканалардын ичинен көп жыл иштеген эң эски ишкана болуп саналат. Узак жылдар бою ал сурьма жана аны менен чогуу кездешкен алтын казып алууга багытталган ишкана. 1990- жылдардын башында Терек-Сай руднигинин негизги продукциясы “Терек” деген кен чыккан жерден казылып алынган алтын болгон. 2000-жылдардын башынан ушу күнгө чейин бул кенде алтындын көрөңгөсү түгөнгөндүгүнө байланыштуу рудникке сырьелук база болуп “Тереккан” алтын кени эсептелет.

2002-жылы Кыргыз Республикасынын Өкмөтүнө караштуу Геология жана минералдык ресурстар боюнча мамлекеттик агентствонун Жалал-Абаддагы геологиялык-чалгындоо партиясынын жана Кадамжайдагы сурьма комбинатынын Терек-Сай руднигинин базасында “Кыргызалтын” ААКнун филиалы “Терек-Сай рудниги” ачылган. Филиал алтын кени чыккан жерди иштетүү жана геологиялык иликтөө иштерин жүргүзөт. “Кыргызалтын” ААКнун алтын кени чыккан “Тереккан” жана “Терек” кениндеги “Дальний” участкасын иштетүү үчүн лицензиясы бар. Рудниктин өндүрүштүк кубаттуулугу жылына 100 миң тоннадан ашык руданы иштетүүгө жетет. Руда кен байытуучу фабрикада кайра иштетилет, эң акыркы продукциясы болуп сульфиддик флотоконцентрат эсептелет. Мындан тоннасына орточо эсеп менен 40 граммга жакын алтын камтылган сульфиддик флотоконцентрат алынат. Жыл сайын 150 килограммга жакын алтын концентраты өндүрүлөт. Мурда (2003-жылга чейин) продукцияны байытуу иши Кадамжай сурьма комбинатында жүргүзүлүп, бирок казакстандык бир ишкана алтын-сурьма эритмесин иштетүү үчүн колдонулган реагенттерди жөнөтүүсүн токтоткондуктан, реагенттердин жоктугуна байланыштуу бул линия жабылган эле.

Кен байытуу комбинатынын продукциясы (флотоконцентрат) Кытай Эл Республикасына жана Казакстан Республикасына сатылат. Терек-Сай аймагындагы алтындын өндүрүштүк запасы, “Перевальное” алтын кени чыккан жерди кошо эсептегенде, болжол менен 20-25 тоннага жакын алтынды түзөт. Болжолдоолорго ылайык, “Терек-Сай” тобундагы (Тереккан, Терек, Чапчама и Чаар-Таш) бардык алтын чыккан жерлерде – 70 тоннаны түзөт [6]. “Терек-Сай рудниги” филиалынын жумушчу кызматкерлеринин саны 420 адамды түзөт. Инженердик-техникалык персоналдын 70%дан ашыгынын кен казып алуу тармагында көп жылдык бай тажрыйбасы бар.

Терек-Сай кен иштетүү филиалы Казакстан жана Кытай менен 4 келишимин түзүп, акыркы эки айдын ичинде 55,8 млн сомдук продукция жөнөтүшкөн. «Кыргызалтын» ААКнын Терек-Сай кен иштетүү филиалынын маалыматы боюнча аталган кен 1952-жылдан бери иштейт. Ошол мезгилден баштап сурьма кени жер алдынан казылып алынып, байытылып Кадамжай сурьма комбинатына жиберилип турган. Кен кору 2002-жылы түгөнгөн. Ал 2002-жылдын февраль айынан «Кыргызалтындын» карамагына өтүп, алтын кенин иштетүү башталган.

Терек, Тереккан, Иштамберди, Перевальное, Чапчыма, Чаар-Таш кендерине лицензия алынган. Терек кени иштелип бүткөнүнө эки жыл болуп, азыркы учурда Тереккан кени иштетилип жатат. Бул жерде көп жылдык запасы бар кен болуп саналат.

Тереккан, Перевальное, Чапчыма, Чаар-Таш кендеринин лицензиясын «Кыргызалтындан» 2008-жылы Кыргыз өкмөтү алып койгон. 2010- жылы элдик ыңкылаптан кийин, октябрь айында жогоруда аталган кендерди иштетүүгө конкурс жарыяланган. Кытай Эл Республикасынын каалоо-сунуштары сунушталган. Бирок, 2011-жылы январь айында жаңы өкмөт түзүлүп, аталган конкурс жокко чыгарылган.

Чаткал районуна караштуу Кызыл-Токой айылында ак мөңгүлүү тоо арасынан таптаза, тунук суу агып түшчү сайдан сел жүргөндөгүдөй булганган топон кара суу агат. Тоо башына жамгыр жаап, жер эзилип, көчкү түшсө суу булганат, бирок жамгыр, көчкүсү жок эле Чаткал суусунун өңү «карайып», булганып калганына бир-эки жыл болгон. Бул тоолорго алтын издеп, баюунун амалын көздөп келген алтын казчу кытай компаниялары өз техникалары менен тоолорду аңтарып-чукуп, казып жатып суулардын өңүн өзгөрткөнгө жетишкен. Сай боюндагы сууну техникалары менен ары-бери казгылап, чукулашып сууну да булгамак түгүл, суунун боюнда өскөн бак-дарактарды четинен кыркып жатат. Мал ичүүгө да жарабай калган сууну жергиликтүү Терек-Сай шаарчасынын калкы ичип жатат.

Алтын издеген фирмалардын Чаткал кырка тоолорунун ар бир кокту-колотторунун баштарында техникалары жайгашкан. Мындай техникалар өндүрүшү бай борбордук шаарларда да жок. Ал эми тоонун башында заманбап үлгүдөгү кытай техникалары иштейт. Бир эле кен казган компаниянын короосунда кеминде 10-15 автотехниканы көрүүгө болот. Кокту-колоттордо болсо өмүрү бут баспаган жерлерге техниканын күчү менен жолдор салынып, кытай машиналары, тракторлору тынымсыз алтын издөөнүн үстүндө. Бул техникалардын көптүгү, эгерде ушул темпте кете турган болсо 5-10 жылдан кийин Чаткалдын тоолору бөксөрүп, казылган эле талаадай болуп калат. Ар бир кен казган фирмаларда кеминде 10дон, алды 30-40тан техникалары бар болсо, район боюнча 21 алтын кенин казган компаниялар катталган. Иштеп жаткан он чакты компаниянын техникасы 200 го жетет. Техника эле эмес, көп кабаттуу заңгыраган имараттарды курганга да жетишкен "Иштамберди" компаниясы жайгашкан.

Чаткал кырка тоосунун капталдарынын жер кыртышы бузулуп, ак мөңгүлөргө чейин жана астыңкы бөлүктө жашарып турган бак-дарактарды четинен кыркып жаткан компаниялардын ишин көзөмөлдөгөн геологиялык же экологиялык кызмат, же мамлекеттик тийиштүү органдар жок. Тоолордун чокусуна чейин казып, сууларды булгап, алардын нугун өзгөртүп, бак- дарактарды жок кылган кен казучулар жергиликтүү калкка эмне пайда алып келет. Азыр мамлекеттин казынасына, жергиликтүү айыл өкмөтүнүн бюджетине жана айрым жарандарга пайда түшкөнү менен келечекте пайдасынан зыяны көп болот. Жергиликтүү калктын арасында ар кандай жугуштуу оорулар: тери оорулары, кан басымдын көтөрүлгөнү көбөйгөн. Жаш балдар арасында сарык, ич өткөк оорулары күчөп кеткен. Суунун боюнда көгөргөн жыгач жок, баарын алтын алабыз деп кытайлыктар казып, жолдорду бузуп, суунун нугун өзгөртүшкөн. Иштин жоктугунан жаштар чет жакка чыгып кетишкен.

Иштамбердиде алтын өндүрүү боюнча жүрүп жаткан иштердин көп терс жактары Терек-Сай шаарчасынын аймагында жашоочуларына кооптуу жана жагымсыз жагдайларды пайда кылууда. Атап айтканда, өтө оор жүк ташып, күнү-түнү тынбаган машиналардын айынан райондорду байланыштырган жалгыз жол бузулууга дуушар болгон. Көз ачырбаган чан,

суунун ылайланышы сыяктуу маселелерди оң жагына чечүү боюнча калктын кайрылууларынан жыйынтык чыкпай жатат.

Иштамберди руднигиндеги жумушчулардын алкынды кир суулары жана канализациясы туура Сай суусуна түшөт. Башка таза суу иче турган канализация жок болгондуктан, Горняк-2 участкасынын 3миң түтүн 20 миңден ашык тургундары сууну Сайдан алып пайдаланышат. Өтө оор техникалар өткөндүктөн, аларга күнү-түнү тынчтык жок. Жолдор асфальт болбогондуктан, алар чанды жутуп, дем алуу органдары жабыркап жатат. Кооптонгондору, кийинчерек эркектерде тукумсуздук пайда болуу коркунучу бар.

Жалал-Абад аймактык айлана-чөйрөнү коргоо жана токой экосистемасын өнүктүрүү башкармалыгы берген маалыматы боюнча, кытайлык «Фулл Голд Майнинг» компаниясы эч кандай долбоору жок, экологиялык экспертизадан өткөрбөй, Ала-Бука токой чарбасынан чалгындоо иштери үчүн алган кошумча 13 гектар жерди өз алдынча жер кыртышын бузуп, экологиялык көп зыяндарды алып келген. Тоо бооруна кыйма-чийме тилинип жол салынып, ондогон түп арча жана бадалдар жок кылынган. Бул жерде кийин жер көчкүлөр болушу мүмкүн. Жер кыртышын өз алдынча бузгандыгы үчүн июнь айында экологдор тарабынан ишти токтотуу боюнча талап коюлган. Мындай терс көрүнүшкө ким жооп берет деген суроо пайда болот.

Жыйынтыгында, айлана-чөйрөнүн экологиялык тең салмактуулугун, коопсуздугун сактоо, бирдиктүү саясат жүргүзүү максатында Кыргыз Республикасынын Өкмөтү 2007-жылдын 16-октябрындагы №469 токтому менен Кыргыз Республикасынын экологиялык коопсуздук концепциясын бекиткен.

Кыргызстандын түштүгүндөгү экологиялык коопсуздукту камсыз кылууда: инженердик-геологиялык изилдөөлөрдүн деңгээлин жогорулатуу, атайын долбоорлорду ишке ашыруу, айлана-чөйрөгө мониторинг жүргүзүү, тоо-кен ишканаларынын техногендик терс таасирлерин алдын алуу, өзгөчө кырдаалдар министрлиги ж.б. мекемелер менен өкмөттүк деңгээлде бирдиктүү иш жүргүзүү зарылчылыгы келип чыгат.

Пайдаланылган булактардын тизмеси

1. Арапов К.Н., Камчыбеков З.А. Радиационно-опасные отходы горнорудной промышленности города Майли-Сай. Вестник ОшГУ.-Ош.: 2012.- 297- б.
2. Айтматов И.Т. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана. Бишкек. 1997. 132-б.
3. "Кыргыз жергеси"(жер-суу аттары), Энциклопедия. –Фрунзе.:1990.-202-203- б.
4. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана/ Под ред. И.Т. Айтматова.-Бишкек: Илим, 2009. с.174.
5. Торгоев И.А., Стегнар П., Эберле Х. Геоэкологические риски в долине Сумсара. Бишкек.:2017. с. 9/14.
6. Жакыпбекова А.Т. Терек-Сай шаарчасындагы радиациялык абал. Вестник ОшГУ.-Ош.: 2012.-304- б.

Рецензенты: Матикеев К.М. – доктор географических наук, профессор ОшГУ

Шербаева З.Э. – кандидат географических наук ОшГУ

УДК: 544.726:544.732.2

*Карабаев С.О., Субанкулова Д.А., Гайнуллина И.П., Джунушалиева А.К.**КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек**Karabaev S.O., Subankulova D.A., Gainullina I.P., Djunushalieva A.K.**KNU J. Balasagyn, Bishkek*

Процессы связывания ионов меди, никеля, кадмия на гумине и гуминовой кислоте угля Кара-Кече

Кара-Кече көмүрүндөгү гумин жана гумин кислотасы менен жез, никель, кадмий иондорунун байланышуу процесстери

Binding processes of copper, nickel, cadmium ions on humin and humic acid of Kara-Keche coal

Исследованы процессы связывания ионов тяжелых металлов на гуминовой кислоте, гумине бурого угля Кара-Кече. Показано различие в механизме и типе адсорбции ионов тяжелых металлов на гуминовой кислоте и гумине. Установлено, что наиболее эффективным сорбентом ионов тяжелых металлов является наиболее пористый исходный образец гумина бурого угля Кара-Кече.

Ключевые слова: адсорбция; ионы тяжелых металлов; гуминовая кислота; гумин; бурый уголь.

Оор металл иондорунун Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин бетиндеги байланышуу процесстери изилденди. Оор металл иондорунун гумин кислотасы менен гуминдеги адсорбциясынын механизмдеринин жана типтеринин айырмачылыгы көрсөтүлдү. Оор металл иондору үчүн Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин көзөнөктүү баштапкы үлгүсү эң эле натыйжалуу сорбенти болору аныкталды.

Урунттуу сөздөр: адсорбция; оор металлдардын иондору; гумин кислотасы; гумин; күрөң көмүр

The processes of binding heavy metal ions on humic acid, humin of brown coal Kara-Keche are researched. The difference in the mechanism and type of adsorption of heavy metal ions on humic acid and humin is shown. It has been established that the most effective sorbent of heavy metal ions is the most porous initial sample of humin of Kara-Keche brown coal.

Keywords: adsorption; brown coal; humic acid; humine.

Введение. Проблема нетопливного применения среднекалорийных, высокозольных бурых углей одна из приоритетных задач рационального природопользования. В связи с этим, разработка сорбентов на основе вторичных источников углеродного сырья является одной из важных задач физической химии дисперсных систем, химии твердого топлива.

Объектами настоящего исследования являются гуминовая кислота и гумин, выделенные из бурого угля Кара-Кече. Диспергированные образцы гуминовой кислоты (GKd) и гумина (GUd) получены механохимической обработкой исходных образцов GK и GU в шаровой мельнице. При этом, во избежание загрязнения диспергируемых объектов металлами, использовались размольные шары и стакан из агата. Размол проводился при 300 оборотах в минуту в течение 3 минут. Техническая характеристика бурого угля Кара-Кече, классификационные признаки гуминовой кислоты, гумина бурого угля Кара-Кече даны в статьях [1,2]. Результаты РЭМ, рентгеноспектрального микроанализа, ИК-спектроскопии исследуемых образцов углеродных сорбентов представлены в работах [3,4]. Удельные площади поверхности гуминовой кислоты и гумина, определенные, как по катиону метиленового голубого, так и – феррициния, приведены в работе [5].

Настоящее исследование является продолжением работы [6] и посвящено обоснованию механизмов связывания ионов меди (II), никеля (II), кадмия (II), соответственно, на исходных, механохимически диспергированных образцах

гуминовой кислоты, гумина бурого угля Кара-Кече с учетом их морфологических особенностей.

Эксперимент. Определение составов водных растворов хлоридов двухзарядных металлов, до и после адсорбции осуществлялось комплексонометрическим титрованием [6]. Отбирали по 5 мл аликвоты растворов хлоридов меди (II) и никеля (II), соответственно, добавляли 0,5 мл аммиачного буферного раствора и 0,0025 г индикатора мурексида. Для определения катионов кадмия отбирали по 2,5 мл аликвоты раствора хлорида кадмия (II), добавляли 2 мл аммиачного буферного раствора и 0,0025 г индикатора эриохрома черного. Во всех случаях, в точке эквивалентности, цвет раствора становится сине – фиолетовым. В расчетах концентрации растворов хлоридов металлов (II) применялось соотношение:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad (1),$$

где C_1 – определяемая концентрация растворов хлорида металла (II); C_2 – концентрация трилона Б, 0,1 М; V_1 – объем аликвоты MCl_2 ; V_2 – объем трилона Б, ушедшего на титрование.

Адсорбционное равновесие достигалось следующим образом. К водным растворам хлоридов двухзарядных ионов металлов заданной концентрации объемом 50 мл добавлялось по 0,1 г адсорбента. Гетерогенное равновесие в системе водный раствор электролита - адсорбент устанавливалось в течение 24 часов в сухо - воздушном термостате при $T=298^{\circ}K$. При этом, первые 2 часа фазы перемешивали через каждые 10 минут. После установления гетерогенного равновесия, водный раствор хлоридов металлов (II) отделяли от адсорбента с помощью шприцевого фильтра с размерами пор 5 микрон. Величины адсорбций рассчитывались по уравнению:

$$a = \frac{(c_o - c_p) \cdot V}{m} 1000 \quad (2),$$

где a - величина адсорбции (ммоль/г), c_o и c_p – начальные и конечные (равновесные) концентрации адсорбата (моль/л); V – объем раствора, (л); m – масса адсорбента, (г); 1000 – переходный множитель, применяемый для того, чтобы полученные данные выражались в ммоль/г.

Контроль кислотности водных растворов ионов тяжелых металлов осуществлялся методом ЭДС с использованием стеклянного электрода с водородной функцией марки ЭСЛ - 43 – 07 и насыщенного хлорсеребряного электрода марки ЭВЛ–1М. В качестве измерительной аппаратуры применялся рН-метр «PHS – 2F». Калибровку стеклянного электрода с водородной функцией проводили по стандартным буферным растворам в интервале рН от 1,68 до 6,86. Величины рН исследуемых растворов рассчитывались по уравнению:

$$pH = \frac{390.309 - E}{58.5345} \quad (3),$$

где E - ЭДС гальванического элемента с элиминированным диффузионным потенциалом.

Результаты и обсуждение.

На рис.1 представлены экспериментальные данные изотермической адсорбции ионов меди (II), никеля (II), кадмия (II), соответственно, из водных растворов на исходных, механохимически диспергированных образцах гуминовой кислоты бурого угля Кара-Кече. Здесь же приведены результаты рН- метрических измерений водных растворов адсорбатов.

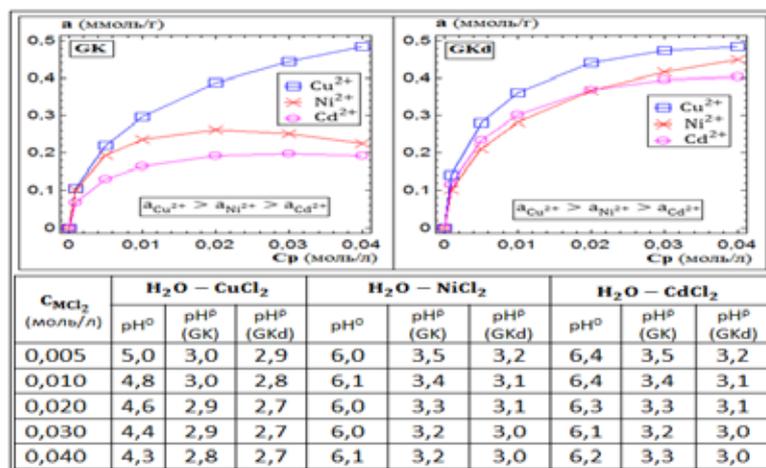


Рисунок 1- Адсорбция ионов тяжелых металлов на гуминовой кислоте

Из рис.1 видно, что величины адсорбции ионов тяжелых из водных растворов на механохимически диспергированных образцах гуминовой кислоты во всех рассматриваемых случаях больше, чем на исходных образцах. При этом, как для исходных, так и механохимически диспергированных образцов гуминовой кислоты, величины адсорбции располагаются в ряд, однотипный ряду для констант устойчивости ацетатных комплексов ионов меди (II), никеля (II), кадмия (II) [7]. Из данных рис.1 также видно, что имеет место значительное уменьшение рН водно-электролитных растворов после адсорбции ионов тяжелых металлов, как на исходных, так и механохимически диспергированных образцах гуминовой кислоты. Наряду с этим, рассмотрены зависимости величин адсорбций от равновесных концентраций адсорбатов в координатах уравнения Ленгмюра, представленные на рис.2. Из рисунка видно, что наблюдаются линейные зависимости с высокими коэффициентами корреляции. В связи с этим, параметры уравнений линейной регрессии использованы для расчета предельных значений адсорбций ионов тяжелых металлов на исследуемых образцах гуминовой кислоты, отвечающих условию мономолекулярной адсорбции из растворов на поверхности твердых адсорбентов.

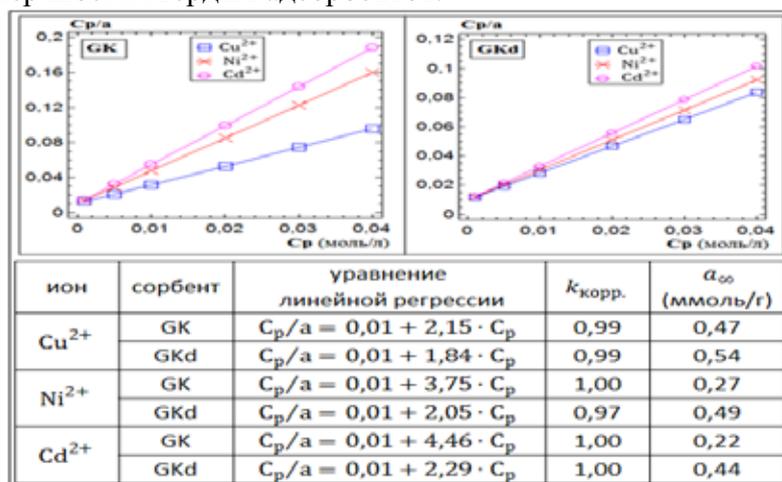


Рисунок 2 - Адсорбция ионов тяжелых металлов на гуминовой кислоте в координатах уравнения Ленгмюра

Совокупность полученных результатов дает основание считать, что адсорбция ионов тяжелых металлов из водных растворов, как на исходных, так и механохимически диспергированных образцах гуминовой кислоты бурого угля Кара - Кече протекает по ионно-обменному механизму Ленгмюровского типа, с участием, в основном, поверхностных центров адсорбции углеродной матрицы сорбентов. Очевидно, что речь

идет об ионно-обменных процессах с участием, прежде всего, карбоксильных групп, присутствующих на поверхности гуминовой кислоты, что подтверждается результатами анализа морфологии поверхности, ИК - спектров исследуемых образцов углеродных сорбентов [3,4]. Предпочтительность адсорбции ионов тяжелых металлов на более однородном по размеру частиц и содержанию основных элементов механохимически диспергированном образце GKd обусловлено большей доступностью к ионному обмену его поверхностных карбоксильных групп по сравнению с исходной GK.

На рис. 3 приведены экспериментальные данные по адсорбции ионов меди (II), никеля (II), кадмия (II) из водных растворов на исходных, механохимически диспергированных образцах гумина бурого угля Кара-Кече, включая соответствующие значения pH исследуемых растворов адсорбатов. Из рисунка видно, что pH водно-электролитных растворов после адсорбции на образцах гумина меняется незначительно, а адсорбция ионов тяжелых металлов на исходном гумине выше, чем на его механохимически диспергированном образце. При этом величины адсорбции, как для исходного, так и механохимически диспергированного образцов гумина располагаются в лиотропный ряд, характерный для случая избирательной адсорбции заряженных частиц на твердых адсорбентах [8].

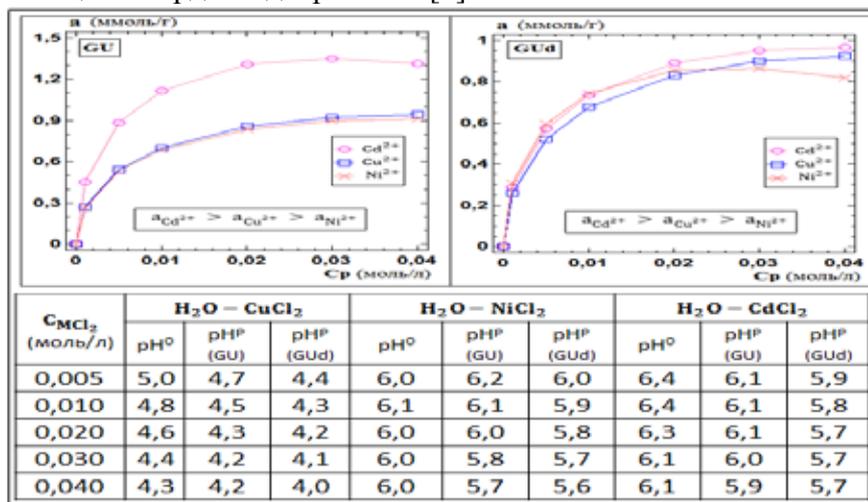


Рисунок 3- Адсорбции ионов тяжелых металлов на гумине

Обращает на себя внимание, что линеаризация зависимости адсорбции от равновесной концентрации адсорбата, необходимая для определения предельных значений адсорбций ионов тяжелых металлов на гумине, оказалась возможной в координатах уравнения Дубинина – Радужкевича [9], что видно из рис.4.

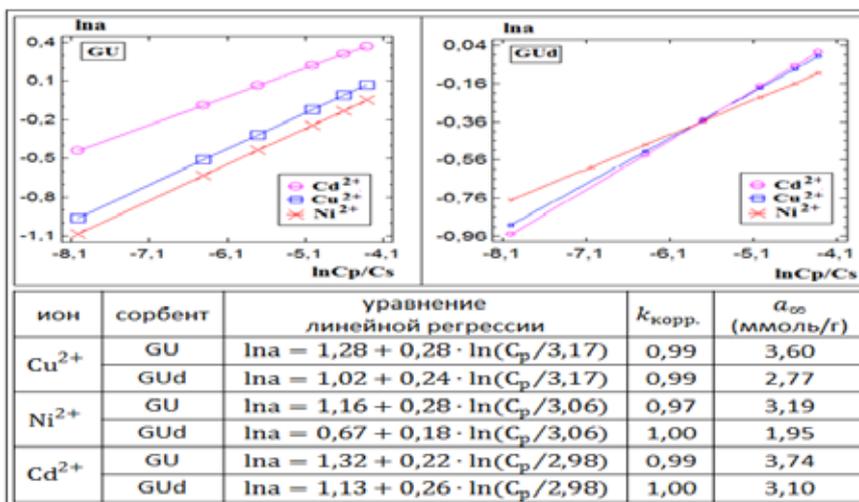


Рисунок 4 - Адсорбция ионов тяжелых металлов на гумине в координатах уравнения Дубинина – Радушкевича

Таким образом, в отличие от гуминовой кислоты, на активных центрах исходных, механохимически диспергированных образцов гумина, расположенных в основном, как в неровностях, так и в порах углеродной матрицы сорбентов, реализуется избирательная адсорбция ионов тяжелых металлов из водных растворов. Следует отметить, что анализ экспериментальных данных в координатах уравнения Дубинина – Радушкевича оправдан в случае объемного заполнения микропор углеродной матрицы сорбентов. Очевидно, что роль поровой структуры гумина в процессе адсорбции из растворов ионов тяжелых металлов, нуждается в дополнительном обосновании. В связи с этим, встала задача модификации исходного образца гумина таким образом, чтобы пористость нового образца была существенно меньше, чем у механохимически диспергированного гумина бурого угля Кара-Кече. Для решения этой задачи была использована технология термовакуумного напыления гумина бурого угля Кара-Кече в тонкий слой на нейтральную подложку [10]. Заметим, что напыление исходного образца гумина на стеклянную подложку осуществлялось при помощи вакуумного универсального поста ВУП-4М при температуре 403-413°K. Время напыления составляло 8-10 сек. При помощи просвечивающего электронного микроскопа TESLA BS-500 были получены снимки дифракционных картин исходного и напыленного в тонкий слой образцов гумина бурого угля Кара-Кече, представленные на рис. 5.

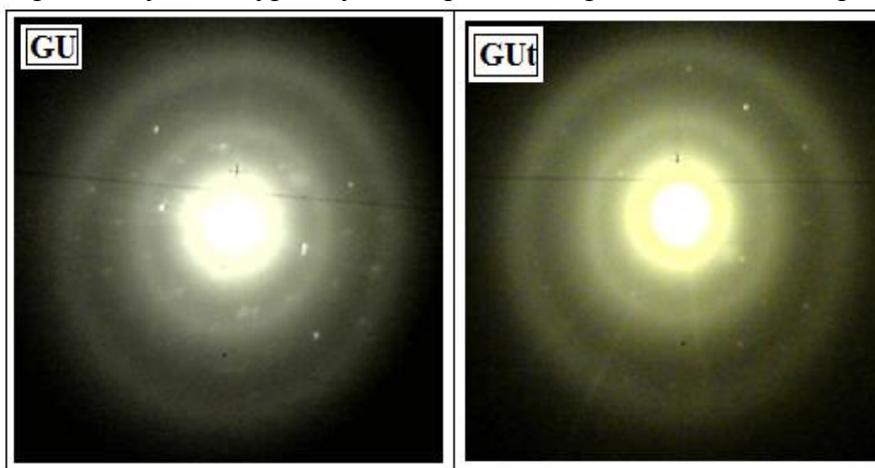


Рисунок 5- Дифракционные картины исходного (GU) и тонкослойного(GUt) образцов гумина бурого угля Кара-Кече

Анализ снимков, показывает, что минеральные компоненты присутствуют как в тонкослойном, так и исходном образцах углеродной матрицы сорбента. При проведении адсорбции ионов в тонком слое гумина в раствор опускалась стеклянная подложка площадью 4 см² с напыленным углеродным сорбентом. Масса гумина в тонком слое устанавливалась по разнице весов стеклянной подложки до и после напыления образцов. Далее, согласно вышеописанной методике, проводилось исследование адсорбционных равновесий. Результаты проведенных экспериментов показали, что концентрации ионов тяжелых металлов в водных растворах до и после адсорбции на тонкослойном гумине практически не изменились. Следовательно, можно заключить, что потеря пористости в тонкослойном гумине приводит к потере его способности адсорбировать ионы тяжелых металлов из водных растворов. Очевидно, что полученный результат свидетельствует о существенной роли поровой структуры гумина бурого угля Кара-Кече в адсорбции ионов тяжелых металлов из водных растворов.

Предельные значения адсорбций ионов тяжелых металлов из водных растворов на гуминовой кислоте и гумине, представленные на рис. 2 и 4, соответственно, характеризуют адсорбционные емкости исследуемых углеродных матриц, которые располагаются в ряду:

$$GK < GKd < GUd < GU. \quad (I)$$

Согласно ряду (I) можно заключить, что наиболее пористый исходный образец гумина бурого угля Кара-Кече, из числа исследованных углеродных матриц, является наиболее эффективным сорбентом ионов тяжелых металлов из водных растворов.

Список цитируемых источников

1. Техническая характеристика угля Кара-Кече / С.О. Карабаев, И.М. Локшина, И.П. Гайнуллина // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. - 2010. - Т.10. - №10. - с.158-160.
2. Выделение и анализ гуминовой кислоты из угля Кара-Кече / С.О. Карабаев, И.М. Локшина, И.П. Гайнуллина // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. - 2010. - Т.10. - №10. - с.161-164.
3. Гуминовая кислота, гумин из угля Кара-Кече: морфология поверхности, физико-химическая характеристика / А.В. Харченко, С.О. Карабаев, И.М. Локшина, И.П. Гайнуллина и др. // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. - 2012. - Т.12. - №5. - с.174-176.
4. Physical and chemical characterization of raw and mechanochemically treated Humine and Humic acid from brown coals / S. Karabaev, A. Kharchenko, I. Lokshina, I. Gainullina, A. Dzhunushaliev, S. Lugovskoy, A. Pendin // Defect and Diffusion Forum. - 2015. - Vol. 364. - P.18-26.
5. Сопоставительная характеристика удельной площади поверхности гуминовой кислоты, гумина бурого угля Кара-Кече / С.О. Карабаев, И.П. Гайнуллина, И.М. Локшина, А.К. Джунушалиева // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. - 2017. - Т.17. - №8. - с.154-159.
6. Сопоставительная характеристика адсорбции ионов тяжелых металлов из водных растворов на исходных и механохимически диспергированных природных углеродных матрицах / С.О. Карабаев, И.П. Гайнуллина, А.К. Джунушалиева и др. // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. - 2014. - Т.14. - №7. - с.54-59.
7. Кнунянц И.Л. Химическая энциклопедия. – М.: Советская Энциклопедия, 1990. – Т.2. – с.673
8. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. - М.: Химия, 1989. – с. 454
9. Дубинин М.М. Адсорбция и пористость. – М.: Химия, 1976. – с. 185
10. Никитин М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления. - М.: Metallurgia, 1992. - с. 112

Рецензенты: Макаров В.П. – доктор физико-математических наук, профессор КРСУ им. Б.Н.Ельцина

Мусабекова З.Р. – кандидат химических наук, доцент КРСУ им. Б.Н. Ельцина

УДК: 502, 543(04)

*Темиров Б.К., Жусупкелдиев Ш., Тоялиев С., Ниязов Т., Итибаев З.С.**КНУ им. Ж. Баласагына, Бишкек**Асанходжаев Р.Г.**Агентство по гидрометеорологии при МЧС КР, Бишкек**Temirov B.K., Zhusupkeldiev Sh., Toyaliyev S., Niyazov T., Itibaev Z.S.**J. Balasagyna KNU, Bishkek**Asanhodzhaev R.G.**Agency for Hydrometeorology under the Ministry of Emergency Situations of the KR, Bishkek*

Жерге жакын аба катмарындагы дисперсиялык бөлүкчөлөрдүн жаз мезгилиндеги өзгөрүшү

Изменения дисперсных частиц в воздухе вблизи земли в весеннее время

The change in air during the spring dispersed particles near the ground

Илимий иште, өлчөмү 10 микрометрден (10мкм) кичине болгон аба катмарындагы микробөлүкчөлөрдүн жаз мезгилиндеги өзгөрүшү каралган. Тандалып алынган аймак: Балыкчы – Чолпон - Ата шаарларын бириктирип турган жол жана жолго жанаша жаткан Ысык-Көлдүн жээктери.

Урунттуу сөздөр: микробөлүкчө, концентрация, аэрозоль, абанын булганышы, эки өлчөмдүү программа, Ысык-Көл.

В работе представлены результаты измерений в атмосферном воздухе микрочастиц размером меньше 10 мкм, в марте месяце 2018 года. Экспериментальные точки: города Балыкчы – Чолпон- Ата, селы между двумя городами, основная трасса и побережье озера Иссык-Куль.

Ключевые слова: микрочастица, концентрация, аэрозоль, загрязнения воздуха, двумерная программа, Иссык-Куль.

In this work presented the results of measurements in the atmospheric air of microparticles with a size of less than 10 microns, in March 2018. Experimental points: Balykchy city - Cholpon – Ata city, villages between two cities, the main road and the coast of the Issyk-Kul lake.

Keywords: microparticle, concentration, aerosol, air pollution, two-dimensional program, Issyk-Kul.

Киришүү. Март айынын ортосунда Балыкчы шаарынан баштап Чолпон – Ата шаарына чейинки жолдун жээгин бойлото абанын катмарындагы микро бөлүкчөлөрдүн (илимий тилде бул бөлүкчөлөр кыскача РМ тамгасы менен белгиленет) жалпы суммасы жана толук концентрациясы көп каналдуу AEROSOL MASS MONITOR – 831 куралын пайдалануу менен өлчөөлөр жүргүзүлдү. Аталган багытты тандап алуунун себеби, бул багыт боюнча негизги автожол өтөт жана инфраструктурасы жакшы өнүккөн, бул аралыктагы Ысык-Көлдүн жээгинде эс алууга шарттары бар көптөгөн пансионаттар жайгашкан. Ошондуктан, жаз жана жай айларындагы абанын тутумундагы микробөлүкчөлөрдүн сандык катыштарын өлчөө менен бул мезгилдеги абанын булгануу абалын баалоого мүмкүнчүлүк алабыз.

Март айындагы өлчөөлөр. Бул учурда күндүн узактыгы 12-14 сааттын тегерегинде болгону менен эртен менен кечинде жана түнкүсүн абанын температурасы 0°C төмөн, ошондуктан, Балыкчы, Чолпон – Ата шаарларынын жана ал шаарлардын ортосунда жайгашкан айылдардын тургундары жашаган үйлөрүн жылытуу үчүн катуу жана суюк түрүндөгү отундарды колдонушуп, күйүүдөн пайда болгон газдар түтүн менен аралашып абага тарайт. Ал эми, ушул эле учурда эки багытта каттаган унаалардын жолдогу кыймылы абанын тутумун зыяндуу микробөлүкчөлөр менен «байытат».

Мындан тышкары, жаз айынын бул учурунда жеке турактын тургундары кыш мезгилинде топтолгон органикалык жана органикалык эмес таштандыларды чогултуп туруп өрттөгөндүгү байкалат жана нымдуу, топурак аралашкан таштанды, тополгон өлчөмүнө жараша 5-6 саат түтөп турат.

Бул заттар атмосферага жана бизди курчап турган биосферага күн сайын шамалдын багытына жана ылдамдыгына жараша тарап ар түрдүү формадагы «аэрозолго»

айланышат жана адамдын дем алуу органы аркылуу ички организмге кирүү менен алардын эн майда бөлүкчөлөрү кандын тутумуна кошулулат.

Демек, ушул аралыкта жашаган элдин сапаттуу жашоосу экономикалык, социалдык жана өзгөчө экологиялык факторлордон көз каранды, башкача айтканда экологиялык фактор жашаган элдердин ден-соолугунун денгээлин баалоодо өтө чон мааниге ээ болу менен актуалдуу маселени чечүүгө жардам берет. Ошондуктан, аталган чөйрөдөгү абанын катмарындагы майда дисперсиялык эн майда бөлүкчөлөрдү изилдөө, республикабыздын окумуштуулары үчүн жаны багыт деп эсептесек болот.

Ден-соолукту сактоонун бүткүл дүйнөлүк уюмунун (ДБУ) 2016 жылдын 15 мартындагы билдирүүсүндөгү маалыматты карай турган болсок, абадагы зыяндуу заттардын жана майда бөлүкчөлөрдүн таасири астында 2012 жылы 12,6 миллион адам көз жумган, булл дүйнө калкынын көз жумган адамдарынын $\frac{1}{4}$ бөлүгүн түзөт. Миллиондогон адамдардын өлүмүнүн себепкери болуп, экологиясы бузулган чөйрө жана экологияны сактабаган шарттарды түзүп берген жумушчу орундарында иштеген жумушчулар эсептелет [1]. Демек, дүйнөдөгү оорулардын 100дөн ашыгы экологиялык факторлордон көз каранды, башкача айтканда, абанын булгануусу, суулар менен жер кыртышынын тутумунун алгачкы табигый абалын сактабай калышы, химиялык заттардын таасири, аба-ырайынын кескин түрдө өзгөрүшү, ультракызгылткөк нурлардын жердин бетине чейин өтүп кетишинин негиздеринде жатат.

Ошондуктан жогоруда айтылгандардын бири болгон жер кыртышына жакын жайгашкан абанын катмарындагыөлчөмү 10 микрометрден (10мкм) кичине болгон дисперсиялык бөлүкчөлөрдү каттоо бирден–бир актуалдуу маселе, себеби: 1999 жылы Готенбургда кабыл алынган протоколдун негизинде диаметри 2,5 мкм (PM_{2,5}) майда дисперсиялык бөлүкчөлөрдүн абага “ыргытылышын” азайтуу боюнча биринчи жолу бардык мамлекеттерге милдеттеме берилген. Илимий маалыматтарда PM_{2,5} аталышындагы бөлүкчөлөрдүн негизги тутумун кара көмүртек, мындайча айтканда органикалык жана органикалык эмес заттар күйгөн учурда пайда болгон ыш түзө тургандыгы далилденген, ал эми кара көмүртек адамдардын ден-соолугуна терс таасир берүүчү зат жана бул бөлүкчөлөрдүн зыяндуулугунун мүнөздөмөсү алардын массалык концентрациясынын өзгөрүшүнө жарараша болот [2].

Мындан башка атмосфералык абада 0,1 мкмдан 1мкм чейинки ультрамайда дисперсиялык бөлүкчөлөр бар, бул бөлүкчөлөрдүн негизги химиялык компоненттерине: сульфаттар, нитраттар, аммиак, органикалык эмес иондор, органикалык жана элементардык суутек, жер кыртышынын минералдары, ар түрдүү металдар ж.б. ал эми биологиялык компоненттерине: аллергендер жана микроорганизмдер кирет [1-3]. Көрсөтүлгөн ультрамайда диаметрдеги бөлүкчөлөр атмосфералык абада бир нече күнгө чейин кармалып, алардын физикалык жана химиялык мүнөздөмөлөрү аба-ырайына, шамалдын ылдамдыгына жана жер шартына жараша өзгөрүп турат [1,3], мындан тышкары, эл жашаган айылдарды жана шаарларды аралап кеткенавтожолдор жана ал боюнча каттаган ар түрдүү автоунаалар эн негизги ролду ойнойт.Атмосфералык абанын бул түрдөгү булгануусун, антропогендик таасирдин негизинде келип чыгуусу деп айтабыз жана азыркы учурдагы мамлекеттик денгээлде чечилбеген көп кырдуу же глобалдуу маселе болууда.

Демек, PM₁₀, PM₄,PM_{2,5} жана PM₁ бөлүкчөлөрү атмосфералык абадагы концентрациясына жана адамдардын ал чөйрөдө жашоо ж.б. убактысына жараша, дем-алуу органы аркылуу кан-айлануу системасына чейин кирип, көптөгөн ооруларды пайда кылат, мисалы: астма, жүрөк, рак ж.б.[2].

2018 жылдын март айындагы Балыкчы – Чолпон-Ата шаарларынын ортосундагы жолду бойлото PM бөлчөлөрүн изилдөөнүн жыйынтыктары төмөнкүдөй болду(табл.1-3 жана 1 - 3сүрөттөр):

1. Балыкчы шаары

Табл.1.

№	Өлчөө убактысы	PM10	PM4.0	PM2,5	PM1.0	TSP
1	9.30 – 10.00	98	46	14	13	203
2	12.30 – 13.00	109	53	26	17	208
3	16.30 – 17.00	603	71	58	21	1250

2. Кош – Көл айылы

Табл.2.

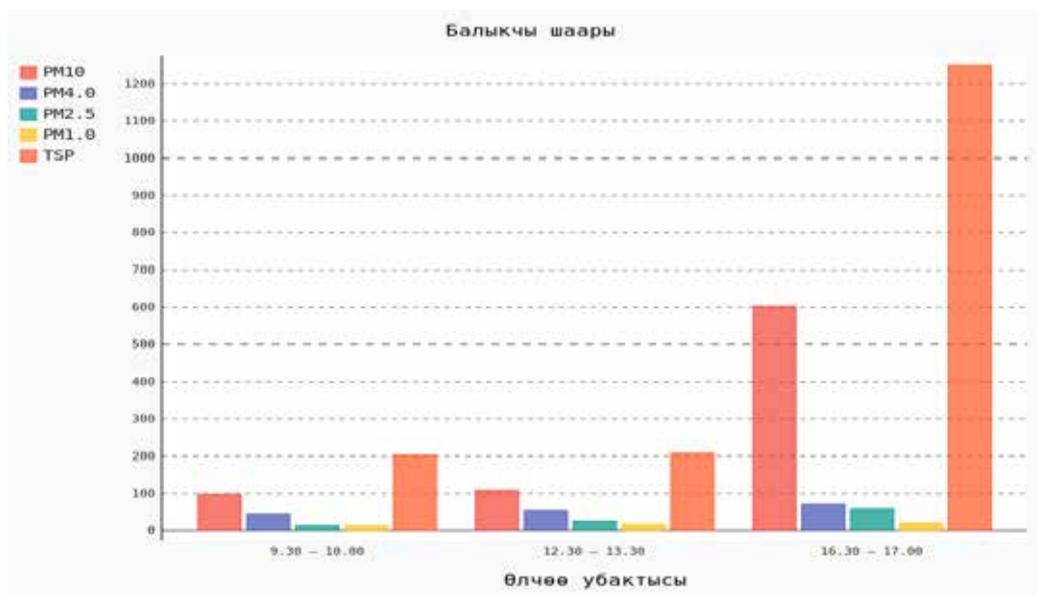
№	Өлчөө убактысы	PM10	PM4.0	PM2,5	PM1.0	TSP
1	9.30 – 10.00	17	21	15	11	35
2	12.30 – 13.00	26	28	32	14	53
3	16.30 – 17.00	18	21	14	12	61

3. Чолпон – Ата шаары

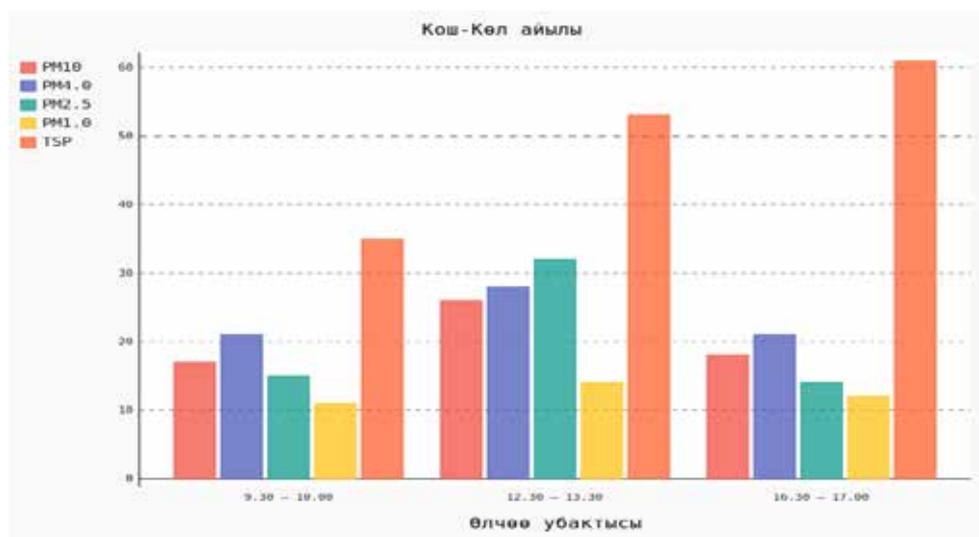
Табл.3.

№	Өлчөө убактысы	PM10	PM4.0	PM2,5	PM1.0	TSP
1	9.30 – 10.00	23	25	22	14	41
2	12.30 – 13.00	100	36	27	18	63
3	16.30 – 17.00	46	36.6	28	17	72

Алынган жыйынтыктардын графиктери “Питон” программасында иштетилип алынды, графиктерден көрүнүп тургандай Балыкчы шаарындагы кечки убакыттарда атмосфера абасында PM2,5 бөлүкчөлөрүнүн жалпы саны Чолпон – Ата шаарына салыштырмалуу 2 эсеге көп, себеби Балыкчы шаарында Чолпон – Ата шаарына салыштырмалуу негизги жол аркылуу ары-бери жүргөн автоунаалардын саны көп болгону байкалган.

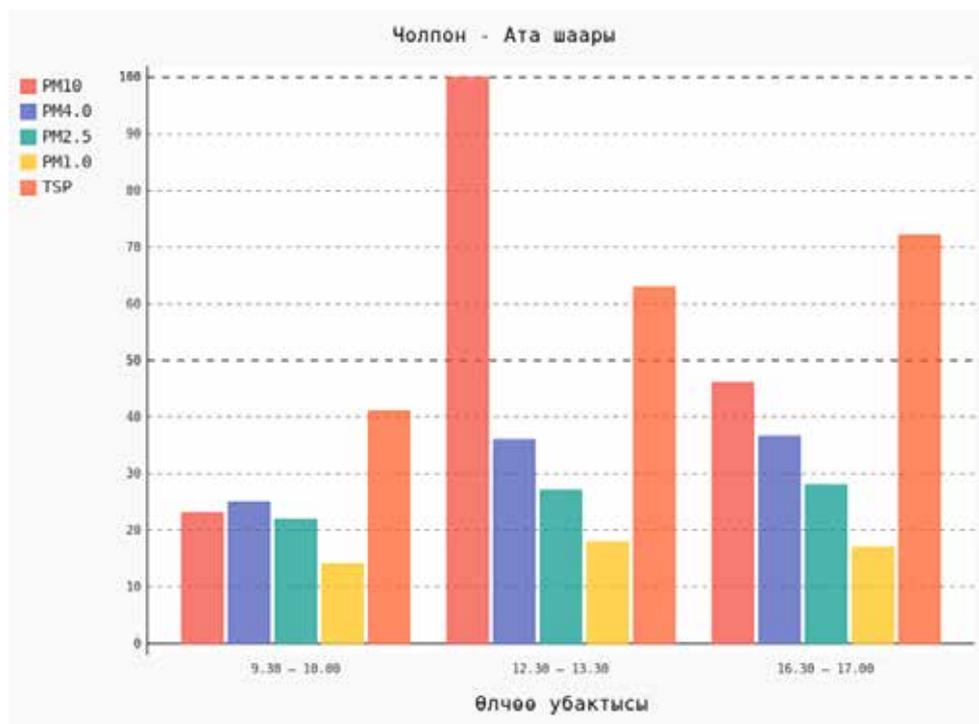


1-сүрөт.



2- сүрөт.

Анткени, Балыкчы шаарына кире берген эле жолдун боюнда автоунааларга май куючу 2 – 3 станция жайгашкан жана шамалдын ылдамдыгы бул шаарда жогору ж.б. Мындан тышкары PM10, PM4.0 жана бөлүкчөлөрдүн жалпы концентрациясы TSP дагы ар-түрдүү, ал эми PM1.0 бөлүкчөлөрү эки шаарда тен сан маанилери боюнча бири-бирине жакын. Эки шаардын ортосундагы айылдарда: Сары-Камыш, Чырпыкты, Кош-Кол, Бает айылдарында абанын тутуму таза, бул аралыктарда жолду ондоо иштери жүрүп жаткандыгына байланыштуу чаң каптаган айылдардан өлчөөлөрдү шамалдын багытынан алыс жерлерден алганга аракеттер болду.



3- сүрөт.

Жыйынтык

Жаз мезгилиндеги өлчөөлөрдүн жыйынтыктары көрсөтүп тургандай март айында Балыкчы шаарындагы атмосфера абасында PM10 жана TSP концентрациясы жогору, автотрассада унаа кыймылы токтобойт ж.б.

Көрсөтүлгөн бөлүкчөлөрдү өлчөөнү жай мезгилинде кайталоо керек, себеби бул мезгилде катуу отунду колдонуу толук токтойт, курорт мезгили толук кандуу башталат жана автоунаалардын саны кескин түрдө күчөп, бир жактуу жыйынтык чыгарууга шарт түзүлөт.

Пайдаланылган булактардын тизмеси

1. Ш. Жусупкелдиев, Б.К.Темиров, Т.А.Чубаков, Э.Куленбеков. Измерения концентрации взвешенных частиц Иссык-Кульской котловины //Известия Ошского технологического университета, 2018 №1, Часть 1, с.152-160.
2. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значение для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Всемирная организация здравоохранения, 2013г. ISBN: 978 92 890 0006 2.(http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus/pdf).
3. Ж.Э.Куленбеков, Б.Д.Асанов, К.Султаналиев. Оценка качества атмосферного воздуха в г.Бишкек, как индикатор устойчивого развития. Вестник Института сейсмологии НАН КР, №2(8), 2016г., с.36-44.

Рецензенты: Куленбеков Ж. – PhD, доцент АУЦА

Джоржуева Г. – кандидат физико-математических наук НАН КР

УДК: 551.521.3(235.216.2-17)

Жусупкелдиев Ш., Жумабеков А., Дардиев С.М., Чубаков Т.А.

Ж. Баласагын атындагы КГУУ, Бишкек

Zhusupkeldiev Sh., Zhumabekov A., Dardiev S.M., Chubakov T.A.

J. Balasagyn KNU, Bishkek

Түндүк Тянь-Шандын атмосферасындагы өзгөрүүлөр

Изменение атмосферы северного Тянь-Шаня

Changing the atmosphere of northern Tien - Shan

Жумушта, Ж.Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университетине караштуу Ысык-Көл районунун Баат айылында жайгашкан “Иссык-Куль” илимий станциясындагы оптикалык куралдардын жана түзүлүштөрдүн жардамы менен 01.01.2018жылдан 01.12.2018жылга чейинки мезгил аралыгында алынган атмосферанын аба катмарындагы аэрозолдорго жана озонго тиешелүү өлчөө сандарынын негизинде жазылган илимий салыштыруулар көрсөтүлдү.

Урунтту сөздөр: аэрозоль, атмосфера, аэрозолдун оптикалык калыңдыгы, озон, Ысык-Көл.

В работе представлены результаты измерений атмосферного воздуха аэрозоля и озона с помощью оптических приборов на станции “Иссык-Куль”. в период с 01.01.2018 до 01.02.2018 года

Ключевые слова: аэрозоль, атмосфера, оптическая толщина аэрозоля, озон, Иссык-Куль.

In this work presented results of measurements of atmospheric air of aerosol and ozone using optical instruments at the Issik-Kul station. In the period from 01/01/2018 to 01.02.2018

Keywords: aerosol, atmosphere, optical thickness of the aerosol, ozone, Issyk-Kul.

Киришүү

Жердин атмосферасы газдардын аралашмасынан жана анын тутумуна «илинген» абалда кармалып турган катуу жана суюк түрүндөгү аэрозолдон турат. Мындай бөлүкчөлөрдүн жыйындысын дисперстүү (майдаланган) системалар (ДС) деп атоо менен алардын мүнөздүү касиеттерин кароодо ар бир беттеги өтүүчү физика-химиялык процесстерди эске алуу талап кылынат. Дисперстүү системалардын классификациясын кароо менен алардын сандык өлчөмүнө жараша кандайча атала тургандыгын биле алабыз (1-сүрөт) [1].



1-сүрөт. Дисперстүү системалардын аталыштары [1].

Абадагы аэрозоль түрүндөгү ДСга кирген бөлүкчөлөрдүн дисперстүү фазасы жана анын ал чөйрөдөгү агрегаттык абалын мындайча көрсөтсөк болот, 1-таблица:

Табл. 1.

Дисперстүү фазадагы агрегаттык абалы	Дисперстүү чөйрөдөгү агрегаттык абалы	Системанын аталышы	Мисалдар

газ	газ	Аэрозолдор	Жердин атмосферасы
суюк	газ		Туман, катмардуу булуттар
катуу	газ		Түтүн, чаңдар, канат сымал булуттар

Демек, 1-сүрөттөн жана 1-таблицадан көрүнүп тургандай атмосферадагы абанын тутумунда бир нече мин тонналаган майда бөлүкчөлөр жана газдар бар, мындан тышкары бул газдарга жана бөлүкчөлөргө антропогендик таасирдин негизинде пайда болгон керексиз заттар, химиялык кошулмалар, машиналардын кыймылдаткычтарынан чыккан газ же түтүн, суюк жана катуу түрдөгү отундарды колдонуудан пайда болгон түтүн ж.б. катуу түрдөгү металлдардын эң майда бөлүкчөлөрү, биз дем алып жаткан абаны “байытуу” менен биосферага глобалдуу зыян келтирүүдө.

Ошондуктан, КУУнун илимий станциясындагы 40 жылга жакын аралыктагы жүргүзүлүп жаткан илимий иштер, азыркы мезгилде актуалдуулугун жоготмок турсун, учурдун эң актуалдуу маселеси болууда.

Алынган өлчөөлөр

1. Атмосферадагы аэрозолдордун оптикалык калыңдыгы

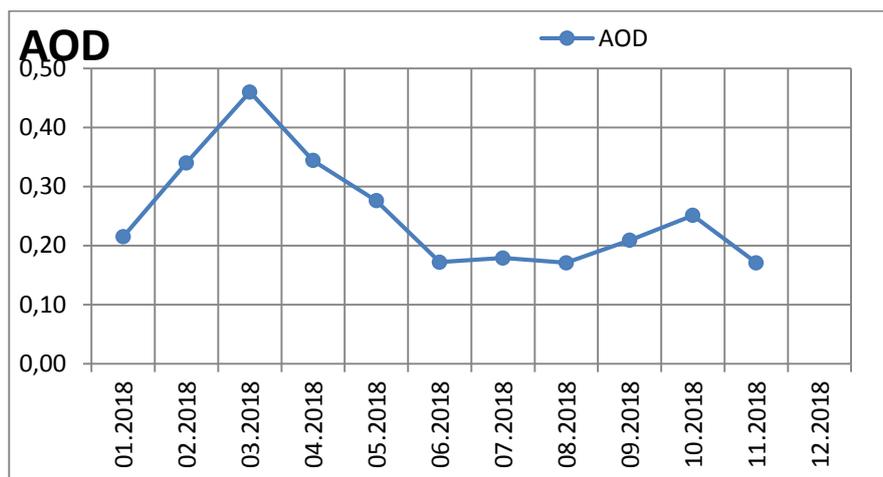
Атмосферадагы аэрозолдордун оптикалык калыңдыгын өлчөө автоматташтырылган “СІМЕЛ” радиометри менен 2007 жылдан бери үзгүлтүксүз жүргүзүлөт жана каттоо учурундагы керектүү толкун узундуктардын оптикалык параметрлери мындай: 340, 380, 440, 500, 675, 870 и 1020 нм. “СІМЕЛ” радиометрин жалпы көрүнүшү 2-сүрөттө көрсөтүлгөн.



2-сүрөт. “СІМЕЛ” радиометри.

Атмосфералык аэрозолдун жерден чыккан жылуулук нуру жана күндөн келген нурлар менен аракеттенүүнүн негизинде климаттын өзгөрүшүн жана планетабыздын энергетикалык тең салмактуулугунун сакталышын түздөн - түз аныктай алабыз. Ошондуктан, атмосферадагы аэрозолдун физикалык жана химиялык касиеттеринин мейкиндиктеги убакыт боюнча өзгөрүшү планетабыздын көптөгөн илимий чекиттеринде, ар түрдүү ыкмалар менен өлчөнүп, бирдиктүү бир түйүнгө топтолот, ал түйүн Greenbelt, USA NASA Aeronet [2].

Атмосферадагы аэрозолдун оптикалык калыңдыгынын 01.01.2019 жылдан 01.12.2018жылга чейинки өзгөрүшү 3-сүрөттө көрсөтүлдү, бул учурда радиометрдин толкун узундугу 500 нм, мезгили 1секунда (Ысык-Көлдүн түндүк жээги, 42037' түндүккөндик, 76°59' чыгыш узундук, 1650 м деңиз деңгээлинен жогору).



3-сүрөт. Атмосферадагы аэрозолдун оптикалык калыңдыгынын жыл мезгилиндеги өзгөрүшү.

3-сүрөттөн көрүнүп тургандай, Ысык-Көл ойдуңундагы көлдүн үстүндөгү атмосферадагы аэрозолдун оптикалык калыңдыгынын жыл мезгилиндеги өзгөрүшү жылдын жаз мезгилинде максималдуу мааниге ээ, себеби жаз мезгилинде аба массасында күз жана кыш айларында топтолгон чандар, газдар, түтүн ж.б. саны көп, жер бетинде ал массаны кармап калуучу жашыл өсүмдүктөр, бак-дарактар жок жана абанын температурасы түнкүсүн 0°C төмөн. Октябрь айындагы экинчи максимум чекити айыл-чарба жумуштарына жана антропогендик мүнөзгө ээ.

2. Атмосферадагы озондун жалпы курамы жана жерге жакын озондун концентрациясы

Озон - кислороддун үч атомунан кошулуп пайда болгон газ, озон катмары — күндөн келген ультракызыл түстөгү нурланууларды жер бетине жеткирбей сиңирип алуучу, уюлдардагы жер үстүнөн 7–8 км, экватордогу жер үстүнөн 17–18 км бийиктигиндеги аба чөйрөсүнүн катмары, калыңдыгы 4мм жакын. Стратосферадагы озон катмарынын концентрациясынын төмөндөшү жана ал катмардын жукарып “жыртылышы” боюнча дүйнөлүк деңгээлдеги маселе 1980-жылга чейин эле көтөрүлүп баштаган. Бул маселени чечүүнү Кыргызстанда биринчилерден болуп университетибиздин профессору Л.А.Спекторов колго алып, 1978 жылы “Иссык-Куль” илимий станциясы уюшулган (илимий станциянын башталуу тарыхы).

Озон катмарынын айлана-чөйрөгө, адам ден соолугуна терс таасир тийгизери маалым болгондон кийин эл аралык келишимдер түзүлүп (Вена конвенциясы жана Монреаль протоколу), дүйнө жүзүндөгү өлкөлөр келишимди биринин артынан бирин кабыл алып, Кыргызстан Монреаль протоколун 2000-жылы ратификациялаган.

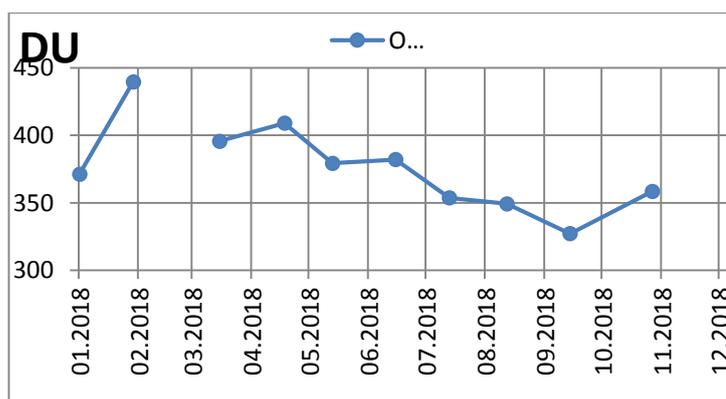
Атмосферадагы озондун жалпы курамы илимий станцияда 1979 жылдан бери үзгүлтүксүз катталууда, жана каттоочу спектралдык СФСУ (290-340) нм аралыгында иштөөчү тузулуштун жалпы көрүнүшү 4-сүрөттө көрсөтүлгөн [3].



4-сүрот. Озонду каттоочу СФСУ илимий куралдары.

2018 жылдын башынан жылдын аягына чейинки өлчөөлөрдүн негизинде алынган графиктен көрүнүп тургандай (5-сүрот) атмосферадагы озондун жалпы калыңдыгы(3,3 - 4,4)мм аралыгында жаткандыгы көрүнүп турат (DU – Добсон бирдиги же $DU \cdot 2,69 \cdot 10^{16}$ озон молекуласы 1см^2 Жердин бетине туура келет).

Жерге жакын озондун концентрациясынын 2018 жылдагы өзгөрүшү ТЕІ 49С түзүлүшү менен изилденди (6-сүрот). Негизинен эле стратосфералык озондун адамдардын ден-соолугуна тийгизген таасири жакшы болсо, ал эми жерге жакын озондун ден-соолукка таасири өтө эле жаман.

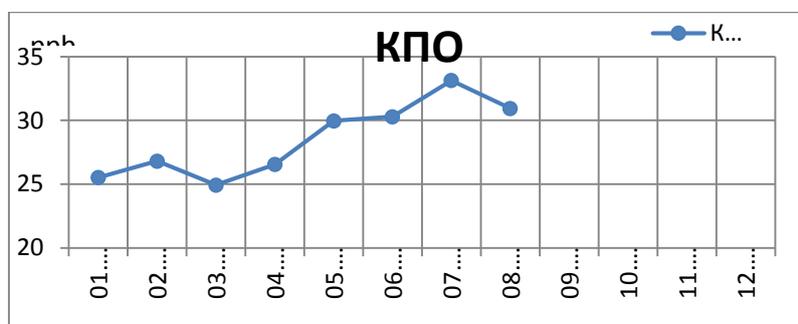


5-сүрөт. Атмосферадагы озондун жалпы курамынын жыл мезгилиндеги өзгөрүшү.



Рис.6. Измеритель приземного озона ТЕІ 49С.

Жерге жакын озон азот кычкылы менен жеңил органикалык кошулмалардын химиялык реакцияга киришинен пайда болот, мындай реакция күн “ачуу” тийген жай мезгилинде жакшы жүрүү менен озондун концентрациясы өтө тез көтөрүлөт. 2018 жыл мезгилиндеги алынган өлчөөлөр жогорудагы айтылгандардын далили боло алды (7-сүрөт).



7- сүрөт. Жерге жакан озондун 2018 - жыл ичиндеги өзгөрүшү.

Пайдаланылган булактардын тизмеси

1. Т. А. Савицкая, М. П. Шиманович Практикум по коллоидной химии. Часть 1. «Поверхностные явления» – Мн.: БГУ, 2003, с. 100
2. Greenbelt, USANASA (Aeronet – Issyk-Kul, www.aeronet.gsfc.nasa.gov).
3. Ишов А.Г., Перов С.П., Семенов В.К. Синхронные измерения общего содержания озона в тропической и среднеширотной зонах в марте—мае 1990 г.. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. № 07. с. 739-743.

Рецензенты: Куленбеков Ж. – PhD, доцент АУЦА

Джоржуева Г. – кандидат физико-математических наук НАН КР

Сведения об авторах

Авторлор жөнүндө маалымат

Information about authors

Абдыбек кызы Алтын – преподаватель кафедры Информационной и вычислительной техники КНУ им. Ж. Баласагына

Алмазбек уулу Тилек – Ж. Баласагын атындагы КУУнун Органикалык эмес химия жана химиялык технология кафедрасынын 2-курсунун магистранты

Алтыбаева Дильбара Тойчүевна - доктор химических наук, профессор кафедры Физколлоидной, аналитической, органической химии и химической технологии Ошского государственного университета

Алтыбаев Нургазы - преподаватель кафедры Прикладная математика, информатика и компьютерных технологий КНУ им. Ж. Баласагына

Арзиев Жоромамат – доктор технических наук ИПР ЮО НАН КР

Асанходжаев Рыскелди Галиевич – зам. директора АГ при МЧС КР

Атабаева Эмилия – магистрант факультета Географии, экологии и туризма КНУ им. Ж.Баласагына

Бакирова Нурзат Медеткановна - преподаватель кафедры Электроники и теоретической физики КНУ им. Ж. Баласагына

Бакирова Элизат Медеткановна – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры Электроники и теоретической физики КНУ им. Ж. Баласагына

Бейшебаева Жыпар Качкыновна – старший преподаватель кафедры Прикладная математика, информатика и компьютерных технологий КНУ им. Ж. Баласагына

Бейшекеев Жекшен Жумалиевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Прикладная математика, информатика и компьютерных технологий КНУ им. Ж. Баласагына

Бешимов Рузиназар Бебутович - доктор физико-математических наук, профессор кафедры Геометрии и топологии Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Бообекова Сайнаке Бообековна - химия илимдеринин кандидаты, Ж. Баласагын атындагы КУУнун Органикалык эмес химия жана химиялык технология кафедрасынын профессору

Буржуева Айсана Кубанычбековна – старший преподаватель кафедры Информационной и вычислительной техники КНУ им. Ж. Баласагына

Гайнуллина Ирина Павловна – кандидат химических наук, доцент кафедры Юнеско физической и коллоидной химии КНУ им. Ж. Баласагына

Давлатшоева Джахонгул Асанхоновна – каидат химических наук, доцент кафедры Физической и коллоидной химии Таджикского национального университета

Дардиев Самат Мелисович – инженер научной станции «Ыссык-Куль» при КНУ им. Ж.Баласагына

Джамгырчиев Джекшенбек Чожобаевич – кандидат географических наук, доцент кафедры Экологии и природопользования КНУ им. Ж. Баласагына

Джумагулов Кубат Рыспекович – старший преподаватель кафедры Бизнеса и коммуникаций Кыргызско-европейского факультета КНУ им. Ж. Баласагына

Джунушалиева Айнур Кылычбековна – старший преподаватель кафедры Юнеско физической и коллоидной химии КНУ им. Ж. Баласагына

Дүйшөнбаева Астра Такыбаевна - химия илимдеринин кандидаты, Ж. Баласагын атындагы КУУнун Органикалык эмес химия жана химиялык технология кафедрасынын башчысы.

Жолдошев Байыш Сыдыкович – Младший научный сотрудник ИПР ЮО НАН КР

Жумабеков Аман - инженер научной станции «Ыссык-Куль» при КНУ им. Ж. Баласагына

Жусупкелдиев Шаршенбек – кандидат физико-математических наук, доцент КНУ им. Ж.Баласагына

Изотов Александр Олегович - преподаватель кафедры Компьютерных технологий и интернета

Итибаев Зарылбек Сагындыкович – директор Агенства по гидрометеорологии при МЧС КР

Канетов Бекболот Эменович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры Алгебры, геометрии, топологии и преподавания высшей математики КНУ им. Ж. Баласагына

Канетова Динара Эменовна – соискатель Джалал-Абадского государственного университета

Карабаев Султан Осконович – доктор химических наук, профессор кафедры Юнеско физической и коллоидной химии КНУ им. Ж. Баласагына

Каракеев Таалайбек Тултемирович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры Информационных технологий и программирования ФИИТ КНУ им. Ж. Баласагына

Мурзакулова Илимкуль Чороевна – старший преподаватель кафедры Физики КНУ им. Ж.Баласагына

Мустафаева Нагима Таировна – аспирант кафедры Информационных технологий и программирования ФИИТ КНУ им. Ж. Баласагына

Ниязов Тургунбек Зайнидинович – кандидат географических наук, профессор КНУ им. Ж.Баласагына

Осмоналиев Каныбек Осмоналиевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры Физики КНУ им. Ж. Баласагына

Осмонбетова Дильбара Кубатовна – кандидат географических наук, доцент Кыргызско-Европейского факультета КНУ им. Ж. Баласагына

Оторбаева Асель Кайнарбековна - преподаватель кафедры Программной инженерии и инновационных технологий КНУ им. Ж. Баласагына

Рахимова Мубаширхон – доктор химических наук, профессор кафедры Физической и коллоидной химии Таджикского национального университета

Рахмонов Исмоил Рахимович – аспирант Таджикского национального университета

Сафарова Дилнора Тешабоевна - (PhD) докторант кафедры Геометрии и топологии Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Смаилова Нургуль Кубанычбековна – заведующая лабораторией кафедры Физики КНУ им. Ж.Баласагына

Субанкулова Дилара Автандиловна – кандидат химических наук, доцент кафедры Юнеско физической и коллоидной химии КНУ им. Ж. Баласагына

Темиров Бекжан Кайыпбекович - доктор физико-математических наук, профессор КНУ им. Ж. Баласагына

Ткачман Михаил Леонидович - старший преподаватель кафедры Информационных систем КНУ им. Ж. Баласагына

Токтогонов Самат Алмазбекович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Электроники и микроэлектроники КНУ им. Ж. Баласагына

Токтомуратова Назира Сатыбалдиевна – Ж. Баласагын атындагы КУУнун Юридикалык колледжинин окутуучусу

Торобекова Тамара Аскаревна – кандидат географических наук, доцент кафедры Экологии и природопользования КНУ им. Ж. Баласагына

Тоялиев Султанбек - кандидат биологических наук, доцент КНУ им. Ж. Баласагына

Урусова Индира Руслановна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Информационного права и естественнонаучных дисциплин КГЮА

Чубаков Тыныстан Анарбекович – инженер КНУ им. Ж. Баласагына

Эмомадова Шахло – аспирантка Таджикского национального университета

Вестник КНУ им Ж.Баласагына
2018 / 4 (96)

Журнал зарегистрирован Министерством юстиции Кыргызской Республики. Свидетельство
о регистрации №1530 от 15.05.09.

Материалы, публикуемые в журнале “Вестник КНУ им. Ж.Баласагына”, не обязательно
отражают точку зрения редакции.

Адрес редакции:
720033, Кыргызская Республика,
г. Бишкек,
пр., Манаса 101
ИИН: 01409199310050
ОКПО:02168992
E-mail: vestnik@university.kg

Компьютерная верстка и дизайн: Панасюк Э. А., Казыбекова Д. Э.
Формат А4, Офсетная печать. Бумага офсетная.
Усл.п.л. 12,5. Тираж 200 экз.

Подписано в печать 19.12.2018.

Отпечатано в типографии «ОсОО UColor» Зак. № 2
Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Орозбекова, 2.
тел.: +996 312 31 49 05

