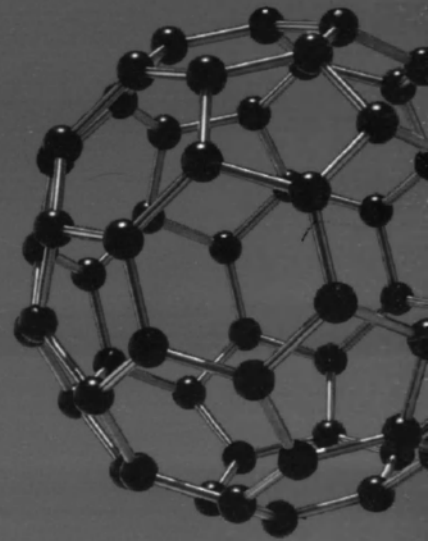


сканирован

ISSN 0002-3221

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
УЛУТТУК ИЛИМДЕР  
АКАДЕМИЯСЫНЫН

**КАБАРЛАРЫ**



**ИЗВЕСТИЯ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

*Серия химико-технологических, медико-биологических  
и сельскохозяйственных наук*

2011

3

2

1

ISSN 0002-3221

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫНЫН

**КАБАРЛАРЫ**

---

**ИЗВЕСТИЯ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

*Серия химико-технологических, медико-биологических  
и сельскохозяйственных наук*

**2011**

**БИШКЕК**



**№ 3**

**“ИЛИМ”**

**Редакционно-издательская коллегия:**

академик *Ш.Ж. Жоробекова* (президент НАН КР) (главный редактор),  
академик *В.М. Плоских* (вице-президент НАН КР) (зам. гл. редактора),  
академик *Д.К. Кудаяров* (вице-президент НАН КР),  
член-корр. *Т.Т. Оморов* (вице-президент НАН КР)

**Редакционный совет:**

академик *Ш.Ж. Жоробекова* (президент НАН КР) – председатель,  
академик *В.М. Плоских* (вице-президент НАН КР) – зам. председателя,  
академик *У.А. Асанов*, академик НАН КР *А.А. Айдаралиев*,  
академик *И.Т. Айтматов*, академик НАН КР *Дж. А. Акималиев*,  
академик *А.А. Борубаев*, академик НАН КР *А. Ч. Какеев*,  
академик *Т.К. Койчуев*, академик НАН КР *М.Т. Мамасаидов*,  
академик *Д.М. Маматканов*, академик НАН КР *Ж.Ш. Шаршеналиев*

**Секретариат:**

член-корр. НАН КР *И.А. Ашимов* (отв. секретарь)

Журнал основан в 1966 г.

Редакторы – *Р.Д. Мукамбетова, Е.В. Комарова*  
Компьютерная верстка – *А.Ж. Малдыбаев*  
Дизайн обложки – *А.Ж. Малдыбаев*

Подписано в печать 10.09.11. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Печать офсетная.  
Объем 14 п.л., 13,5 уч.-изд. л. Тираж 100 экз.

Издательство “Илим”,  
720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265а

## СОДЕРЖАНИЕ

## MAZMUNU

## CONTENTS

КУДАЯРОВ Д.К. О проблемах подготовки кадров в Национальной академии наук Кыргызской Республики .....	6
Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясында кадрларды даярдоо жөнүндө проблемалар	
On problems of personnel training in the national academy of sciences	

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЭРНАЗАРОВ К.К. Прогнозирование физико-химических свойств L-аминокислот на основании их химического строения экспериментально-статистическими методами .....	8
L-аминокислоталардын физика-химиялык касиеттерин алардын химиялык түзүлүшүнүн негизинде эксперименталдык-статистикалык методдордун жардамында прогноздоо	
Prognosis for physics-chemical properties of L-amino acids on the basis of its chemical structure by experimental-statistical methods	
ШАРШЕНОВА Ж., ГУЦАЛЮК Н.В. Суточная динамика окисления руды месторождения Кумтор <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> в кислой среде .....	12
Кумтор кенинин кислоттуу чөйрөдө <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> менен кычкылдануусунун бир күндүк өзгөрүшү	
Daily dynamic of Kumtor deposit ore oxidation in acidic medium by <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>	
ШПОТА Е.Л., СУЛТАНГАЗИЕВА Т.Т. Сравнительное изучение способов обезвреживания цианидов в пульпе золотоизвлекающих фабрик .....	15
Алтын чыгаруучу фабрикалардагы пульпасындагы циандарды сыянсыздаштыруу салыштырма изилдөө жолдоруу	
Comparative study of cyanide detoxification methods in gold extracting factories pulp	
АХМАТОВА Ж.Т., ВИНОГРАДОВ В.В., ВИНОГРАДОВ Н.В., ТУЗОВА О.Л. Структурные образования, напоминающие фуллерены, в лититах Кыргызстана .....	18
Кыргызстандын лититтериндеги фуллеренге окшош түзүлүштөр	
Fulleren resembling structural forms in Kyrgyzstan lidits	
ОРОЗМАТОВА Г.Т., САТЫВАЛДИЕВ А.С., ОСМОНКАНОВА Г.Н. Изучение методом потенциометрического титрования условий восстановления наноразмерной меди из растворов гидразина .....	21
Эритмедеги наноөлчөмдөгү жезди гидразин менен калыбына келтирүү шартын потенциометрдик титрлөө методу менен изилдөө	
Study of conditions of nano-sized copper reduction from hydrazine solutions by the method of potentiometric titration	

## ВОСПРОИЗВОДСТВО БИОРЕСУРСОВ

ДЖЕНБАЕВ Б.М., *БОРБУЕВ Б.И., ЖОЛБОЛДИЕВ Б.Т., МАМЫТОВА С.А. Биогеохимия свинца и цинка в объектах окружающей среды Ак-Тюзской полиметаллической провинции .....	25
Ак-Түз полиметам кичи аймагынын айлана-чөйрөдө коргошун жана цинктин биогеохимиясы	
Biogeochemistry of lead and zinc in the environment Ak-Tuz polymetallic province	



ИОНОВ Р.Н., ЛЕБЕДЕВА Л.П., УСУПБАЕВ А.К. Эколого-биологические особенности растений бассейна р. Гавиан северного макросклона Алайского хребта.....	30
Алай кырка тоосунун түндүк бетиндеги Гавиан суу бассейнинин өсүмдүктөрүнүн экологиялык жана биологиялык өзгөчөлүктөрү	
Ekologycal and biological features of plants in the pool of river gavian of northern macroslope of the Alaj ridge	
ХАРАДОВ А.В. Норы – один из основных типов жилищ ондатры <i>Ondatra zibethicus</i> L.....	35
Нор – ондатр ( <i>Ondatra zibethicus</i> L.) уясынын негизги бир түрү	
Holes – one of the basic types of dwellings of muskrat <i>Ondatra zibethicus</i> L.	
РОГОВА Н.А., ШАЛПЫКОВ К.Т., ИЗМАЙЛОВА Э.О. Расторопша пятнистая – <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn – в условиях Чуйской долины Кыргызстана.....	38
Тактуу силибиум – <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn – Кыргызстандын Чүй өрөөнүн шартында	
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn. in Chuj valley conditions of Kyrgyzstan	
ШАЛПЫКОВ К.Т., КАРТАНБАЕВ ДЖ.К. Онтогенетические спектры основных жизненных форм ценопопуляций пустынь Западного Прииссыккуля.....	41
Батыш Ысык-Көлдүн чөл ценопопуляциясынын онтогенез спектринин жашоо формалары	
The Ontogenetic Specters of Major vital forms of the Cenopopulations of deserts of the Western Near Issyk-Kul Region	
ЭЛЕМАНОВ О.И., АБЫЛМЕЙИЗОВА Б.У. Климатические факторы формирования растительности горных экосистем Прииссыккуля.....	45
The climatic factors of vegetation of mountain ecosystems of the Issyk-Kul region	
Ысык-Көл аймагындагы тоо экосистемаларынын өсүмдүктөрүнүн таралышынын климаттык факторлору	
АБЫЛМЕЙИЗОВА Б.У., КЕНЖЕБАЕВА Н.В. Геосистемные аспекты растительного покрова Прииссыккуля.....	49
Ысык-Көл аймагындагы өсүмдүк капталышынын геосистемалык аспектери	
Geosystem specters of the Issyk-Kul region vegetation caver	
ДЖЕНБАЕВ Б.М., ИОНОВ Р.Н., САРИЕВА Н.А. Эколого-биогеохимическое состояние растительного покрова золоторудного месторождения Джеруй.....	53
Жеруй алтын-кен аймагындагы өсүмдүктөрдүн экологиялык жана биогеохимиялык абалы	
Ecological and biogeochemical condition of vegetation cover of gold mine of Djerui	

### БИОТЕХНОЛОГИИ

НУРГАЗИЕВ Р.З., ДЖАПАРАЛИЕВ Н.Т., НУРГАЗИЕВА А.Р. Культивирование вируса ящура типа А из штамма Чуй-2002.....	63
Чуй-2002 штаммынан А тибиндеги шарттын вирусун өстүрүү	
Cultivation of foot and mouth dislase virus of A type from the strain Chui-2002.	
ЧЕРНЫШЕВА Т.П., БАБЧЕНКО И.В., АЛФИМОВА Р.А., АСАНАКУНОВ Б.А., УМРАЛИНА А.Р. Выделение линий гермоплазмы растений рода <i>Scutellaria</i> .....	65
<i>Scutellaria</i> түрүнүн өсүмдүктөрүнүн гермоплазмасынын линияларын бөлүп көрсөтүү	
Establishment of <i>Scutellaria</i> genus species germplasm lines	
ИМАНАКУНОВ Б., ГУЦАЛЮК Н.В. Биоокисление руды месторождения Кумтор аборигенной микрофлорой и адаптированным штаммом <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> .....	69
Аборигендик микрофлора жана адапташтырылган <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> штаммынын жардамы менен Кумтордон чыккан кендин биокычкылдануусу	
Biooxidation of Kumtor deposit ore by aborigenic microflora and adapted acidithiobacillus ferrooxidans strain	

- ЖУНУШОВ А.Т., МАТКАРИМОВ С.А., ГАВРИЛОВА О.Н., ГАЙБУЛИН Д.Ш.** Методология и современные способы мониторинга и прогнозирования случаев вспышек особо опасных природно-очаговых болезней человека и животных на примере сибирской язвы ..... 76
- Адамдын жана малдардын өзгөчө кооптуу табигый ооруларынын чыгышын сибирь жаракатынын мисалында прогноздоо жана мониторингдөөнүн заманбап ыкмалары жана методологиясы
- Methodology and modern methods of monitoring and prognostication of breakout highly dangerous natural focal diseases of human beings and animals on the example of siberian plague

### НАНОТЕХНОЛОГИИ

- КАСЫМОВА Э.ДЖ., КОРОЛЕВА Р.П., КЫДРАЛИЕВА К.А.** Селективная сорбция тяжелых металлов сшитыми производными гуминовых кислот ..... 88
- Гумин кислотасынын туундулары менен тигилген оор металлдардын тандалма сорбциясы
- The selective sorption of the heavy metals sutured derived of the humic acids
- OMURZAK E., SULAIMANKULOVA S., MASHIMO T.** Preparation of titanium oxides by the impulse plasma in liquid ..... 92
- Получение оксидов титана в импульсной плазме жидкости
- Эритменин импульстук плазмасынан титан оксидинин алынышы
- БЕКБОЛОТ КЫЗЫ Б., МУРЗУБРАЙМОВ Б.М.** Исследование сорбционных свойств продуктов пиролиза рисовой шелухи ..... 96
- Күрүч калдыктарынын пиролизден кийинки продукталарынын сорбциялык касиеттерин изилдөө
- The study sorption properties of pyrolysis products of rice shells
- ЗАРИПОВА А.А.** Гибридные нанокompозиты на основе гуминовых кислот ..... 99
- Гумин кислотасынын негизиндеги гибриidlүү нанокompозиттер
- Hybrid nanocomposites based on humic acids
- ЖАСНАКУНОВ Ж.К., МАМЕТОВА А.С., СУЛАЙМАНКУЛОВА С.К.** Самоорганизация углеродных наноструктур, формирующихся из импульсной плазмы в жидкости ..... 101
- Эритмедеги импульстук плазмадан калыптанган көмүртек наноструктураларынын өзүнөн өзү ирээтке келүүсү
- Self-organization of carbon nanostructures of impulse plasma in liquid
- СЕРИКОВА Л.В., ХУДАЙБЕРГЕНОВА Э.М.** Получение иммобилизованных препаратов протеолитических ферментов (трипсина,  $\alpha$ -химотрипсина) ..... 105
- Иммобилизацияланган протеолитикалык ферменттердин (трипсин,  $\alpha$ -химотрипсин) препараттарын алуу
- The obtaining of immobilized preparations of proteolitical enzymes (trypsin,  $\alpha$ -chemotrypsin)
- БАКИРОВА Г.А., ТУРДУМАМБЕТОВ К., ГОНЧАРОВА Р.А.** Фруктоолигосахариды из клубней E.Cristatus ..... 109
- E.Cristatusун тамырындагы фруктоолигосахариддер
- Fructooligosugaridy from roots of E. Cristatus

УДК 001:616-053.2 (575.2)

## **О проблемах подготовки кадров в Национальной академии наук Кыргызской Республики**

---

Д.К. КУДАЯРОВ – академик, вице-президент НАН КР

---

The purpose of the is to show problems existing in scientific personnel training in the National Academy of Sciences (NAS KR). It was mentioned that the average age of scientific personnel obtaining highest qualification (Doctors and Candidates) have continued to grow. Part of their solutions are considered in the article.

Для успешной реализации государственной политики Кыргызстана, направленной на подъем экономики и построение современного высокоразвитого общества, необходимо повышение роли, значимости и условий развития науки и соответственно, подготовки научных и научно-педагогических кадров. Являясь ведущим учреждением для подготовки высококвалифицированных кадров республики через аспирантуру, докторантуру, соискательство и стажировку, Национальная академия наук вносит весомый вклад в решение кадровой проблемы.

При Президиуме организован Центр научно-образовательных программ, укреплен сектор аспирантуры и докторантуры, возобновлена деятельность научного лектория, создан региональный научно-образовательный центр в городе Оше. В академии работает Совет молодых ученых, действуют Программа социальной защиты и Фонд поддержки молодых ученых НАН КР.

В рамках задачи по подготовке кадров Национальная академия наук стремится к более тесному взаимодействию с отечественными и зарубежными вузами. Около 300 докторов и кандидатов наук академии читают лекции и ведут практические занятия в вузах по таким специальностям, как физика конденсированного состояния, электронная микроскопия и вакуумная техника, микроэлектроника, динамика и прочность

машин, химия, молекулярная биология, экология и другие.

Сотрудниками НАН или под их редакцией выпускаются учебники и научно-методические пособия для вузов и школ республики. При академии действуют научно-образовательные структуры, в частности, филиалы кафедр Кыргызско-Российского Славянского университета, Кыргызского государственного технического университета, Кыргызского государственного университета строительства и архитектуры, Международного университета Кыргызстана.

В научных учреждениях НАН действуют 15 ученых советов, на которых защищаются докторские и кандидатские диссертации по широкому спектру научных специальностей (физико-математическим, техническим, горно-геологическим, биологическим, ветеринарным, химическим, историческим, экономическим, философским, филологическим наукам).

Подготовке научных кадров способствуют восстановление и укрепление научных связей с Россией, со странами СНГ, с научными центрами дальнего зарубежья, где проходят стажировку и обучаются в аспирантуре наши специалисты. Особое внимание уделяется углублению интеграции в мировые образовательные процессы и внедрению международных стандартов качества образования.

В целом в последние годы наблюдается рост количества аттестованных специалистов высшей научной квалификации. Однако, несмотря на рост числа защищаемых диссертаций, средний возраст кандидатов и докторов наук продолжает расти. Часть подготовленных и аттестованных специалистов выбывает на работу за рубеж или переходит в непрофильные сферы деятельности.

На наш взгляд, причины этого кроются в отсутствии социальной государственной программы по науке, несовершенстве законодательства в сфере науки и образования, финансировании научных исследований по остаточному принципу (в настоящее время на академическую науку выделяется только 0,07% ВВП). У молодых исследователей отсутствует стимул заниматься наукой – низкие заработные платы и аспирантские стипендии, отсутствие муниципального жилья для молодых ученых и т.д.

Следует отметить и существующие трудности интеграции науки и образования. К сожалению, многие вузы не готовы к многоплановым партнерским отношениям. Имеет место падение качества вузовского образования, а также перекос в сторону преимущественной подготовки специалистов в области политологии, социологии, юриспруденции и т.д. В этой связи возникает опасность несоответствия структуры подготавливаемых кадров потребностям экономики, стратегии развития науки, техники и технологий в Кыргызстане.

Как показывает мировая практика, одним из перспективных направлений взаимодействия науки и образования является создание интегрированных научно-образовательных центров, которые включают в себя структурные подразделения, осуществляющие не только исследовательскую деятельность, но и самую широкую сеть подразделений для подготовки специалистов высокотехнологичных секторов экономики.

В НАН КР разработан пилотный проект по созданию исследовательского университета в области горного дела. Как известно, горы занимают порядка 90% территории республики и в этих регионах сосредоточены месторождения различных полезных ископаемых, в том числе крупнейшие в мире месторождения золота, ртути и угля. Эффективное освоение минерально-сырьевых ресурсов требует подготовки высококвалифицированных специалистов геологического и горного профиля.

Проект организации исследовательского университета создан на основе расчета потребности в специалистах в области горного дела и с учетом перспектив развития экономики страны, в частности, в соответствии с программой развития нефтегазовой и угольной отраслей, расширения добычи нерудных (строительных) материалов, золота и других.

Реализация этого проекта позволит повысить эффективность использования интеллектуальной, материальной, научно-технической базы исследовательских подразделений горно-геологического профиля Национальной академии наук и будет способствовать обеспечению горнопромышленного комплекса республики высококвалифицированными кадрами.

В целом основная идея повышения эффективности подготовки кадров сводится к необходимости выстроить единую систему образования, начиная с базового и заканчивая послевузовским, при условии преемственности всех образовательных стандартов и согласованности всего процесса обучения.

Развитие Кыргызстана зависит не только от политической и социально-экономической ситуации, но и от нового поколения, которому в будущем будет доверена страна. Поэтому задача дальнейшего развития и совершенствования научно-образовательной системы – стратегическая задача государства.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 551.48 (575.3)

**Прогнозирование физико-химических свойств  
L-аминокислот на основании их химического строения  
экспериментально-статистическими методами**

К.К.ЭРНАЗАРОВ – младший науч. сотрудник

In this article, heats of L-form standard amino acids formation are calculated by increments method. According to increments method L-form standard amino acids are broken a substance down into its group contribution and values of heats formation for each group contribution are calculated with help of MathCad program. Determined that, with help of increments method may to calculate other organically compound's additive parameters.

Стандартные аминокислоты образуют первичную структуру белка, которые выполняют самые разнообразные функции в живых организмах. Каждая аминокислота имеет свои характерные физико-химические свойства. Однако далеко не для всех из даже практически применяющихся соединений имеются надежно определенные экспериментальные значения различных свойств. Многие экспериментальные данные разбросаны по труднодоступной литературе. Поэтому чрезвычайно важной является задача нахождения количественных корреляционных зависимостей между структурой и свойствами L-аминокислот. Нахождение таких зависимостей позволит не только быстро выбрать из имеющихся аминокислот наиболее желательные для обеспечения рассматриваемого свойства, но и определить направления синтеза новых соединений.

В данной работе составлена аддитивная схема с разложением аминокислот на групповые вклады и в результате вычислены энтальпии образования L-аминокислот методом инкрементов.

На основе аддитивной схемы и с помощью формулы (1) составлена система линейных алгебраических уравнений. Значение каждого инкремента в уравнении вычислено с помощью программы MathCad.14.

Принцип аддитивности представляет собой весьма эффективное средство для эмпирического расчета различных физико-химических характеристик органических соединений. Согласно этому принципу, соответствующая характеристика, рассчитанная на моль вещества, может быть вычислена путем суммирования отдельных вкладов атомов, групп атомов или связей:

$$M = \sum_{k=1}^N n_k M_k \quad (1)$$

где  $M$  – исследуемая мольная характеристика,  $n_k$  – число или доля компонентов  $k$ -го типа, вносящих вклад в эту характеристику,  $M_k$  – числовое значение вклада  $k$ -го компонента.

Для того чтобы рассчитать вклады отдельных компонентов, необходимо иметь набор дан-



ных исследуемого свойства для различных химических соединений, каждое из которых содержит, по крайней мере, один из структурных элементов, входящих в состав анализируемого соединения. Чем больше этот набор, тем с большей надежностью будут вычислены вклады отдельных элементов. В силу линейности уравнения (1) математическая задача вычисления инкрементов сводится к нахождению коэффициентов линейной регрессии по выборке физико-химических свойств известных соединений.

В зависимости от природы структурных элементов, на которые разбивается молекула, в практике метода инкрементов получили распространение два подхода.

1. *Применение атомных вкладов.* При условии полной аддитивности исследуемая характеристика молекулы может быть рассчитана как вклад атомов, составляющих эту молекулу.

2. *Применение групповых вкладов.* Путем комбинирования атомов в наиболее часто встречающиеся атомные группы, например  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{COOH}$  или  $-\text{OH}$  группы, удается существенно расширить возможности описания свойств соединений при помощи аддитивной схемы. Действительно, принадлежность химических соединений к тому или иному классу и вытекающие из этого особенности свойств определяются наличием характерных химических групп: гидроксильных, карбоксильных и т. д. Следует отметить, что в некоторых случаях вклад конкретной группы зависит от ее окружения, так что приходится увеличивать количество типов групп. В работе [1] установлено, что полученные результаты для органических соединений полуэмпирическим методом РМЗ и экспериментальные данные хорошо согласуются. Значит, можно убедиться, что расчет аддитивных физико-химических свойств разных органических соединений с применением аддитивных схем дает правильные результаты.

В основном аминокислоты разложатся на следующие групповые вклады:  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{OH}$ . При вычислении энтальпии образования аминокислот L-формы использованием групповых вкладов имеет место следующая формула:

$$\Delta H = n_1 \Delta H(\text{CH}) + n_2 \Delta H(\text{CH}_2) + n_3 \Delta H(\text{CH}_3) + n_4 \Delta H(\text{COOH}) + n_5 \Delta H(\text{NH}_2) + n_6 \Delta H(\text{OH}), \quad (2)$$

где  $n_k$  – число групповых вкладов в аминокислоте;  $\Delta H_k$  – вклады энтальпии в рассмотренной аминокислоте.

Стандартные L-аминокислоты можно разложить на следующие групповые вклады, приведенные в табл. 1.

Массив экспериментальных данных, на основании которого производят вычисление инкрементов, обычно разбивают на две группы. Первая группа, называемая обучающей выборкой, используется непосредственно для вычисления инкрементов. Вторая группа, называемая проверочной выборкой, применяется для сравнения вычисленных на основании полученных коэффициентов значений исследуемого свойства с экспериментальными данными и оценки точности прогнозирования. Чем выше объем обучающей выборки, тем больше, очевидно, будет надежность прогноза. С другой стороны, эффективность метода будет более наглядной, если на основании выборки небольшого объема удастся предсказать свойства большого числа соединений различной структуры и с различным числом атомов в молекуле. Для энтальпии образования в справочной литературе имеется информация для достаточно большого числа соединений.

Вычисление коэффициентов уравнения регрессии, каким является уравнение (2), методом решения линейных алгебраических уравнений удобно провести с использованием программы MathCad.14. С помощью табл. 1 можно составить систему алгебраических линейных уравнений. Здесь постоянным коэффициентам соответствует число групповых вкладов, а неизвестным величинам соответствуют значения групповых вкладов. Система алгебраических линейных уравнений преобразуется в матричную форму, и потом определяются значения инкрементов. Алгоритм решения данной задачи в программе MathCad выполняется в следующей последовательности.

1. Преобразуем алгебраическую систему уравнений в матричную форму:

$$A = \begin{pmatrix} n_{11} & n_{12} & \cdot & n_{1m} \\ n_{21} & n_{22} & \cdot & n_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ n_{k1} & n_{k2} & \cdot & n_{km} \end{pmatrix}, \quad H = \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \cdot \\ H_k \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Таблица 1

№	Название аминокислоты	Обознач.	Количество групп										Энтальпия ΔH, ккал/моль
			-S	-CH	-CH <sub>2</sub>	-CH <sub>3</sub>	-COOH	-NH <sub>2</sub>	-OH	-NH	-CO		
1	Глицин	Gly	0	0	1	0	1	1	0	0	0	-93,9382504	
2	Аланин	Ala	0	1	0	1	1	1	0	0	0	-100,8271382	
3	Валин	Val	0	2	0	2	1	1	0	0	0	-109,3456687	
4	Лейцин	Leu	0	2	1	2	1	1	0	0	0	-114,7634167	
5	Изолейцин	Ile	0	2	1	2	1	1	0	0	0	-114,8907697	
6	Аспарагиновая	Asp	0	1	1	0	2	1	0	0	0	-186,1883188	
7	Глутаминовая	Glu	0	1	2	0	2	1	0	0	0	-192,8870867	
8	Серин	Ser	0	1	1	0	1	1	1	0	0	-139,8791087	
9	Треонин	Thr	0	2	0	1	1	1	1	0	0	-143,1072868	
10	Цистеин	Cys	1	1	1	0	1	1	0	0	0	-88,3151800	
11	Метионин	Met	1	1	2	1	1	1	0	0	0	-100,6197343	
12	Аргинин	Arg	0	1	3	0	1	1	0	0	0	-83,9127374	
13	Лизин	Lys	0	1	4	0	1	1	0	0	0	-109,1762222	
14	Гистидин	His	0	3	1	0	1	1	0	1	0	-64,1127599	
15	Пролин	Pro	0	1	3	0	1	1	0	0	0	-99,7039036	
16	Фенилаланин	Phe	0	6	1	0	1	1	0	0	0	-66,8826040	
17	Тирозин	Tyr	0	5	1	0	1	1	1	0	0	-112,0111879	
18	Триптофан	Trp	0	6	1	0	1	1	0	1	0	-48,5990415	
19	Аспарагин	Asn	0	1	1	0	1	2	0	0	1	-136,3100055	
20	Глутамин	Gln	0	1	2	0	1	2	0	0	1	-142,0894662	

Таблица 2

Расчетные энтальпии образования стандартных L-аминокислот (ккал/моль)

№	Название аминокислот	Краткое обозначение	Расчет ΔH	
			Метод РМЗ	Метод инкрементов
1	Глицин	Gly	-93,9382504	-107,047
2	Аланин	Ala	-100,8271382	-108,08
3	Валин	Val	-109,3456687	-110,425
4	Лейцин	Leu	-114,7634167	-111,737
5	Изолейцин	Ile	-114,8907697	-111,737
6	Аспарагиновая кислота	Asp	-186,1883188	-188,874
7	Глутаминовая кислота	Glu	-192,8870867	-190,186
8	Серин	Ser	-139,8791087	-144,223
9	Треонин	Thr	-143,1072868	-145,256
10	Цистеин	Cys	-88,3151800	-87,797
11	Метионин	Met	-100,6197343	-101,134
12	Аргинин	Arg	-83,9127374	-99,991
13	Лизин	Lys	-109,1762222	-101,303
14	Гистидин	His	-64,1127599	-
15	Пролин	Pro	-99,7039036	-99,991
16	Фенилаланин	Phe	-66,8826040	-48,967
17	Тирозин	Tyr	-112,0111879	-105,503
18	Триптофан	Trp	-48,5990415	-
19	Аспарагин	Asn	-136,3100055	-
20	Глутамин	Gln	-142,0894662	-

где  $n_{km}$  – число групповых вкладов в данной аминокислоте;  $H_k$  – значение энтальпии аминокислоты в  $k$ -той строке.

2. Вводим команду  $\text{Isolve}(A, H)$  и получим значения каждого инкремента в матричной форме:

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

3. Каждая аминокислота по групповым вкладом представляется в виде строчной матрицы:

$$A = (n_1 \ n_2 \ \dots \ n_m)$$

4. Умножая матрицы  $A$  и  $X$ , найдем энтальпию образования рассмотренной аминокислоты:

$$\Delta H' = A \cdot X,$$

где:  $\Delta H'$  – значение энтальпии образования аминокислоты L-формы, рассчитанной методом инкрементов.

Таким образом, вычислены инкременты атомных групп для расчета энтальпии образования по уравнению (2), с помощью которого мож-

но рассчитать энтальпию образования для других соединений рассматриваемого класса. Для оценки точности предсказания физического свойства используется проверочная выборка. В нашем случае можно использовать имеющиеся справочные данные по другим известным соединениям, которые не были использованы при вычислении коэффициентов.

Несмотря на то что метод инкрементов дает достаточную во многих практических случаях точность, в целом его возможности ограничены. Это становится ясным, если начинать сравнивать физические характеристики соединений – изомеров. При одной и той же формуле они имеют разную структуру и свойства их часто достаточно сильно различаются. В этой связи возникают альтернативные способы построения эмпирических зависимостей между структурой и физическими свойствами химических соединений. Одним из таких способов является метод структурных дескрипторов (топологических индексов).

#### Литература

1. Гимадеев А.А., Чачков Д.В., Сагадеев Е.В., Барбанов Б.П. Эмпирический и неэмпирический



расчет энтальпий образования стандартных аминокислот.

2. Эрнзаров К.К., Джуманазарова А.З. Определение теплот образования аминокислот полуэмпирическим методом РМЗ // Тезисы докла-

дов молодых ученых и аспирантов НАН КР на научно-практической конференции «Старт в науку». – Бишкек, 2009. – С. 56.

3. Физическая химия // Под. ред. К.С.Краснова. – М.: Высшая школа, 1982. – 686 с.

УДК: 579.24:542.943: 552.56:579.846.21(04)

## Суточная динамика окисления руды месторождения Кумтор *Acidithiobacillus ferrooxidans* в кислой среде

Ж. ШАРШЕНОВА – к.х.н., старший научный сотрудник  
Н.В. ГУЦАЛЮК – научный сотрудник

Daily dynamic of Kumtor deposit ore oxidation in acidic medium by *Acidithiobacillus ferrooxidans* was investigated. It was determined that intensive ore oxidation in acidic medium achieves between 12 and 18 hours and pH maintenance of the medium activates development of the microorganism.

Цель постановки эксперимента связана с изучением суточной динамики окисления руды Кумтора ацидофильным адаптированным штаммом *Acidithiobacillus ferrooxidans* в кислой среде.

### Схема эксперимента

#### 1. Контроль:

- Руда +  $H_2O$  +  $H_2SO_4$

#### 2. Опыт:

- Руда +  $H_2O$  +  $H_2SO_4$  + *A. ferrooxidans* (закладка)
- Руда +  $H_2O$  +  $H_2SO_4$  + *A. ferrooxidans* (через 6 часов)
- Руда +  $H_2O$  +  $H_2SO_4$  + *A. ferrooxidans* (через 12 часов)
- Руда +  $H_2O$  +  $H_2SO_4$  + *A. ferrooxidans* (через 18 часов)
- Руда +  $H_2O$  +  $H_2SO_4$  + *A. ferrooxidans* (через 24 часа)

### Описание эксперимента:

Опыт ставили в плоскодонной колбе объемом 250 мл. Навески измельченной стерильной руды заливали раствором ( $H_2O$  +  $H_2SO_4$ ). *A. ferrooxidans* добавляли на среде 9К (50 мл, КОЕ =

2000 кл/мл). Соотношение ( $H_2O$  +  $H_2SO_4$ ) и *A. ferrooxidans* (1:1 или 50 мл : 50 мл).

Для исследования использована измельченная руда из месторождения Кумтор.

Плотность пульпы составляла Т : Ж = 1 : 10.

Стерилизация проводилась в автоклаве в течение двух часов.

Температурный режим составил 28°C.

Параметрами наблюдения были:

- изменения концентрации железа  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ ;
- изменения pH;
- визуальные наблюдения в течение времени.

Определение концентрации железа проводили согласно методикам [1,2], а изменение кислотности – pH-методом [3].

Анализ золота (Au) проводился пробирным методом с атомно-абсорбционным окончанием на спектрометре AnaLyzL 400Perkin EL et.

Результаты исследования представлены в табл. 1,2,3,4, 5.

Из представленных данных в табл.1 следует, что в интервале при pH = 1,6 – 3,45 руда интенсивно окисляется микроорганизмами. При pH вы-

Таблица 1

Окисление руды месторождения Кумтор адаптированной *A. ferrooxidans*  
(по случайной динамике окисления)

№	Условия эксперимента	Время от начала эксперимента (в час.)	pH	Fe <sup>2+</sup> г/л • 10 <sup>-2</sup>	Fe <sup>3+</sup> г/л • 10 <sup>-2</sup>
1	Контроль (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0	1,65	-	-
2	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	0	1,65	19,18	69,22
3	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	6	3,2	11,36	40,17
4	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	12	3,2	30,90	38,33
5	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	18	3,75	30,45	9,023
6	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	24	3,45	20,87	13,76
7	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	24	4,45	0,5984	0,2894

Таблица 2

Изменения pH раствора при окислении руды месторождения Кумтор адаптированной *A. ferrooxidans*

№	Условия эксперимента	Время от начала эксперимента (в час.)	pH	Fe <sup>2+</sup> г/л • 10 <sup>-2</sup>	Fe <sup>3+</sup> г/л • 10 <sup>-2</sup>
1	Контроль (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	24	4,45	0,5984	0,2794
2	Контроль (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	72	7,5	0,1786	следы
3	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	72	3,3	8,36	8,25
4	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	72	5,85	2,973	0,899

Таблица 3

Изменения pH при окислении руды месторождения Кумтор адаптированной *A. ferrooxidans*

№	Условия эксперимента	Время от начала эксперимента (в час.)	pH
1	Контроль (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0	1,65
		24	4,45
		72	7,5
		96	7,75
2	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> )	6	3,2
		12	3,2
		18	3,75
		24	3,45
		72	5,85
		96	7,25

Таблица 4

Окисление руды месторождения Кумтор адаптированной *A. ferrooxidans*

№	Условия эксперимента	Время от начала эксперимента (в час.)	pH	Fe <sup>2+</sup> г/л • 10 <sup>-2</sup>	Fe <sup>3+</sup> г/л • 10 <sup>-2</sup>
1	Контроль Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	1,65	0,5768	0,2759
2	Контроль Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	18	5,00	0,5684	0,2794
3	Опыт Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i>	0	1,65	12,75	25,18
4	Опыт Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> (1)	12	1,90	20,043	8,09
5	Опыт Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <i>A. ferrooxidans</i> (2)	18	1,84	15,37	10,77

Таблица 5

Анализ золота в окисленной руде месторождения Кумтор

№	Проба	Время от начала эксперимента (час.)	Au, г/т	Δ, г/т
1	Контроль (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	24	2,620	
2	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + A. ferrooxidans)	12	2,640	+ 0,020
3	Опыт (Руда + H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + A. ferrooxidans)	18	2,615	- 0,005

ше 3,45 процесс гидролиза препятствует микробиологическому окислению, что отражено в суточной динамике pH, и появлению бурого осадка в опытных образцах (колбах) с *A. ferrooxidans*.

Подтверждением микробного окисления пирита являются стабильные показания pH в опытных образцах по сравнению с контролем, что объясняется образованием дополнительной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Наиболее интенсивное окисление руды в растворе (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) достигается в интервале времени от 12 до 18 часов от начала опыта (табл. 1).

В данном эксперименте pH поддерживался добавлением H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в пределах 3,3 (см. табл. 2).

Через трое суток концентрация железа в опыте с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> увеличилась до 8,36 г/л относительно контроля. В опыте без добавления H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> концентрация железа уменьшается. Возможно поддержание концентрации иона водорода от 1,6-3,45, что соответственно способствует замедлению реакции гидролиза, а также активизирует развитие микрофлоры.

Показателем эффективности окисления руды была скорость повышения концентрации Fe<sup>2+</sup>, характеризующая скорость восстановления Fe<sup>3+</sup>. Эта окислительно-восстановительная реакция  $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$  способствует вы-

щелачиванию железа из пирита и вскрытию мелкодисперсного золота. Поэтому мы проводили анализ на содержание золота в остатке окисленной руды (табл. 5). Однако изменение концентрации золота относительно контрольного варианта совсем незначительно, что свидетельствует о его неполном распределении в твердую фазу.

Полученные результаты могут помочь более глубокому пониманию механизма геохимических процессов, протекающих в природных условиях с участием микроорганизмов.

*A. ferrooxidans* является эффективным биоокислителем пирита в руде и способствует биовыщелачиванию золота из сульфидных руд.

#### Литература

1. Гиллебранд В.Ф. и др. Практическое руководство по неорганическому анализу. – 727.
2. Менча М.Н. Водоснабжение и сантехника. – 2006. – № 7. – С. 25–32.
3. Лодейщиков В.В., Васильева А.В. Методические рекомендации по типизации руд, технологическому опробованию и картированию коренных месторождений золота. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1997. – 164 с.

УДК 546.267:533.411(04)

## Сравнительное изучение способов обезвреживания цианидов в пульпе золотоизвлекающих фабрик

Е.Л.ШПОТА – мл. науч. сотрудник

Т.Т.СУЛТАНГАЗИЕВА – мл. науч. сотрудник

Comparative study of cyanide detoxification methods in gold extracting factories pulp has been carried out: with microbes-cyanodestructors, air interspersing, interspersing on the shaker and active coal sorbent. The method for reversing cyanide in the process with the help of alkaline trap has been proposed. Possibility of tailing indigenous microflora stimulation for cyanide detoxification has been examined.

### Введение

Для обезвреживания цианидов с помощью микроорганизмов – цианодеструкторов в жидкой фазе был разработан метод с иммобилизованной микрофлорой (1). Обезвреживание цианидов в пульпе (наличие 20–60% твердой фазы) представляет трудность для этого способа, так как для удаления цианидов из твердой фазы необходимо перемешивание пульпы с помощью барботации воздухом или встряхивания на качалке, что вредит иммобилизованной микрофлоре. При нарушении же условий перемешивания пульпа перемешивается недостаточно, что влияет на воспроизводимость опытов. Обезвреживание цианидов в пульпе представляет интерес, так как в хвостохранилищах золотоизвлекающих фабрик накапливается огромное количество этих отходов.

### Методы исследования

Для определения цианидов и тиоцианатов при их совместном присутствии использовался фотоколориметрический пиридин-барбитуратный метод (2). Перемешивание пульпы происходило барботацией воздухом в цилиндре через трубку с пористой насадкой, доходящей до дна цилиндра. Общий объем пульпы – 150 мл. Второй способ

перемешивания пульпы – встряхивание в колбах на качалке 90 раз в минуту. В опытах также использовались активированный уголь в разных количествах и микрофлора – цианодеструкторы.

Сорбция цианидов активированным углем на качалке проводилась в колбах с пробками при pH 10.0–10.2. Исследовалось влияние 4 г и 8 г активированного угля при перемешивании на качалке – 90 раз в минуту и разной плотности пульпы. В каждую колбу вносилось 150 мл пульпы. Контрольными служили колбы – без перемешивания (стационар) без угля и без перемешивания с углем. Все опыты проводились при  $t = 20^\circ\text{C}$ .

### Результаты и обсуждение.

#### Применение барботации воздухом для перемешивания пульпы

Для изучения влияния свободно плавающей микрофлоры на деструкцию цианидов проводились опыты с перемешиванием пульпы барботацией. Для микроорганизмов-цианодеструкторов необходим pH пульпы не более 9,0. Но при таких условиях и барботации пульпы воздухом происходит улетучивание цианидов, которые в нашем опыте поступали в ловушку с щелочью. То есть внесенная микрофлора не снижала концентрации

Таблица 1

Концентрации цианидов и роданидов (мг/л) после суточной барботации воздухом.  
Плотность пульпы – 28%

Опыты	pH	CNS+CN <sup>-</sup>	CNS <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>
Начало опыта	9,08	78	26	52
Контроль с барботацией	9,07	21	21	0
Микрофлора с барботацией	9,08	25	24	1
Контроль стационар	9,16	63	16	47
Микрофлора стационар	9,00	76	21	55
ЩП из контроля с барботацией	14,00	51	5	46
ЩП из опыта с микрофлорой барботацией	14,00	61	5	56

\*ЩП – щелочной поглотитель.

Таблица 2

Концентрации цианидов и роданидов (мг/л) после суточного опыта с 4 г угля.  
Плотность пульпы – 22%

Опыты	pH	CNS+CN <sup>-</sup>	CNS <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>
Контроль стационар	9,80	86	15	71
Уголь стационар	9,64	44	20	24
Контроль с перемешиванием	10,03	86	20	66
Уголь с перемешиванием	9,52	43	19	24

Таблица 3

Концентрации цианидов и роданидов (мг/л) после суточного опыта с 4 г угля.  
Плотность пульпы – 56%

Опыты	pH	CNS+CN <sup>-</sup>	CNS <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>
Контроль стационар	9,86	76	20	56
Уголь стационар	9,51	36	26	10
Контроль с перемешиванием	10,01	75	29	46
Уголь с перемешиванием	9,51	38	27	11

цианидов, они обнаруживались в щелочном поглотителе.

Следовательно, барботация воздухом значительно снижает концентрацию цианидов в растворе за счет вытеснения углекислотой воздуха и выпаривания. Цианиды улавливаются щелочным поглотителем – насыщенным раствором гидроксида натрия в цилиндре.

#### Применение активированного угля и перемешивания на качалке

Были проведены односуточные эксперименты по влиянию плотности пульпы, активированного угля и перемешивания на качалке на концентрацию цианидов.

Концентрация цианидов при плотности пульпы 22% снижалась в контроле при перемешивании на 5 мг по отношению к контролю без перемешивания. Опыты с углем стационар и с углем с перемешиванием показали сходные результаты

– концентрация цианидов снизилась на 47 мг по отношению к контролю без перемешивания.

При плотности пульпы 56% снижение цианидов в контроле при перемешивании снизилось на 10 мг по отношению к контролю без перемешивания. Опыты с углем стационар и с углем с перемешиванием показали также сходные результаты – концентрация цианидов снизилась на 46 и 45 мг по отношению к контролю без перемешивания.

Таким образом, влияние перемешивания на снижение концентрации цианидов проявляется особенно при увеличении плотности пульпы.

При внесении в колбы 8 мг активированного угля снижение концентрации цианидов происходит более значительно.

При плотности пульпы 60% концентрация цианидов снижалась в контроле при перемешивании на 14 мг по отношению к контролю без перемешивания. Опыт с 8 г активированного угля ста-

Таблица 4

Концентрации цианидов и роданидов (мг/л) после суточного опыта с 8 г угля.  
Плотность пульпы – 60%

Опыты	pH	CNS <sup>-</sup> +CN <sup>-</sup>	CNS <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>
Контроль стационар	10,05	84	35	49
Уголь стационар	9,78	38	35	3
Контроль с перемешиванием	9,96	73	38	35
Уголь с перемешиванием	9,06	21	21	0

Таблица 5

Опыты	pH	CNS <sup>-</sup> +CN <sup>-</sup>	CNS <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>
Контроль без микрофлоры	8,76	80	14	66
Штамм №1	8,47	73	16	57
Штамм №3	8,61	71	16	55
Штамм № 3А	8,67	76	19	57

ционар показал снижение на 46 мг, а опыт с углем и с перемешиванием показал полное исчезновение цианидов из пульпы.

Использование активированного угля для обезвреживания цианидов в пульпе – достаточно дорогой процесс. Однако применение барботации пульпы воздухом для перемешивания и одновременное улавливание цианидов в щелочном поглотителе может способствовать удешевлению цианирования за счет реутилизации цианидов.

Были проведены опыты со свободно плавающей микрофлорой при перемешивании на качалке. При 20°C снижения концентрации цианидов не отмечалось. Только при повышении температуры внутри помещения до 30°C концентрация цианидов несколько уменьшилась по сравнению с контролем (табл. 5).

Что касается обезвреживания цианидов с помощью иммобилизованной микрофлоры, то это

возможно только при обезвреживании цианидов в жидкой фазе, то есть в разработанной в течение проекта #KR-556 установке. Для аналогичного процесса в пульпе необходимо добавление достаточного количества минеральных солей для стимуляции роста эндогенной микрофлоры, способной использовать цианиды как источник питания. Кроме того, для этого потребуются перемешивание пульпы в дополнительно разработанных установках.

Авторы выражают благодарность научному сотруднику Н.В. Гуцалюк – микробиологу лаборатории благородных металлов, за предоставленную для сравнительных опытов микрофлору.

#### Литература

1. Материалы по проекту МНТЦ #KR-556.
2. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М., 1980.



УДК: 666.613 : 666.762.1  
666.76 : 666.635

### Кыргызстандын лидиттериндеги фуллеренге окшош түзүлүштөр

Ж.Т.АХМАТОВА – хим. илим. канд., ИХиХТ НАН КР  
В.В.ВИНОГРАДОВ – хим. илим. канд., ИХиХТ НАН КР  
Н.В.ВИНОГРАДОВ – химия жана химиялык технология  
факультетинин студенти, Ж.Баласагын атындагы КУУ  
О.Л.ТУЗОВА – ага илим. кызмат., Ж.Баласагын атындагы  
КУУнун алдындагы ФИИ

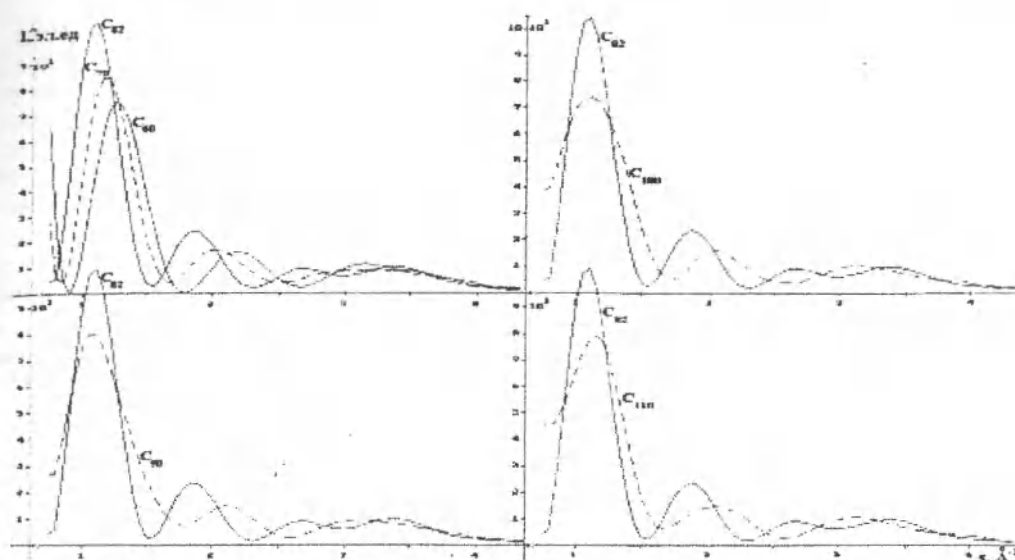
Spectral analysis of samples of Sary-Jaz lidit allows to assume the presence of fullerene like structures. The presence of fullerenes in the structure of lidit may explain some of the abnormal properties of the mineral (high thermo- and chemical firmness, solidity etc.).

Бүгүн бардык алдынкы өлкөлөрдүн экономикалык өнүгүүсүнүн приоритеттеринин арасында экология маселеси турат, ошондуктан зыяндуу өндүрүштү жаратылышка болушунча аз зыян келтире турган жаңы технологиялык түзүүлөр менен алмаштыруу биринчи орунда турат. Бул көп учурда технологиялык процесстин татаалданышы, энергия үнөмдөөчү татаал программаларды түзүү жана өндүрүүнүн бир далай кымбаттоосу менен байланышат. Авторлор тарабынан алдын ала иштетилбеген отко чыдамдуу материал катары табигый лидиттин колдонуу мүмкүнчүлүгүн далилдеген изилдөөлөр жүргүзүлүүдө. Ушуну менен отко чыдамдуу материалдын өндүрүшүнүн экосистемага тийгизген зыяндуу таасири мүмкүн болушунча азайтылат жана процессти бир кыйла арзандатууга алып келет.

Кыргызстанда курамында болжол менен 1,2% эркин көмүртек кирген лидиттер кеңири таралган. Материалдын 4069–69 ГОСТу боюнча аныкталган отко чыдамдуулугу 1730°C-ге барабар. Кысылуудагы бекемдик чеги: минималдуу – 47, 2 МПа; максималдуу – 30 МПа; орточо – 22 МПа. Серпилгичтиктин динамикалык моду-

лу 0,24 – 0,33×10<sup>5</sup> МПа. Сызыктуу жылуулук кеңейүүсүнүн коэффициенти 20–1400°C интервалында 6,5–7,2×10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> чегинде өзгөрөт. Деформациянын башталышынын 4070–48 ГОСТу боюнча аныкталган температурасы 1700°C дан жогору болду. 900°C температурада 50 сааттык кычкылдандыруучу атмосферадагы диаметри 20 мм жана бийиктиги 25 мм болгон туташ цилиндрлердин үлгүлөрүндөгү аныкталган салмактарда жоготуулар байкалган эмес. 1700°C температурада 10 сааттык ысытуу үлгүлөрдүн көлөмдөрүнүн жогорулашын көрсөткөн эмес. 100–200–50 мм кылып лидиттен атайын кесилген кыштарды туннелдик өндүрүш меште 20 күндүк абдан ысытуу алардын 1600 – 1700°C дагы канааттандырылгыч туруктуулугун көрсөттү. Кум методу менен 120 сааттык ысытууда лидиттин көлөмдүк кеңейүүсүн текшерүү 0,50–0,51%дык турат жыйынтыкты берди [1]. 4157–79 ГОСТу боюнча өндүрүштүк отко чыдамдуу материалдар үчүн мүмкүн болгон кеңейүү 2%дан ашпаш керек.

Лидиттин курамында кварц 70% түзөт, протоколдо графит катары белгиленген кара зат – 30%. Лидиттердин химиялык анализи да ошол



1-сүрөт.  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{82}$ ,  $C_{90}$ ,  $C_{100}$ ,  $C_{110}$  фуллерендеринин рентгенограммалары [2].

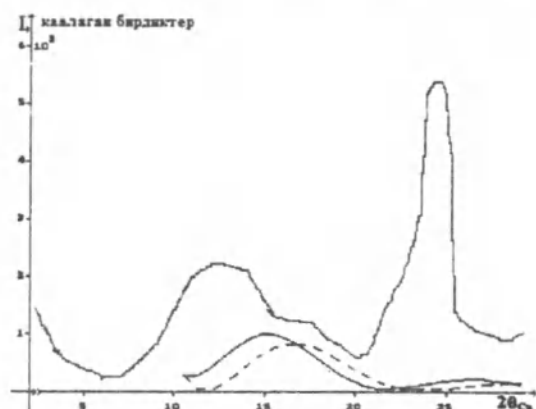
эле пробада көмүртек 1–1,2%ти түзөөрүн далилдейт. Бул көмүртектин негизги бөлүгү кварц тегинин 30%да топтолоорун жана аларда 3–4%ти түзөөрүн билдирет. Көмүртекке жарды калган бөлүгү боз түстө жана анда графиттин өлчөмү төмөн. Аны менен бирге кварциттин көмүртеги таптакыр жок катмарлары да бар. Кварц теги 0,01 ден 0,05 мм-ге чейинки өлчөмдөгү уютундуларды жана коймарларды пайда кылуу менен көмүртекке катмарлар боюнча байытылган. Кварцтын көмүртекке бай катмарлары параллель катмарларга топтолушуп, катмардуулукту пайда кылышат. Ошентип, кварц эки түрдө кездешет: кварц-1 графит загы менен тыгыз байланышта 10 мкм ден кичине дандын өлчөмүндөгү ичке данчалуу халшедон түрүндөгү боз түстүү массаны пайда кылат. Кварц дандары созулган формага ээ болушат жана өздөрүнүн максималдуу өлчөмдөрүнө өз ара параллель жайгашышат. Кварц-2 (экинчилик) текти ар тарапка кескен катализдин жаракаларын аткарат. Ошондой эле обочолонгон түрдө жана туура эмес жана изометрикалык формадагы уя түрүндө да кездешет. Тилкелердин кубаттуулугу 20 дан 100 мкм-ге чейин өзгөрөт. Кварц изометрикалык сөлөкөткө жана толкундуу тиштүү чектерге ээ. Бүртүктөрүнүн өлчөмү 10дон 200 мкм-ге чейин.

Кыргызстандын лидиттери көмүртектүү катмарланган тектерге кирет. Сары-Жаз кенинин лидиттеринде үлгүлөрүндө фуллерендердин барды-

гы болжолдонгон бөлүктөрү рентгенографикалык анализ менен аныкталды. Баш аламан багытталган  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{82}$ ,  $C_{90}$  жана  $C_{110}$  фуллерендеринин системалары үчүн теориялык рентгенограммаларынын анализи, атомдордун санынын 60 дан 82-ге чейин өсүшүндө, рентгенограммаларда бардык диффуздук максимумдар таралуунун кичине бурчтарына жылаарын көрсөтөт.  $C_{90}$ ,  $C_{100}$ ,  $C_{110}$  фуллерендери үчүн биринчи максимум  $C_{82}$  үчүн мүнөздүү болгон абалды сактайт, ал эми кийинки экөө таралуунун чоң бурчтарына жылышат. Мында биринчи максимум жылмаланат. Таралуу сүрөттөрү ар кайсы фуллерендерден көмүртектин атомдоруна таралган толкундардын интерференциясынын жоктугун болжолдоого эсептелген. Башкача айтканда, фуллерендердин мейкиндиктеги өз ара жайгашуусу кокусунан экендиги болжолдонот. Экинчи сүрөттө  $C_{60}$  жана  $C_{82}$  фуллерендери үчүн көмүртектүү фракциянын эсептелгенге салыштырмалуу рентгенограммаларынын фрагменти берилген. Мында эсептик ийтри сызыктагы максимумдар эксперименттик ийтри сызыктагы диффуздук максимумга салыштырмалуу кыйла жылгандыгы көрүнөт.

$C_{60}$  жана  $C_{70}$  фуллерендеринен эн тыгыз жайгашуу тибиндеш (ГУК- $C_{60}$  үчүн, ГПУ- $C_{70}$  үчүн) пайда болгон көмүртек кластерлеринен рентген нурларынын таралуу сүрөттөрүндөгү эсептөөлөр, эксперименттик дифракциялык сүрөт кайра калыбына келбесин да көрсөттү.





2-сүрөт. Сары-Жаз лидитинин көмүртектүү фракциясынын рентгенограммасы (сынык сызык),  $C_{60}$  фуллерендери (майда сызык) жана  $C_{82}$  фуллерендери (жылма туташ сызык) үчүн эсептөөлөр менен салыштырылган.

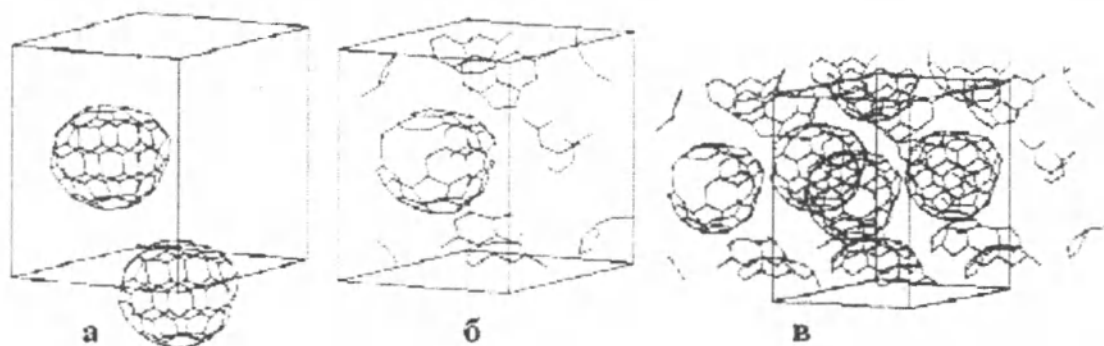


3-сүрөт. Сары-Жаз лидитинин көмүртектүү фракциясынын рентгенограммасы (сынык сызык), кластерлер үчүн эсептөөлөр менен салыштырган: майда сызык – (а), пунктирлүү майда сызык – (б), туташ сызык – (в).

Бирок кластерлерде толук фуллерендер эмес, алардын фрагменттеринин болушу эксперименттик ийри сызыктагы өзүнө туура келген жактагы дифракциялык сүрөттө максимумдун пайда болушуна алып келет. 3 – сүрөттө көмүртек фракциясынын 4 – сүрөттө келтирилген кластерлер үчүн эсептелгенге салыштырмалуу рентгенограммаларынын фрагменти көрсөтүлгөн кластерлер  $C_{70}$  фуллеритинин (ГПУ Mg түрүндөгү) эн жөнөкөй уячасынын негизинде түзүлгөн, фуллериттин параметрлери  $a = b = 10,66 \text{ \AA}$ ;  $c = 17,73 \text{ \AA}$ , фуллерендердин борборлорунун салыштырмалуу координаталары  $(0, 0, 0)$  жана  $(1/3, 2/3, 1/2)$ . Ал 4-а

сүрөттө берилген, 4-б сүрөттө көмүртектин 140 атомун кармаган ошол эле уяча берилген, бирок алардын кристаллографиялык координаталары  $(0,1)$  интервалына келтирилген.

4-а,б сүрөттөрдө көрсөтүлгөн кластерлердин кристаллографиялык окторуна узатасынан трансляциялоодо мейкиндик атомдорго бирдей толот жана мындай кристаллдан рентген нурларынын таралуусунан пайда болгон дифракциялык сүрөттө айырма жок. 4-сүрөттөгү (а) жана (б) түрүндөгү эн жөнөкөй уячаларды трансляциялоодо түзүлгөн аяккы өлчөмдөгү кластерлер үчүн дифракциялык сүрөттөр ар түрдүү.



4-сүрөт.  $C_{70}$  фуллеритинин эн жөнөкөй уячаларынын негизиндеги кластерлер: (а) 1 эн жөнөкөй уяча (140 атом); (б)  $(0,1)$  интервалына келтирилген координаталар мына ушул эле уяча; (в) көмүртектин 560 атомунан турган кластер – а) жана в) окторуна узатасынан 4 эн жөнөкөй уячалар [3].

Туюк конфигурацияларга кирбеген ( $C_{70}$ ) көмүртектин атомдорунун үлүшү жогорулаганда, эксперименттик ийтри сызыкта диффуздук максимумдун ордуна жайгашкан пиктин өсөөрүн, таралуунун теориялык ийтри сызыктар анализи көрсөтөт (3-сүрөт). Бирок аларда  $C_{70}$  фуллерендерине кирген атомдордон таралган толкундардын интерференциясынан шартталган максимуму да бар. Бул эффекттин салымын баалоо үчүн,  $C_{70}$  фуллерендерине кирген атомдорду алыстатуу менен алынган кластерлер үчүн (4-в сүрөттө), таралуу ийтри сызыгынын эсептөөлөрү аткарылган.

3-сүрөттө көрүнгөндөй, майда ийри сызыктагы экинчи максимум төмөндөдү, биринчиси өстү. Мындан төмөнкүнү болжолдоого болот: изилденген көмүрөктүү катмарланган тоо тегинде  $C_{60}$ ,  $C_{70}$  чыныгы фуллерендери жана алардын топтолушу жок, ал эми таралуу ийтри сызыгында диффуздук максимум көмүртектин фуллеренге окшош түзүлүштөрү же катуу деформацияланган графит торчолору менен шартталган.

Сары-Жаз кенинин лидиттеринде фуллеренге окшош түзүлүштөрдүн табылышы, чыныгы

фуллерендердин табылуу мүмкүндүгүнүн объекттеринин чөйрөсүн кеңейтиши менен гана кызык эмес. Практикалык жактан башкасы мындан маанилүү. Фуллеренге окшош түзүлүштөр көмүрөктүү геологиялык формацияларда сейрек болбосо, анда алар асыл, сейрек жана таралган элементтердин кеңири спектринин мурда белгисиз молекулярдык кармагычтары катары кызмат кыла алат жана ушуну менен микроскопиялык астырмаланган минералдык фазаларсыз алардын геохимиялык аномалияларын түзө алат.

#### Адабият

1. Виноградов В.В. и др. Патент №1167 «Применение лидита в качестве огнеупоров». Зарегистрирован в Государственном регистре изобретений КР 30.06.2009.
2. Voytekhovsky Y.L., Stepenshchikov D.G. On the spectrum of fullerenes // Acta Cryst. – 2002. – A58. – P. 295–298.
3. Войтеховский Ю.Л., Степенищikov Д.Г. Фуллерены  $C_{60}$ – $C_{100}$ : каталог комбинаторных типов и точечных групп симметрии. – Апатиты: Изд-во “К&М”, 2003. – 50 с.

УДК 621.762.2:661.8

### Изучение методом потенциометрического титрования условий восстановления наноразмерной меди из растворов гидразина

Г.Т.ОРОЗМАТОВА – науч. сотрудник  
А.С.САТЫВАЛДИЕВ – науч. сотрудник  
Г.Н.ОСМОНКАНОВА – ст. науч. сотрудник

$Cu^{2+} - N_2H_4$  oxidative-reductive system was studied by potentiometric titration method for determination of conditions of copper's stable nanopowders synthesis by method of chemical reduction.

В настоящее время одним из основных направлений в современной науке и технике является получение наноразмерных частиц металлов, в

том числе меди. Нанопорошки меди находят широкое применение для изготовления лент магнитной записи, электропроводящих слоев на поверх-

ности диэлектриков в качестве катализаторов, наполнителей специальных лаков и красок, полимерных материалов, используемых для низкотемпературной пайки деталей приборов, монтажа интегральных схем и гибких печатных плит [1].

Для получения наноразмерной меди используются разнообразные методы. Ранее [2, 3] были разработаны и запатентованы методы получения наноразмерной меди восстановлением из раствора сульфата меди глицерином, но глицерин восстанавливает медь при достаточно высокой температуре.

Реакция восстановления меди из водных растворов солей представляет собой окислительно-восстановительную реакцию, продуктом которой является металлическая медь. Получение порошков наноразмерной меди необходимо проводить в такой среде, которая способствует их стабилизации, т.е. препятствующей коагуляции и росту частиц. В этих условиях восстанавливаемый металл тратится в основном на создание новых зародышей, в результате чего частицы металла характеризуются очень высокой дисперсностью. Такие среды создаются введением стабилизаторов. В качестве стабилизаторов используют органические соединения следующих трех основных групп – природные и синтетические полимеры: желатин, агар-агар, крахмал, поливиниловый спирт (ПВС) и др.; высокомолекулярные органические кислоты и ПАВ; лиганды акцепторного типа: пиридин, 1,1-дипиридил, фенантролин и др. [4].

Большое влияние на дисперсность образующихся при восстановлении металлических частиц оказывают кинетические характеристики, которые обусловлены природой и концентрацией восстановителя, его соотношением с количеством редуцируемых ионов, температурой, pH среды и другими факторами [4].

Для восстановления меди из растворов её солей в качестве восстановителя используют глицерин, гипохлорит натрия, L-аскорбиновую кислоту, D-глюкозу, формальдегид, гидразин и другие [1].

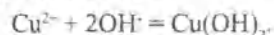
Для получения наноразмерных частиц меди методом химического восстановления в качестве восстановителя выбран гидразин. При использовании в качестве восстановителя гидразина образуется чистый порошок меди, т.к. продуктом окисления гидразина является молекулярный азот. Поэтому нами изучены условия восстановления меди из водных растворов гидразином.

Гидразин относится к сильным восстанавливающим реагентам и в зависимости от pH рас-

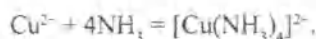
твора стандартный редоксопотенциал гидразина меняется от -0,5 В (при pH=3) до -1,15 В (при pH=14) [4]. Эта зависимость рассчитывается по уравнению [5]:

$$\varphi^0 = -0,31 - 0,06 \cdot \text{pH}.$$

Поэтому восстановление меди проводилось в следующих условиях: в водном растворе  $\text{CuSO}_4$ , щелочном и аммиачном растворах. Растворы готовились следующим образом. Из медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  готовился исходный раствор с определенной концентрацией меди. Из него были получены растворы для проведения восстановления меди в щелочном и аммиачном растворах. Для получения щелочного раствора в раствор  $\text{CuSO}_4$  добавлялся концентрированный раствор гидроксида натрия до pH=11-12. При этом происходит образование плохо растворимого в воде гидроксида меди:



Для восстановления меди из аммиачного раствора в исходный раствор медного купороса добавлялся 10%-й раствор аммиака до получения прозрачного темно-синего раствора, содержащего комплексный аммиачный ион меди:



Потенциометрическое титрование растворов, содержащих ионы меди, гидразином проводилось с помощью иономера ЭВ-74 с использованием в качестве рабочего электрода стандартного платинированного электрода, а в качестве электрода сравнения – хлорсеребряного электрода с насыщенным раствором KCl. Концентрация ионов меди во всех растворах составляла 0,031 г-экв/л, или 0,156 г-экв/л, а концентрация гидразина менялась в широком пределе от 0,031 г-экв/л до 37,5 г-экв/л. Объем титруемого раствора меди при любых концентрациях и pH составлял 50 мл.

На рис. 1 представлены кривые потенциометрического титрования концентрированных растворов меди высококонцентрированным (30%) раствором гидразина. Из графиков видно, что изменение потенциала соответствующей окислительно-восстановительной системы зависит от pH растворов. В нейтральном растворе  $\text{CuSO}_4$  (pH = 6–6,2) медь находится в виде простого иона  $\text{Cu}^{2+}$ , и даже многократный избыток восстановителя практически мало влияет на потенциал системы. В аммиачном растворе (pH = 10,1–10,3), где медь находится в виде комплексного иона

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , небольшое количество гидразина приводит к значительному изменению потенциала системы. Резкое изменение потенциала данной окислительно-восстановительной системы наблюдается в щелочном растворе ( $\text{pH} = 12-12,4$ ), где медь находится в виде труднорастворимого гидроксида  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

В окислительно-восстановительной системе, чем значительнее изменение потенциала, тем выше степень протекания полуреакций [6]. На основе полученных данных о зависимости изменения потенциала системы медь-гидразин можно сделать вывод о том, что в нейтральном растворе при комнатной температуре даже многократный избыток гидразина не способствует восстановлению ионов меди до металлического состояния.

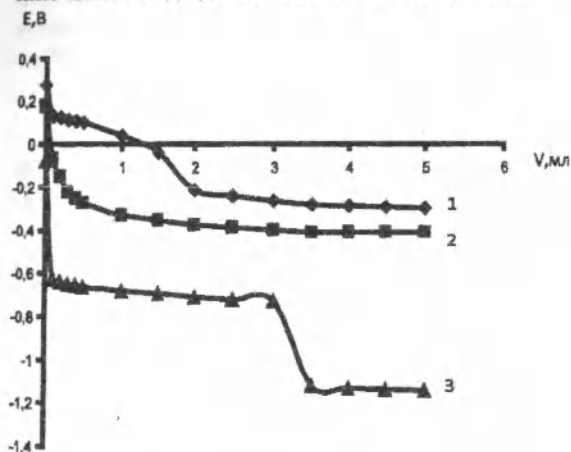


Рис. 1. Кривые потенциометрического титрования нейтрального (1), аммиачного (2) и щелочного (3) растворов, содержащих ионы меди с концентрацией 0,156 г-экв/л, с раствором гидразина с концентрацией 37,5 г-экв/л при температуре 20°C.

Кривые потенциометрического титрования подтверждают восстановительную активность гидразина в щелочной среде.

Уменьшению размера частиц порошков способствуют снижение концентрации реагентов и введение в раствор ПАВ. Поэтому нами изучены изменения, происходящие при потенциометрическом титровании более разбавленных растворов меди разбавленным раствором гидразина (рис. 2, 3 и 4). Необходимо отметить, что медь в нейтральном растворе даже под действием концентрированного раствора гидразина не восстанавливается до металла, поэтому не были изучены кривые потенциометрического титрования меди

в нейтральном растворе разбавленным раствором гидразина.

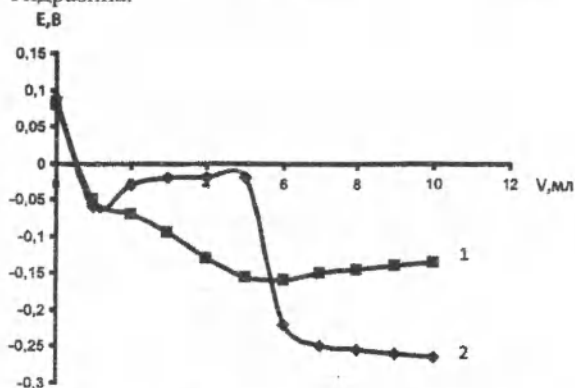


Рис. 2. Кривые потенциометрического титрования аммиачного (1) и щелочного (2) растворов, содержащих ионы меди, с концентрацией 0,031 г-экв/л, с раствором гидразина с концентрацией 0,031 г-экв/л при температуре 20°C.

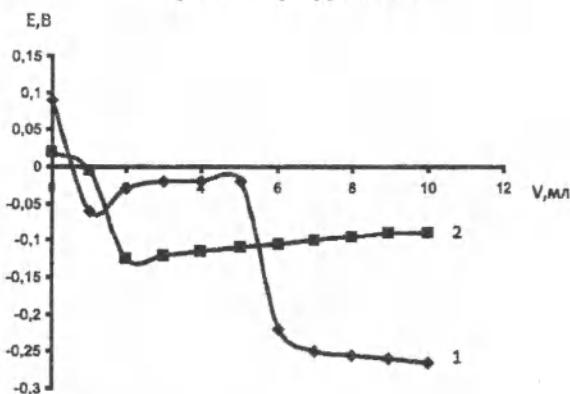


Рис. 3. Кривые потенциометрического титрования щелочного раствора, содержащего ионы меди, с концентрацией 0,031 г-экв/л в отсутствии (1) и присутствии ПВС (2), с раствором гидразина с концентрацией 0,031 г-экв/л при температуре 20°C.

Анализ кривых титрования показывает, что при титровании разбавленного раствора меди ( $\text{Cu}^{2+} = 0,031$  г-экв/л) с разбавленным раствором гидразина ( $\text{C}_{\text{гидр}} = 0,031$  г-экв/л) в аммиачном и щелочном растворах наблюдается значительное изменение потенциала системы (рис. 2). В аммиачном растворе после титрования образуется прозрачный раствор с коричневым оттенком. Исходный раствор до титрования имеет прозрачный интенсивный синий цвет. В ходе титрования раствор обесцвечивается,

что косвенно подтверждает восстановление ионов до металла. Причем частицы восстановленной меди имеют достаточно высокую дисперсность. Поэтому раствор, содержащий восстановленную медь, является прозрачным. В щелочном растворе образуются более крупные частицы меди красно-коричневого цвета, которые коагулируются.

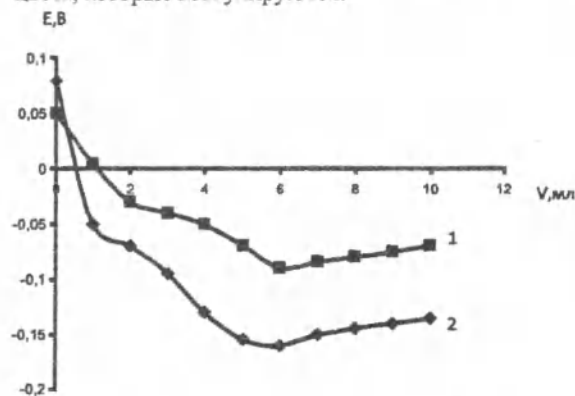


Рис. 4. Кривые потенциометрического титрования аммиачного (3) раствора, содержащего ионы меди, с концентрацией 0,031 г-экв/л в отсутствии (2) и присутствии ПВС (1), с раствором гидразина с концентрацией 0,031 г-экв/л при температуре 20°C.

Для выяснения влияния ПАВ на ход титрования титрование проводилось в присутствии поливинил спирта (ПВС) (рис. 3, 4).

В присутствии ПВС также наблюдается изменение потенциала системы и происходит взаи-

модействие восстановленных высокодисперсных частиц меди с молекулами ПВС. В результате в щелочном и аммиачном растворах образуются темно-коричневые осадки.

Таким образом, методом потенциометрического титрования изучена окислительно-восстановительная система  $\text{Cu}^{2+}$ - $\text{N}_2\text{H}_4$  в широком концентрационном интервале в различных средах. Установлено, что для восстановления ионов меди до металлического состояния можно использовать разбавленный раствор гидразина, а в присутствии ПВС происходит связывания наноразмерных частиц меди с молекулами поливинил спирта.

#### Литература

1. Образцова И.И., Сименюк Г.Ю., Еременко Н.К. Влияние природы восстановителя на свойства ультрадисперсных порошков меди // ЖПХ. — 2006. — Т.79. — Вып. 10. — С. 1626–1629.
2. Патент 2031759 РФ.
3. Патент 2115516 РФ
4. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. — М.: Химия, 2000. — 672 с.
5. Свиридов В.В., Воробьев Т.Н., Гаевская Т.А., Степанова Л.И. Химическое осаждение металлов в водных растворах. — Минск: Университетское, 1987. — 270 с.
6. Шаталов А.Я., Маршаков И.К. Практикум по физической химии. — М.: Высш. школа, 1975. — 288 с.

## ВОСПРОИЗВОДСТВО БИОРЕСУРСОВ

УДК 550.47:546.815 (575.2)

**Биогеохимия свинца и цинка в объектах окружающей среды Ак-Тюзской полиметаллической провинции**

Б. М. ДЖЕНБАЕВ – докт. биол. наук, профессор

\*Б. И. БОРБУЕВ – Кыргызский национальный аграрный университет им. К. И. Скрябина

Б. Т. ЖОЛБОЛДИЕВ – науч. сотрудник

С. А. МАМЫТОВА – науч. сотрудник

Complex biogeochemical study was conducted in land-cover Ak-Tuz polymetallic province with a very complex structure, where covers about 30 occurrences of lead and rare metals. The most contaminated sites for Pb and Zn (up to 200 times from the norm) in the technogenic provinces are areas of tailings and industrial area. On biogeochemical criteria topsoil and vegetation these areas are in distress.

**Введение.** Свинцово-цинково-полиметаллическая специализация характерна для всех структурно-фациальных зон Тянь-Шаня. Наиболее типична она для Северного Тянь-Шаня. Если в остальных зонах развит практически один верхнепалеозойский этап полиметаллического рудогенеза, то в Северном Тянь-Шане проявлено несколько палеозойских этапов полиметаллического минералообразования как герцинского, так и каледонского тектономагматических цинков (1, 5, 8).

Ак-Тюзское рудное поле расположено в юго-западном окончании одного из отрогов Заилийского Алатау, носящего название Таса-Кеминский хребет. Рудное поле имеет протяженность около 7 км, оно приурочено к выступу допалеозойского фундамента, сложенного глубокометаморфизованным комплексом актюзской и куперлисайской пород. В настоящее время здесь установлено наличие силур-нижнедевонского, девонского и

пермского (Ак-Тюз) полиметаллического оруденения (5, 26).

Рудное поле данного региона характеризуется чрезвычайно сложной структурой и охватывает около 30 рудопроявлений свинца и редких металлов. В его пределах широко развиты как пликативные, так и дизъюнктивные нарушения, многократно проявлявшиеся в течение всей истории геологического развития, начиная с докембрия. В пределах месторождения развиты окисленные и сульфидные руды. В промышленных концентрациях установлено наличие Pd, Zn, Sn, Mn, и Cu (2, 5).

Эксплуатация Ак-Тюзского месторождения цветных и редкоземельных металлов начата в 1942 году для нужд оборонной промышленности СССР. В 1952 году обогатительная фабрика была перепрофилирована на добычу ториевого концентрата из руд этого месторождения. К се-



редине 50-х годов в регионе скопилось почти сто тонн радиоактивных веществ. Эти опаснейшие отходы вывозить в хвостохранилище не рискнули, захоронили в десяти километрах восточнее Быстровки (на площадках тогдашнего объекта Алюминстрой). Через двадцать лет на трех актюэских производственных кладбищах скопилось два с половиной миллиона тонн радиоактивного мусора. В конце 80-х годов в четырех хвостохранилищах было уже более пяти миллионов тонн радиоактивных отходов (1, 6).

В настоящее время эколого-экономическое и социальное положение рудникового поселка очень тяжелое. Рудник закрыт, хотя в начале 90-х годов руководство Ак-Тюзского рудопроявления пыталось реанимировать умирающее производство. Из отвалов Талды-Булакского месторождения в 1991 году впервые извлекли золотосодержащий концентрат. После соответствующей переработки (на комбинатах Орловки и Кара-Балты) получено два килограмма актюэского золота. При окончательном распаде Ак-Тюзского рудника средств на содержание и ремонт хвостов не оказалось. Четвертое хвостохранилище переполнено талыми водами, отражающая дамба ослаблена. Катастрофа может в десятки раз превысить по масштабам катастрофу, случившуюся в декабре 1964 г.

В связи с этим нами поставлена цель исследования – определение экспозиционной дозы гамма-излучения (гамма-фон) и концентрации свинца и цинка в объектах окружающей среды в районе Ак-Тюзской полиметаллической провинции.

**Методика исследований.** Проводилось комплексное обследование исследуемых территорий согласно методологии эколого-биогеохимического изучения различных таксонов биосферы, разработанной в Биогеохимической лаборатории Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и Биолого-почвенном институте НАН КР (8, 10, 11, 15, 16, 21).

Отбор проб проводили в соответствии со стандартами, учитывающими структуру почвы, неоднородность почвенного покрова, рельеф местности и местный климат, а также особенности загрязняющих веществ или организмов (Карпов, Савостин, 2003). Оборудование, использованное в ходе исследований, состоит из комплекта, включающего Dosimeter-radiometer DKS-96, Photo-electro-colorimeter (SPECOL) и др., спутникового прибора для определения координат и персонального компьютера с модулем записи данных. Содержание свинца и цинка определено

на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915, разработанном ООО «ЛЮМЭКС» г. Санкт-Петербурга. Распределение и обработка полученных данных производились на персональном компьютере с помощью специального пакета программ (20, 24).

Спутниковый прибор с регулярной частотой автоматически фиксировал долготу и широту местонахождения, а также сохранял эти данные в своей памяти. Все координатные данные, показатели уровней радиационного фона, дата, время измерения в дальнейшем переносились в память компьютера с помощью модуля записи (7, 13, 20).

**Результаты исследований.** Определение гамма-фона осуществляли дозиметром-радиометром ДКС-96 в нескольких участках выше и ниже п. Ак-Тюз, возле обогатительной фабрики и рудников (карьера), а также в районе хвостохранилищ. Согласно радиометрическим измерениям, средняя мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в п. Ак-Тюз составляла 21,3 – 33,0 мкР/час, а вокруг поселка в радиусе 1 км – 28,8 мкР/час. Гамма-фон в районе обогатительной фабрики составляет 73,3 мкР/час, в самом отстойнике – 720–740 (местами до 900) мкР/час, на хвостохранилищах – 26–60 и отдельных участках до 120 мкР/час, а возле рудников (карьера) – 50,0–72,0 мкР/час. Естественный гамма-фон в среднем ущелье Кичи-Кемин составляет до 30 мкР/час.

**Почва.** Почвенный покров провинции характерен для среднегорных территорий Кыргызстана. Почвы Ак-Тюзского горнометаллургического комбината горно-луговые черноземовидные субальпийские. По механическому составу чаще средне- и тяжелосуглинистые. Гумуса в верхних горизонтах содержится от 4–8%. Почвы выщелочены от карбонатов. Реакция почвенной среды (рН) колеблется от нейтральной до слабокислой и составляет 6,5–6,87–7,0. Емкость поглощения высокая и составляет 30–50 мг.экв на 100 г почвы. В гумусовом горизонте эти почвы содержат до 0,35% валового азота и 0,15–0,30% фосфора. Особенно богаты калием, количество которого колеблется в ∞ 2,2–2,6%. Отличаются хорошей оструктуренностью. Сумма агрегатов размером < 10 и > 1 мм колеблется от 40 до 50% (9, 19).

В отстойнике рН приближается к нейтральной среде (рН = 7,10), выше и ниже отстойника уровень одинаков. Eh в регионе отстойника умеренно увеличивается (+210), ниже – уменьшается.

Результаты анализа почвенного покрова верхнего слоя (до 0 – 20 см) приведены в табл. 1, из

Таблица 1

Среднее содержание тяжелых металлов в почвенном покрове  
Ак-Тюзской полиметаллической провинции

№	Места отбора образцов	Pb мг/кг	Zn мг/кг
1	1 км выше с.Ак-Тюз, правый берег реки от дороги 60 м	621,14±17,82	104,83±17,82
2	с.Ак-Тюз (центр, от 1 точки- 600 м)	2057,5±339,4	678,79±30,3
3	В районе фабрики до 1 км	2686,1±287,7	720,62±59
4	В районе весовой	398,2±38,2	128,3±11,3
5	200 м от фабрики (выше)	436,7±45	76,83±5,3
6	В районе отстойника	453,2±37,3	631,16±70
7	500 м от фабрики ниже отстойника	3108,4±415	91,68±33
8	В районе 2 хвостохранилища	370,0±39	652,70±87,1
9	В районе 3 хвостохранилища	331,0±34	818,90±26
10	В районе 4 хвостохранилища, выше от трассы 450–500 м	1937,0±325,4	756,20±57

которой видно, что максимальные концентрации свинца обнаружены в районе 500 м ниже отстойника (3108,4±415 мг/кг), далее в районе фабрики до 1 км (2686,1±287,7 мг/кг) и на 4-м хвостохранилище (1937,0±325,4 мг/кг), что составляет повышение до 10 раз по сравнению с другими участками, а по отношению к ПДК до 200 раз.

Концентрации цинка повышены до 10 раз по сравнению с другими участками, а по сравнению с ПДК до 15 раз. Например, в районе фабрики до 1 км (720,62±59 мг/кг), районе 3-го хвостохранилища (818,90±26 мг/кг), 4-го хвостохранилища (756,20±57 мг/кг) и 2-го хвостохранилища (652,70±87,1 мг/кг).

**Растительный покров.** По данным многих исследователей растительного покрова Евразии: Р.А.Еленевский (9); Н.И.Рубцов (25); И.В.Выходцев (4); Р.Н.Ионов, Л.П.Лебедева (12) и др., к характерному типу растительности субальпийского пояса относят и субальпийские луга. В настоящее время за сообществами субальпийских лугов закреплен термин «криофитные среднетравные (субальпийские) луга», предложенный известными учеными Г.М.Ладыгиной (17), Г.М.Ладыгиной и Н.П.Литвиновой (18) и нашедший отражение на картах: «Растительность Казахстана и Средней Азии» (14); «Растительность Киргизской ССР» (22).

Криофитные среднетравные (субальпийские) луга – высокогорные сообщества микротермных мезо- и ксеромезофитных травянистых поликарпиков. Они четко очерчены в природе физиономически, экологически и ценотически, встречаются от верхней границы пояса темнохвойных лесов до нижней – криофитных низкотравных (альпийских) лугов. Характерные элементы криофитных среднетравных лугов: наличие «подушек» – стелюше-

гося можжевельника (арчи): *Juniperus semiglobosa*, *J.sibirica*, *J. turkestanica*; караганы *Caragana jubata* и сабельника Залесова *Comarum salesovianum*. Ценообразователи – многолетние мезо- и ксеромезофитные растения: зопник горолюбивый *Phlomis oreophila*, бузульник высокогорный *Ligularia alpigena*, купальница алтайская *Trollius altaicus*, лук черно-красный *Allium antrosanquineum*, ирис русский *Iris ruthenica*, полынь эстрагон *Artemisia dracunculoides*, еремурус алтайский *Eremurus altaicus*, виды родов: манжетка *Alchemilla*, герань *Geranium*. Травостой среднетравный, густой, сомкнутый, проективное покрытие высокое. Среди растений преобладают лесо-луговые виды, мезофитные растения с нежными листьями. Травостой отличается красочностью аспектов (12).

Растительный покров данной провинции составляет формация манжетки отклоненно-волосистой *Alchemilla retropilosa*. Манжетка отклоненно-волосистая – доминант два яруса (3), многолетнее травянистое, коротко-корневищно-розеточное растение, мезофит. Возобновляется и размножается короткими горизонтально направленными корневищами. Значительное распространение манжетки на криофитных среднетравных и низкотравных лугах обусловлено чрезмерным бессистемным выпасом. Растение слабо поедается скотом, обладает высокой жизненностью и конкурентоспособностью. Мощные корневища манжетки хорошо выносят высокую пастбищную нагрузку и образуют все новые и новые подземные побеги, вытесняя другие растения (23). Сообщества манжетки отклоненно-волосистой приурочены преимущественно к мелкоземистым склонам северных экспозиций. Для формации манжетки отклоненно-волосистой



Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в средней пробе (укос) растений (мг/кг сухого вещества)

№	Места отбора образцов	Pb мг/кг	Zn мг/кг
1	1 км выше от с.Ак-Тюз, правый берег реки от дороги 60 м	12,8±1,7	21±3,2
2	с.Ак-Тюз (центр, от 1 точки- 600 м)	287,8±21,9	272±9,6
3	В районе фабрики до 1 км	110,8±1,3	212±13,4
4	В районе весовой	10,9±1,5	118±28,3
5	200 м от фабрики	132,2±14,47	831,2±109,2
6	В районе отстойника	88,9±6,2	141,02±7,05
7	500 м от фабрики ниже отстойника	85,42±6,15	259,4±22,04
8	В районе 2-го хвостохранилища	94,5±6,8	135±16,2
9	В районе 3-го хвостохранилища	16,44±1,4	128,2±19,2
10	В районе 4-го хвостохранилища, выше от трассы 450–500 м	495,1±24,7	456±16,9

характерно довольно высокое флористическое разнообразие, более 170 видов высших растений, хотя отдельные сообщества имеют невысокую видовую насыщенность (18, 22).

Известные формации среднетравных криофитных лугов Кыргызстана можно расположить по степени нарушенности (от менее нарушенных к более нарушенным): гераниевые, луковые, купальнищевые, флемисовые, манжетковые, эремуровые, эстрагоновые.

Растительный покров провинции обследован также по участкам. Исследовались ассоциации криофитных среднетравных лугов: манжетковая и злаково-разнотравная – *Alchemilla retropilosa*, *Geranium saxatile*, *Poa pratensis* и др. Нами проводились анализы на содержание тяжелых металлов наземной части растений в средней пробе растений (укос) и по отдельным видам. Сбор растений проводили на тех же участках, где отбирали почвы для анализа. Отбирались наиболее распространенные и обычные виды. В табл. 2 показаны результаты анализа в средней пробе.

По результатам анализа видно, что свинец по биогеохимическим оценкам во всех участках в экологически бедственном положении. По литературным данным, относительно удовлетворительное состояние свинца в укусах растений не должно превышать 1,1–1,5 мг/кг сухого вещества (10). У нас во всех точках превышает, особенно в районе 4-го хвостохранилища – 495,1±24,7 мг/кг; в центральной части с. Ак-Тюз – 287,8±21,9 мг/кг; 200 м от фабрики по переработке руды – 132,2±14,47 мг/кг сухого вещества в среднем от 10 до 300 раз (табл. 2).

Уровень цинка на верхнем участке выше фабрики по переработке руды на уровне ПДК (20–60 мг/кг), а на других участках концентрации повы-

шены. Например, в районе фабрики по переработке руды – 831,2±109,2 мг/кг; районе 4-го хвостохранилища – 456±16,9 мг/кг; 500 м от фабрики и ниже отстойника – 259,4±22,04 мг/кг сухого вещества. В целом концентрации цинка повышены по сравнению с относительно удовлетворительным состоянием окружающей среды от 2 до 10 раз.

В табл. 3 показаны результаты анализа по отдельным видам растений в данной провинции, где в основном встречаются полынь эстрагон (*Artemisia dracuncululus*) и пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*). Из табл.3 видно, что уровень концентрации свинца в пижме обыкновенной (*Tanacetum vulgare*) на участках 6 и 10 в среднем в 2 раза больше по сравнению с другими участками, но в отношении ПДК повышен от 40 до 80 раз, а в полыне эстрагон (*Artemisia dracuncululus*) установлены максимальные концентрации на 2-м и 3-м участках, где концентрации повышены по сравнению с другими участками до 50 раз, а по отношению ПДК до 220 раз, на других участках концентрации свинца относительно низкие и составляют до 10–20 раз.

Уровень цинка наземной части пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*) на участках 1, 2 немного выше по сравнению с другими участками (6 и 10) и составлял – 221±19,2 мг/кг и 234±24,5 мг/кг сухого вещества, а по отношению ПДК он составлял повышение от 2–4 раз. В организме другого вида растения – полынь эстрагон (*Artemisia dracuncululus*) – концентрации цинка аккумулируются по-разному. Например, на участках 2, 3, 7, 8, 9 уровень цинка аккумулировался максимально и по отношению к ПДК составлял повышение до 13 раз (табл.3).

**Выводы.** Проведенные нами исследования дают общее представление об эколого-геохимическом состоянии рудникового поселка

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в растениях (мг/кг сухого вещества)

№	Виды растений	Pb мг/кг	Zn мг/кг
1	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare</i> )	65,6±1,3	221±19,2
2	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	552,42±38,7	501,6±79,7
	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare</i> )	66,1±3,2	234±24,5
3	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	324±56,2	456±34,3
4	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	14,32±0,3	83,8±10,9
5	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	25,7±2,3	120,84±14,2
6	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	18,1±1,4	134,5±20,8
	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare</i> )	132,8±12,6	178±9,6
7	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	163,84±14,7	387,4±54,8
8	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	29,12±4,2	788,82±39,4
9	Полынь эстрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	10,7±1,4	432±13,7
10	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare</i> )	121±7,9	194±11,7

Ак-Тюз и прилегающих территорий. Наиболее загрязненными участками по свинцу и цинку в данной техногенной провинции являются районы хвостохранилищ, отстойника и комбината (до 2 км). По биогеохимическим критериям почвенный покров и растительность в данной провинции в районе техногенных участков по свинцу находятся в бедственном положении, а аккумуляции цинка сравнительно ниже по отношению к свинцу и находятся в кризисном положении. По более ранним нашим данным (6), содержание стронция и фтора немного повышено по сравнению с контролем (особенно в растительном покрове). По-видимому, в отстойнике и хвостах Pb, Zn, Se, F, Ca, Sr задерживаются слабо, и они распространяются далее по объектам окружающей среды. Поэтому нужно продолжить дальнейшие комплексные исследования и оценить биогеохимический цикл в биосферу этих химических элементов, а также возможные реакции организмов.

#### Литература

1. Айтматов И.Т., Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана // Наука и новые технологии. – 1997. – № 3. – С. 129–137.
2. Бакиров А. Минеральные богатства Кыргызстана // Наука и новые технологии. – 1997. – № 4. – С. 52–60.
3. Быков Б.А. Доминанты растительного покрова Советского Союза. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1965. – Т.3. – 462 с.
4. Выходцев И.В. Вертикальная поясность растительности Киргизии. (Тянь-Шань и Алай). – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 83 с.
5. Геология СССР. Т.25. Киргизская ССР. Полезные ископаемые. – М.: Недра, 1985. – 251 с.
6. Дженбаев Б.М. Эколого-геохимическое состояние поселка Ак-Тюз // Экологический вестник Кыргызстана. – Бишкек, 1998. – № 3. – С. 12–14.
7. Дженбаев Б.М. Геохимическая экология наземно-водных организмов. – Бишкек, 1999. – С. 178.
8. Дженбаев Б.М. Геохимическая экология наземных организмов. – Бишкек, 2009. – 242 с.
9. Еленевский Р.А. Горные луга Евразии как ландшафтное географическое явление // Земледелие Сб. Моск. общ. испыт. природы, 1940.
10. Ермаков В.В. Биогеохимические провинции: концепция, классификация и экологическая оценка // Основные направления геохимии. – М.: Наука, 1995. – С. 183–196.
11. Ермаков В.В. Геохимическая экология как следствие системного изучения биосферы // Тр. биогеохим. лаб. – М.: Наука, 1998. – Т. 23. – С. 152–183.
12. Ионов Р.Н. Лебедева Л.П. Криофитные среднетравные (субальпийские) луга Кыргызстана // Тр. заповедников Кыргызстана. – Бишкек, 2005. – С. 27–38.
13. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. – М.: Бином, лаб. знаний, 2003. – С. 68–79.
14. Карта. Растительность Казахстана и Средней Азии. (В пределах пустынной области). Пояснительный текст и легенда к карте – М., 2500000. – СПб., 1995. – 130 с.
15. Ковальский В.В. Геохимическая экология: Очерк. – М.: Наука, 1974. – 300 с.

16. Ковальский В.В., Петрунина Н.С. Геохимическая экология и эволюционная изменчивость растений // Проблемы геохимии. – М.: Наука, 1965. – С. 565–577.
17. Ладыгина Г.М. Типы высокогорной растительности Средней Азии // Растительный покров высокогорий. – Л., 1986. – С.137–141.
18. Ладыгина Г.М., Литвинова Н.П. Обзорное картографирование растительности гор Средней Азии // Геоботаническое картографирование. – Л.: Наука, 1990. – С. 3–38.
19. Мамытов А.М. Почвенные ресурсы и вопросы земельного кадастра Кыргызской Республики. – Бишкек., 1996. – 240 с.
20. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Под ред. Зырина Н.Г. – М.: Гидрометиздат, 1981. – 108 с.
21. Мурсалиев А.М., Токобаев М.М., Ниязова Г.А. Биогеохимические исследования горных лугов в бассейне реки Тюп. – Бишкек: Илим, 1992. – 120 с.
22. Попова Л.И., Молдоярлов А., Черемных М.А. Растительность Киргизской ССР (карта). – М. 1:500000. – М.: ГУГК, 1992.
23. Рубцов Н. И. О субальпийском и альпийском поясах Тянь-Шаня // Вестник АН КазССР. – 1947. – № 7 (28).
24. Руководство по эксплуатации. Спектрометр Атомно-абсорбционный «МГА-915». – 2004. – 52 с.
25. Рубцов Н.И. Луга Северного Тянь-Шаня // Тр. Ин-та бот. КазССР. – № 1. – 1955.
26. Хабиров В.В., Воробьев А.Е. Теоретические основы развития горнодобывающих и перерабатывающих производств Кыргызстана. – М.: Недра, 1993. – 312 с.

УДК 581.526:581.55:502.75 (5752) (04)

## Эколого-биологические особенности растений бассейна р. Гавиан северного макросклона Алайского хребта

Р.Н. ИОНОВ – докт. биол. наук,  
Л.П. ЛЕБЕДЕВА – докт. биол. наук,  
А.К. УСУПБАЕВ – канд. биол. наук.

Published works about botanical research of Alai mountain ridge vegetation in the history of Kyrgyzstan are too few. It's the first time we have evaluated modern vegetation conditions (flora and vegetation) on the northern slope of Alai mountain ridge. There are 742 species 322 genus and 73 families in the Gavian basin. Making a close study of taxonomic, coenotic value; we have given detailed description synecology in the vertical section of vegetation in the Gavian basin: savannoids, juniperus forest, cryophyte subalpine and alpine meadows.

На основе большого оригинального материала представлены эколого-биологические особенности растений в разрезе четырех вертикальных

поясов северного макросклона Алайского хребта. Показано богатство цветковых растений – 742 вида из 322 родов из 73 семейств. Выявлено два

краснокнижных вида. Дан состав экобиоморф видов флоры по длительности жизни, расположению почек возобновления относительно поверхности почвы, по отношению к влаге в разрезе высотных поясов. Дан состав хозяйственно полезных видов флоры. Намечены пути восстановления и охраны природного растительного покрова бассейна реки Гавиан.

Исследования проведены в Кадамджайском районе Баткенской области Кыргызской Республики. Урочище Гавиан находится на северном макросклоне Алайского хребта, в пределах абсолютных высот 1700 – 4500 м. Его координаты: 39°45' – 40°00' северной широты; 71°15' – 71°25' восточной долготы. Растительный покров (флора и растительность) бассейна р. Гавиан относится к алайскому типу вертикальной поясности [1]. Согласно материалам академика И.В. Выходцева [1], по вертикальному профилю гор северного макросклона Алайского хребта для разных абсолютных высот характерны: полынно эфемеровые пустыни (700–1500 м), волососоно-пырейные саванноиды (1500–2000 м), заросли кустарников (2000–2500 м), можжевельниковые (арчевые) леса (2500–3200 м), криофитные среднетравные (субальпийские) гераниевые луга (3200–3800 м) и криофитные низкотравные (альпийские) луга (3800–4000 м) (фото 1).



Фото 1. Можжевельниковые леса в урочище Гавиан.

Эколого-биологическая характеристика флоры растительности бассейна р. Гавиан описаннами четырёх поясов – саванноидов, арчевых лесов, субальпийских и альпийских лугов – приведена ниже.

При определении флористического состава и выделении экологических элементов растительных сообществ использованы литературные источники: [2–11]. Номенклатура таксонов дана по Своду С.К. Черепанова [7].

Полевые исследования, сбор и определение гербария проведены А.К. Усупбаевым в 2005–2008 гг., которым при геоботаническом обследовании бассейна р. Гавиан выявлены новые места произрастания краснокнижного вида *Alatavia kolpakowskianum*. В бассейне р. Гавиан *Alatavia kolpakowskianum* в отличие от распространенного на северном макросклоне Кыргызского хребта имеется ярко выраженный белый фон околоцветника с синими жилками, округлым пятном, не касающегося края, и такого же цвета каемки, достигающей основания лепестка (фото 2).



Фото 2. *Alatavia kolpakowskianum*.

Флора бассейна р. Гавиан богата и оригинальна. Здесь произрастают свыше 742 видов цветковых растений, относящихся к 322 родам и 73 семействам, из их числа два вида занесены в Красную книгу КР [8] *Incarvillea olgae*, *Alatavia kolpakowskianum*.

Наиболее значимые семейства флоры бассейна р. Гавиан по числу видов: *Asteraceae* (97), *Poaceae* (77), *Fabaceae* (68), *Caryophyllaceae* (41), *Apiaceae* (37), *Lamiaceae* (35), *Rosaceae* (35), *Boraginaceae* (34), *Brassicaceae* (33), *Ranunculaceae* (33), *Polygonaceae* (31), *Scrophulariaceae* (29), *Cyperaceae* (22), *Papaveraceae* (14), *Rubiaceae* (15). Часть семейств представлена менее чем по десятью видами, в составе 22 семейств – по одному виду.

Основные систематические группы во флоре бассейна р. Гавиан соответствуют горным территориям умеренных широт Голарктики (рис. 1).

Крупные систематические группы растительного мира во флоре земного шара составляют: голосеменные – 0,34%, однодольные – 18%, двудольные – 81,6% [10]. Для флоры бассейна р. Гавиан характерны следующие систематические группы, представленные на рис. 1.

Видовой состав древесных растений незначителен, составляет 1% флоры бассейна р. Гавиан, однако можжевеловые (арчевые) леса широко распространены в среднегорье и низкогорье северного макросклона Алайского хребта. Многолетние травянистые растения в составе флоры бассейна р. Гавиан более многочисленны – 69%, одно- двулетние составляют 19,6% (рис. 2).

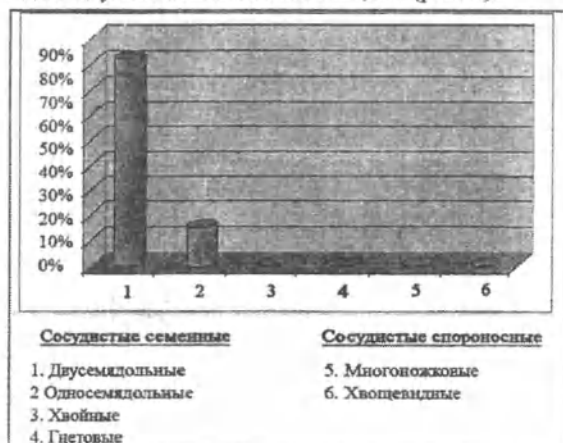


Рис. 1. Систематические группы флоры бассейна р. Гавиан.



Рис. 2. Классификация жизненных форм растений бассейна р. Гавиан.

По способу перезимовывания (биотип по Раункиеру) в бассейне р. Гавиан существенно преобладают гемикриптофиты – 66,4%, что подчеркивает голарктические черты состава ее флоры. Содержание фанерофитов – 7% обусловлено влиянием широкого распространения арчевых лесов и зарослей кустарников. Присутствие хамефитов – 4,8%, терофитов – 13% и криптофитов – 8,8%

свидетельствует о ксеротермических условиях формирования флоры бассейна р. Гавиан. Вероятно, это повлияло на низкий показатель участия гидрофитов (рис. 3).

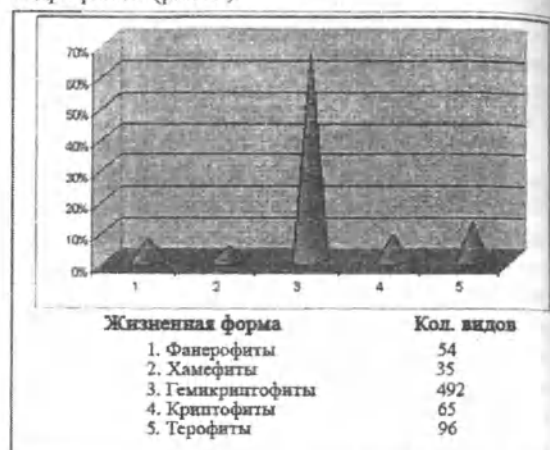


Рис. 3. Биологический спектр флоры бассейна р. Гавиан.

По отношению к влаге классификация видов флоры основана на периодичности развития ассимилирующих листьев. Во флоре бассейна р. Гавиан встречаются виды растений: ксерофиты, мезоксерофиты, мезофиты и гидрофиты. Распределение видов флоры по экологическим группам относительно влаги показано на рис. 4. Наиболее многочисленны мезоксерофиты, приуроченные к местообитаниям с периодически недостаточным увлажнением, – 64,2%. Это растения преимущественно степных и лугостепных сообществ.

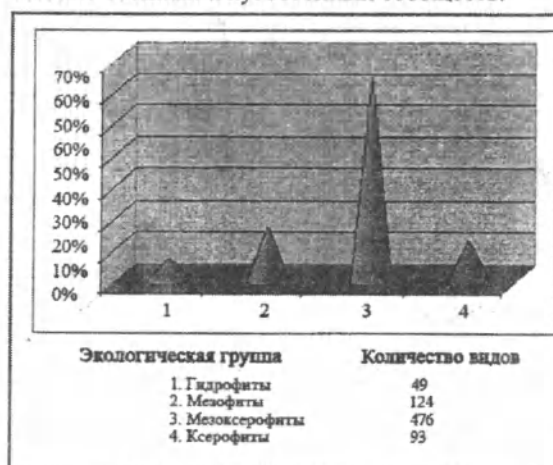


Рис. 4. Экологические группы видов растений бассейна р. Гавиан по отношению к влаге.



Мезофиты приурочены к местообитаниям с достаточным увлажнением. Эти характерные виды криофитных низкотравных (альпийских) и среднетравных (субальпийских) лугов, высоко-травных сообществ пойменных лугов и лесных полян составляют 16,8%. Содержание ксерофитов растений пустынь и сухих степей – 12,4%, гидрофитов – 6,6%.

Количество видов флоры в разрезе высотных вертикальных поясов гор бассейна р. Гавиан обусловлено естественно исторически сложившимися почвенно-климатическими условиями. В районе исследований нами выделено три вертикальных пояса (рис. 5).



Рис. 5. Размещение видов растений бассейна р. Гавиан по высотным поясам.

В поясе саванноидов произрастает 43,7% видов флоры бассейна р. Гавиан: степные, караганниковые, болотно-сазовые растения. Здесь встречается много растений антропофитов – сорных и заносных видов: *Thlaspi arvense*, *Atriplex moneta*, *Sisymbrium loeselii*, *Lappula microcarpa* и др.

В растительном покрове лесолугового пояса 72,2% – флора бассейна р. Гавиан. Наиболее характерные виды: *Ligularia alpigena*, *Gentiana olivieri*, *Polygala hybrida*, *Pulsatilla campanella*, *Polygonum viviparum* и др. Это компоненты травостоев: высокотравных лугов, богаторазнотравных степей, кустарниковых зарослей и можжевельников (арчевых) лесов. Некоторые из вышеперечисленных растений поднимаются в субальпийский и альпийский пояса.

Численность видов флоры в альпийском и субальпийском поясах – 33,5%. Обычно виды, произрастающие в поясе высокогорий, спускаются в пределы лесного или даже степного пояса по

поймам горных рек. Это некоторые виды родов: бузильник, кортуза, осока и др. Произрастание этих видов на нижней границе лесолугового пояса, несомненно, является вторичным. Заносные виды встречаются почти во всех вертикальных поясах. Это преимущественно одно- и двулетние растения, нередко сорные.

Хозяйственно полезные виды флоры бассейна р. Гавиан представлены кормовыми, лекарственными, декоративными, пищевыми, медоносными, эфиромасличными, дубильными растениями.

Основные кормовые виды: *Kochia prostrata*, *Carex turkestanica*, *Calamagrostis epigeios*, *Bromus lanceolatus*, *Poa bulbosa*, *Festuca valesiaca*. В их составе 45 видов, 20 из них – ценозообразователи.

Лекарственных растений – 27 видов: *Ephedra intermedia*, *E. equisetina*, *Patrinia intermedia*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus seravschanicus*, *Plantago major*, *Origanum vulgare*, *Capsella bursa pastoris*.

Медоносов – 18 видов растений: *Gentiana olivieri*, *Trifolium pratense*, *Vicia subvillosa*, *Epilobium hirsutum*.

Пищевых – 12 видов растений: *Ribes meyeri*, *Urtica dioica*, *Cerasus tianschanica*, *Berberis sphaerocarpa*. Местное население использует их в пищевых целях.

Эфиромасличных видов растений – 8: *Perovskia scrophulariifolia*, *Salvia sclarea*, *Ziziphora clinopodioides*, *Origanum vulgare*, *Dracocephalum diversifolium*.

Красильные виды растений: *Helianthemum songaricum*, плоды и корни *Berberis sphaerocarpa*, семена *Peganum harmala*.

Дубильные растения: *Rumex crispus*, *Geranium collinum*, *Aconogonon hissaricum*.

Декоративные растения многочисленны – 40 видов: *Allium oreophilum*, *Incarvillea olgae*, *Clementsia semenovii*, *Rhodiola coccinea*, *Ixiolirion tataricum*, *Tulipa ferganica*, *Centaurea depressa*, *Lloydia serotina*, *Glaucium elegans*, *Corydalis ledebouriana*, *Atragene sibirica*, *Paraquilegia anemoneoides*, *Galium pamiro-alaicum*, *Parnassia laxmannii*, *Viola acutifolia*, *Aquilegia lactiflora*, *Primula algida*, *Cortusa brotheri*, *Cerasus tianschanica*, *Spiraea hypericifolia*.

Выявлено 12 ядовитых видов растений, в их числе: *Equisetum ramosissimum*, *Hyoscyamus niger* и др.

Растительный покров (флора и растительность) бассейна р. Гавиан богат и уникален. Нами выявлено здесь свыше 742 видов цветковых рас-

тений, из них два вида – *Incarvillea olgae*, *Alatavia kolpakowskianum* занесены в Красную книгу КР. В бассейне р. Гавиан широко представлены: волосоносно-пырейные саванноиды, можжевельниковые (арчовые) леса, криофитные среднетравные (субальпийские) гераниевые луга, являющиеся характерными типами растительности Южного Тянь-Шаня.

Для восстановления поддержания биологического разнообразия и охраны растительного покрова Кыргызстана необходимо охранять не отдельные виды растений, которым грозит исчезновение, а в целом экосистемы. Сохранение биоразнообразия необходимо для продолжения жизни на Земле на благо грядущих поколений, процветание человечества.

Считаем, что в бассейне р. Гавиан необходимо организовать заповедник. Только ООПТ являются хранителями многообразия уникальных гено – и ценофонда. Обязанность ООПТ республики – обеспечить сохранение самобытного регионального фитоценоотического и экологического разнообразия горных и высокогорных экосистем в целом, флоры во всем ее своеобразии, а также редких и исчезающих видов растений и находящихся на грани исчезновения разных по типологии фитоценозов.

#### Литература

1. Выходцев И.В. Вертикальная поясность растительности в Киргизии (Тянь-Шань и Алай). – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1956. – 82 с.
2. Флора СССР: Т.1 – 30. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934–1964. – Т.1 – XXX.
3. Флора Киргизской ССР: Определитель растений Киргизской ССР. – Фрунзе: Изд-во АН Кирг. ССР, 1950–1965. – Т.1 – XI.
4. Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры. – Ташкент: ФАН, 1968. – 1993. – Т.1 – X.
5. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. – 1964. – Т.3. – С. 146–205.
6. Шенников А.П. Экология растений. – М.: Сов. наука, 1950. – 375 с.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывш. СССР). – СПб.: Мир и семья, 1995. – 990 с.
8. Красная книга Кыргызской Республики. / Гос. агентство по охране окруж. среды и лесному хоз-ву при правит. Кырг. Респ.; Биол.-почв. ин-т НАН Кырг. Респ.; Экол. движение «Алейне». – 2-е изд. – Бишкек, 2007. – 527 с.
9. Гроссгейм А.А. Анализ флоры Кавказа // Тр. Бот. ин-та АН Азерб. ССР. – Баку, 1936. – 212 с.
10. Камелин Р.И. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. – Л.: Наука, 1973. – 356 с.
11. Raunkiaer C. The life forms of plants and Statistical Plant Geography. – Oxford: University Press, 1934. – 632 p.

УДК 639.112.9

## Норы – один из основных типов жилищ ондатры *Ondatra zibethicus* L.

А.В.ХАРАДОВ – докт. биол. наук

Wide variability of holes constructed and used by a muskrat depending on concrete conditions of dwelling is considered in the article.

Стремительное увеличение населения на земном шаре влечет за собой неперенное освоение новых целинных земель и водных ресурсов. Данный антропогенный пресс теснит диких животных, не оставляя им исконных мест обитания. Умение видов адаптироваться к новым условиям существования, которые не всегда отвечают требованиям, необходимым для питания, выведения потомства, создания убежищ для оптимальной жизнедеятельности, является важным условием выживания.

**Материал и методика.** Изучение нор ондатры проводили с 2007 по 2010 год в Чуйской долине Кыргызстана. При работе использованы резиновая 2-местная лодка SeaHawk II, полевой бинокль БПЦ-4 (8х30) и цифровой фотоаппарат Olympus EF-310. При снятии размеров применялись рулетка – 20 м, деревянный метр, канцелярская линейка – 30 см и саперная лопатка. Всего в различных водоемах (озера, пруды, дренажные арыки и др.) исследовано 5 нор на крутых и 7 – на пологих берегах.

**Результаты и обсуждения.** Зверей, использующих норы, ученые подразделяют на норников и подземников. Норники – когда животные покидают норы для питания, спаривания, миграции и т.д. Подземники – никогда не покидают норы, питание, спаривание, миграции все это происходит в норах [25]. Согласно данной классификации, ондатру следует относить к норникам. Длительность сохранения временных нор обратно про-

порциональна количеству тепла в грунте [21]. Запасные норы несут защитно-кормовую функцию, и в них ондатра скрывается при внезапной опасности, если находится вдали от основной норы. В них грызуны могут поедать водные растения на кормовом столике [14]. Другие ученые [16] классифицируют жилища ондатры на простые и сложные типы, последние подразделяются на индивидуальные и семейные.

В верхней части дельты реки Или, где преобладают протоки, до 40% зверьков живет в норах [12]. Даже в низких заболоченных берегах Якутии норы являются основным типом защитных и гнездовых сооружений [6]. На Урале главным типом убежищ ондатры на реках и в пойменных водоемах являются норы – до 90% всех жилищ. Распределение нор линейное [5]. В Воронежской области до 95% ондатр обитает только в норах [1].

На исследуемых нами водоемах в Чуйской долине в норах обитает 97% грызунов. Необходимо отметить, что зверьки в зависимости от сезона года могут использовать или хатки, или норы. Такой смешанный тип жилища мы наблюдали в системе прудов стеклозавода. Летом ондатры жили на прудах в норах и хатках. С наступлением зимнего периода пруды замерзли и обитание в них становилось затрудненным. Поэтому ондатра из всех четырех прудов, связанных между собой арычной сетью, перекочевала в незамерзающий Малый Чуйский канал (МЧК), где предпочитала зимовать исключительно в норах, поскольку



строительство хаток на водоеме с крутыми берегами и имеющем течение воды 1–2 м/сек. практически невозможно. Там, где содержание песка особенно высоко или где уклон берега менее  $10^\circ$ , ондатра нор не роет [21]. Также установлено, что отрицательным фактором для рытья нор является и крупнозернистая структура почвы берегов [20].

На низких берегах нора наполовину затоплена водой и зверек буквально доплывает до гнезда [2]. Там, где берега слабо выражены, ондатра норится в сплавинах – «лабазах» и «купаках». Одна и та же нора служит зверьку в течение пяти–шести лет [11]. Нами в Чуйской долине на пруду Реабилитационного центра (РЦ), имеющего пологие задернованные берега, были сняты промеры нор ( $n=7$ ), длина их составила 14,5 (10–19) м, а диаметр – 13 (12–14) см. На высоких берегах длина норы в глубь берега составляет 1,5–2 м [18,15,9], а вход в нору идет из-под воды круто вверх. На крутых берегах длина норы может достигать 3 м [8]. Вход в нору с высоким берегом может иметь в диаметре 50 см и более [7]. Это можно объяснить тем, что на крутых склонах волнобой быстрее разрушает отверстие норы, чем в пологих. Изучение нор на крутых берегах прудов стекловато-Чуйской долины показало, что их длина составляет 3 (2–4) м, диаметр нор 14,5 (12–17) см. Норы, вырытые в пологих берегах, наиболее часто подвержены разрушениям со стороны крупных животных.

Траншея, ведущая в нору, имеет глубину 50–60 см и в длину достигает 10–15 м [11]. Промеры траншей к входам в норы с низкими берегами ( $n=7$ ) показали, что их длина составляет 11 (7–15) м, ширина 19 (16–22) см при глубине 45 (30–60) см.

Расстояние от прихожей до гнездовой камеры может составлять 40–80 см [11]. Гнездо грызуна устраивают в 10 и более метрах от уреза воды в пологих берегах в 2–3 м на крутых берегах [8]. Гнездовая камера расположена на 20–30 см выше уровня воды [14,9] на 50–60 см [18,15]; на 60–80 см [11]. Земляной потолок под гнездовой камерой может составлять 8–10 см [14]; 10–20 см [18,15,9]. В центре гнездовой камеры подстилка возвышается в виде островка. В гнезде всегда сухо, оно выстлано мягкой сухой подстилкой из тростника, камыша, осоки или злаков [14]. Подстилка также может состоять из измельченных листьев растений [12]. Диаметр гнездовой камеры может составлять 25–35 при высоте 20–30 см [7]. На несколько иные размеры указывают А.А.Слудский [11] от 20х20 до 30х50 см и А.И. Янушевич с соавторами [18] – 40–60 см.

Высота систем нор от поверхности воды в Китае в среднем составила  $43,4 \pm 19,23$  см. Расстояние от поверхности земли до гнездовых камер равно  $21,1 \pm 12,01$  см, до верхних ходов простых нор  $21,17 \pm 10,71$  см, а индивидуальных и семейных нор в среднем соответственно  $15 \pm 4,63$  и  $11,38 \pm 6,23$  см [16]. На крутых берегах норы ондатры имеют по несколько выходов, располагающихся на разных уровнях, что позволяет при сезонных колебаниях уровня воды иметь частые выходы, открывающиеся в воду [13]. В таких многоэтажных норах зверьками используются только выходы, открывающиеся под водой, обнажившиеся от воды ходы грызуны забивают изнутри землей [7]. Выходы в многоярусных норах располагаются на 1–2 м одна ниже другой [18].

В Бурятии проведены опыты по устройству искусственных гнезд для ондатры. В период половодья они заселяются на 95%, численность зверьков увеличивается в 2 раза [3]. При температуре наружного воздуха от  $+39$  до  $+34^\circ\text{C}$  летом в норе температура поддерживалась на уровне от  $+3,5$  до  $+25^\circ\text{C}$  в зависимости от глубины норы. Суточные колебания не превышали  $2\text{--}5^\circ\text{C}$  [22]. С апреля по ноябрь в норах ондатры температура составляет  $+14\text{--}+15^\circ\text{C}$  [16].

В жилищах грызуна зимой температура бывает выше, чем в воде. Благодаря наличию глубоких снегов в Западной Сибири норы зверька не промерзают даже при температуре  $-60^\circ\text{C}$ . При выпадении снега наступает почти полная тепловая изоляция почвы, что хорошо защищает норы ондатры от промерзания. Повышение в норе  $\text{CO}_2$  (гиперкапния) снижает среднесуточное потребление  $\text{O}_2$ . Но суточная периодика потребления  $\text{O}_2$  в норе коррелирующая с периодикой двигательной активности сохраняется неизменной. Существенно замедляется скорость повышения температуры тела у ондатры в норе после снижения ее в результате пребывания на кормовом столике в жилище и ныряния. В случае резкого повышения  $\text{CO}_2$  зверек покидает нору в течение 15–30 минут [22].

С появлением нового поколения число ходов растет путем ответвления от главной галереи [26]. Одна семья ондатр к концу лета занимает выводковую и несколько дополнительных нор. Чем старше нора, тем она сложнее и занимает площадь в несколько десятков квадратных метров [7]. В такой сложной норе живут пара взрослых и молодые текущего года разных пометов. Длина между крайними норами составляет 0,4–86 м. В пределах этого населения имеется центральная

зона длиной  $6,8 \pm 5,19$  м [16]. На отдельных участках плотность достигает 135 нор на 10 км береговой линии [4]. В. М. Самот [17] отмечал до 10 семейных нор на 10 км береговой линии. В период ледостава количество жилищ может увеличиваться до 10 на одну семью. Обычно на 1 га обитает одна семья [7].

В Чуйской долине, на южной окраине г. Бишкека, на протяжении трех лет нами наблюдался участок ручья «Тихий» длиной более 1500 м. В разные годы здесь обитало 4–6 семей ондатр. Ручей имел извилистое русло, проходившее по границе большого яблоневых сада. Ширина ручья составляла – 1–3 м, глубина русла с водой от 20 до 50 см, течение среднее 10 м / 5–8 сек. Берега крутые дерновинные, их высота равнялась от 0,5 до 3 м. Они заросли кустарниками и деревьями и имели хорошие защитные условия для нор. Минимальное расстояние между норами составляло 27, максимальное – 517 м. В пойме ручья при впадении в реку Ала-Арча образовалась небольшая пойма (50х60 м), и течение воды здесь было незначительным. В этой пойме в небольшом количестве произрастали тростник и рогоз. Здесь ондатрой из остатков этих растений была сооружена хатка. Интересно отметить, что весной (март) при проведении строителями земельных работ была нарушена 1/3 длины ручья «Тихого» с имеющимися двумя жилыми норами. Ручей приобрел новое русло. Однако уже осенью (ноябрь) были обнаружены две вновь построенные норы почти напротив разрушенных старых. В самой реке Ала-Арче ондатра нами не обнаружена, поскольку в ней течение сильное, дно и берега имеют сплошную каменистую структуру (галечник), кормовые условия крайне скудны. В силу этих причин водоем в данном районе почти не пригоден для обитания ондатры.

В Токмакском охотхозяйстве возможно совместное использование нор ондатрой и куторой обыкновенной *Neomys fodiens* Pennaut, 1771. В старых норах, имеющих возраст 3–5 лет, в гнездовых камерах поселяются различные виды беспозвоночных, в том числе и паразитические членистоногие (блохи, клещи и др.). Норы ондатры, кроме копытных, могут разорять и другие крупные животные. Зимой в Казахстане отмечены случаи разорения нор зверьков кабанами [9]. В Бельгии постройкой нор зверек приносит большой вред и подлежит уничтожению в течение всего года [23]. Во Франции ондатра наносит вред сельскому хозяйству и с ней повсеместно ведется борьба [19]. В ФРГ грызун объявлен вредителем и рост его численности стали сдерживать [24].

**Заключение.** Нора является основным типом жилища ондатры на протяжении большинства ее ареала. В отличие от хаток, которые ондатра строит исключительно на водоемах со стоячей водой, норы сооружаются и успешно ею эксплуатируются как при данном условии, так и в водоемах с проточной водой. Норы представляют собой более надежные жилища, чем хатки, в силу своей скрытности местоположения, а следовательно, меньшей доступности для врагов. При проникновении в нору хищника у зверька имеется больше возможности невредимым покинуть жилище, чем при возникновении аналогичной опасности в хатке. Вред, причиняемый ондатрой от сооружения нор, возможно свести к минимуму строгим ограничением ее численности в этих районах.

### Литература

1. Афанасов В.С., Макаров В.И. Численность ондатры *Ondatra zibethicus* и ее распространение на территории Терновского района Воронежской области // Воронеж. лесотехн. ин-т. – 1984. – 4 с. (Рукопись деп. в ИБНТИ лесхоз. 10.03.86).
2. Давыдова М.С., Николский В.В. Гамазовые клещи Западной Сибири. – Новосибирск, 1986. – 128 с.
3. Залудский Н. Ондатре-искусственные гнезда // Охота и охотн. х-во. – 1962. – № 11. – С. 16.
4. Иванов Ф.В. Современное состояние численности ондатры в Рязанской области // Научные докл. высш. школы. Биол.н. – 1966. – № 3. – С. 46–49.
5. Кузминых Ю.А. Некоторые особенности биологии ондатры на Урале // Млекопитающие Уральских гор. – 1979. – С. 35–37.
6. Лабутина Ю.В., Луковцев Ю.С., Попов М.В., Ревич Ю.В., Ча Н.И. Ондатра северо-Восточной Якутии. Экология и промысел. – М., 1976. – 188 с.
7. Лавров Н.П. Ондатра. – М., 1947. – 108 с.
8. Наумов С.П., Лавров Н.П. Биология промысловых зверей и птиц СССР. – М., 1948. – 360 с.
9. Руковский Н.Н. Убежища четвероногих. – М., 1991. – 144 с.
10. Самош В.М. Некоторые черты экологии ондатры на Днепродзержинском водохранилище на Днепре // Вестник зоологии. – 1979. – № 6. – С. 88–89.
11. Слудский А. А. Ондатра и акклиматизация ее в Казахстане. – Алма-Ата, 1948. – 182 с.
12. Страутман Е.И. Ондатра в Казахстане. – Алма-Ата, 1963. – 232 с.

13. Тавровский В.А., Егоров О.В., Кривошеев В.Г., Попов М.В., Лабутин Ю.В. Млекопитающие Якутии. – М., 1971. – 660 с.
14. Тюрин П.С., Кыдыралиев А., Цагарев П.Т. Результаты акклиматизации ондатры *Ondatra zibethica* L. в Киргизской ССР // Акклиматизация пушных зверей в Киргизии. – Фрунзе, 1956. – С. 19–48.
15. Умрихина Г.С. Животный мир Чуйской долины. – Фрунзе, 1984. – 215 с.
16. Чжи Ц., Янь Ч. Норы, хатки и участки обитания ондатры // Дунъю сюэбао. – 1962. – Vol. 14. – №4. – P. 474–488.
17. Ширяев В. Ондатра // Охота и охотн. хоз-во. – 1989. – № 2. – С. 13–15.
18. Янушев А.И., Айзин Б.М., Кыдыралиев А.К., Умрихина Г.С., Федянина Т.Ф., Шукуров Э.Д., Гребенюк Р.В., Токобаев М.М. Млекопитающие Киргизии. – Фрунзе, 1972. – 464 с.
19. Chauvel B., Mahien N. Le ragondin et le rat musque en France // Rhytoma def.cult. – 1985. – № 371. – P. 10–12.
20. Danell K. Intra- and interannual in habitat selection by the muskrat // J.Wildlife Manag. – 1978. – Vol. 42. – № 3. – P. 540–549.
21. Earhart C.M. The influence of soil texture on the structure, durability, and occupancy of muskrat burrows in farm lands // Calif.Fish and Game. – 1969. – Vol. 55. – № 3. – P. 179–196.
22. Mac Arthur R.A., Aleksuk M. Seasonal microenvironments of the muskrat (*Ondatra zibethica*) in a northern marsh // [Mammal. – 1979. – Vol. 60. – № 1. – P. 146–154.
23. Moens R. Bases devaluation des degats acutionnes par le rat musque dans une region de plateau // Trans. 17th Congr. Int. Union Game Biol., Brussels, Sept. 17–21. – 1985. – Pt. 2. – P. 527–534.
24. Pelz H.-J. Haufigkeit des bisams (*Ondatra zibethica*) im Vergleich verschiedener regionen der Bundesrepublik Deutschland // Zangew. Zool. – 1985. – Vol. 72. – № 1–2. – P. 229–237.
25. Reichman O.J., Smith S.C. Burrows and burrowing behavior by mammals // Curr.Mammal. – 2. – New-York, London, 1990. – P. 197–244.
26. Teodoreanu M.Uber die Lebensweise der bisamratte, *Ondatra zibethica* (Linne, 1766), unter den veränderlichen bedingungen der teiche in der Siebenburger Ebene // Sangetierk.Mitt. – 1976. – Vol. 24. – № 3. – P. 238–240.

УДК 582.949.27: 581.9 (575.2) (04)

### Расторопша пятнистая – *Silybum marianum* (L.) Gaertn – в условиях Чуйской долины Кыргызстана

Н.А.РОГОВА – зав. лабораторией эфиромасличных растений  
К.Т.ШАЛПЫКОВ – к.б.н.  
Э.О.ИЗМАЙЛОВА – канд. биол. наук

In article the short characteristic of a morphological structure, biological features and use of valuable herb *Silybum marianum* (L.) Gaertn. is given. Data of phenological supervision, agricultural technicians of cultivation, seed efficiency are cited.

Расторопша пятнистая – однолетнее колючее растение с веретенообразным корнем. Стебель

высотой до 1,7 м, прямостоячий, ветвистый, бороздчатый, голый или с клочками войлочного опу-

шения. Листья прикорневой розетки длиной до 80 см и шириной до 30 см, морщинистые, на крылатом черешке. Листовая пластинка в очертании эллиптическая, перисто-рассеченная, зеленая, кожистая, блестящая с крупными белыми пятнами, с треугольными зубцами по краю, заканчивающимися желтоватыми колючками. Цветки мелкие, лилово-малиновые (реже розовые, фиолетовые или белые) собраны в крупные шаровидные корзинки, окруженные черепитчатой оберткой. Внутренние листочки обертки снабжены крепкими колючками. Плод – обратно-яйцевидная, сжатая с боков семянка длиной до 8 мм, шириной до 2–4 мм с хохолком на верхушке. Поверхность семян пятнистая, гладкая, от светло-коричневого до черного цвета.

Как сорняк расторопша пятнистая распространена в Западной Европе, Малой Азии, Северной Америке, Африке. В СНГ – в южных районах европейской части, на Кавказе, в Средней Азии, введена в культуру в Краснодарском крае, в Западной Сибири.

В Кыргызстане в диком виде не произрастает. На небольших площадях культивировалась в Восточном Прииссыккулье и Чуйской долине.

С лекарственной целью используются плоды расторопши пятнистой. В их состав входят: жирное масло, сапонины, флавоноиды, следы алкалоидов, витамин К, макро- и микроэлементы. Препараты расторопши пятнистой усиливают образование и выведение желчи, улучшают работу желудочно-кишечного тракта, повышают защитные свойства печени по отношению к различным инфекциям и отравлениям [1]. Ранней весной нежные молодые листья, особенно черешки, предварительно срезав с них колючки, используют для приготовления салатов.

Расторопша пятнистая очень декоративна, продуктивный медонос. Молодые листья и стебли ее хорошо поедаются крупным рогатым скотом [2].

Она не требовательна к почвам, засухоустойчива, но не выносит затенения. Всходы расторопши выдерживают понижение температуры до – 5°.

Лабораторная всхожесть семян своей репродукции составила 85%, в то время как семена, полученные из Германии, имели всхожесть 52%. Грунтовая всхожесть семян несколько ниже и составила 75% и 47% соответственно.

Наблюдения за расторопшей пятнистой проводили в течение трех лет (2009–2011) на участке ИЦФ НАН КР, расположенном в юго-восточной

части г. Бишкека. Почвы – северные сероземы, верхний горизонт окрашен в светло-серый цвет и представляет собой слабо уплотненный суглинок, которому свойственна заплываемость при поливе [3]. Посев семян расторопши пятнистой проводили весной сухими, не стратифицированными семенами в разные сроки по годам: в 2009 г. – 25 мая, в 2010 г. – 14 мая и в 2011 г. – 14 апреля. Глубина заделки семян – 2 см, ширина междурядий – 60 см. Норма высева семян из расчета 10 кг/га. Всходы получены через 5, 22 и 11 дней соответственно. Это объясняется тем, что в первом случае после посева был проведен арычный полив и почва оставалась достаточно влажной в течение всего периода прорастания. В другом случае семена были высеяны в сухую землю, арычного полива не было, а осадки выпадали незначительные. После раннего посева прошел один дождь. В дальнейшем для прорастания семян использовали запасенную почвенную влагу. Грунтовая всхожесть семян составила соответственно 80, 50 и 78%.

Немаловажную роль в получении полноценных семян оказывает агротехнический уход за растениями в период вегетации. Одним из основных мероприятий, направленных на получение высокого урожая семян расторопши пятнистой, является прореживание всходов. Необходимо оставлять в рядах растения на расстоянии 20 см друг от друга. Это дает им хорошую освещенность и необходимую площадь питания.

В течение вегетационного периода на участках проводились регулярные поливы (1 раз в 7–10 дней), в начальный период роста и развития – прополки сорняков.

Как показали наблюдения, всхожесть, дальнейший рост и развитие растений, а также семенная продуктивность зависят от наличия почвенной влаги в период прорастания семян и особенно во время формирования генеративных органов (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в 2009 году растения достигали максимальной высоты 230 см, в то время как в 2010 году – всего лишь 60 см. Также значительно отличались другие показатели: количество корзинок с семенами на одном растении, их размер, семенная продуктивность. Данные 2011 года являются средними по всем результатам. Сроки прохождения фенологических фаз также значительно отличаются. Так, разница в сроках созревания семян составляла 20–25 дней, одновременно с созреванием семян происходит постепенное пожелтение и отмирание надземной массы.



Таблица 1

Показатели роста и развития расторопши пятнистой в зависимости от сроков посева

№ п/п	Показатели	2009 год	2010 год	2011 год
1.	Дата посева	26,05	14,05	14,04
2.	Появление всходов	1,06	7,06	25,04
3.	Стеблевание	10,07	18,07	25,05
4.	Бутонизация	27,07	02,08	12,06
5.	Цветение	03,08	10,08	20,06
6.	Начало созревания плодов	30,08	26,08	12,07
7.	Массовое созревание плодов	10,09	30,08	28,07
8.	Засыхание растений	25,09	05,09	10,08
9.	Вегетационный период, дни	117	90	118
10.	Высота растений, см	145 (80–230)	40 (25–60)	113 (5–170)
11.	Количество корзинок с семенами, шт.	6 (4–14)	2 (1–5)	4 (3–8)
12.	Диаметр корзинок, см	4,5 (3–6)	2,8 (2–4)	4 (2,5–6)
13.	Количество семян в корзинке, шт.	150 (68–221)	45 (20–85)	120 (54–180)
14.	Вес семян из 1 корзинки, г (среднее)	3,7	1,3	3,0
15.	Семенная продуктивность 1 растения, г (среднее)	22,2	2,6	12,0
16.	Урожайность с 1 кв. м, г (среднее)	178	21	96

Полученные данные показывают, что наилучшего развития и большей семенной продуктивности достигает расторопша пятнистая при оптимальном количестве влаги в период прорастания семян. Наихудший результат получен в 2010 году, когда была сухая, жаркая весна, не было поливной воды и почти не выпадали осадки.

Семенная продуктивность одного растения составила в 2009 году – 22,2 г, в 2010 году – 2,6 г, что объясняется слабым развитием растений, малым количеством корзинок на побегах и семян в них. В 2011 году количество семян равнялось 12 г.

Таким образом, учитывая рост и развитие растений в зависимости от условий прорастания семян, расторопша пятнистая проходит все фазы развития и дает полноценные семена. Ее можно успешно культивировать, но выбирать срок посева в соответствии с возможностями регулярного полива в период прорастания семян и начального роста и развития растений. Это обеспечит высо-

кую семенную продуктивность растений и соответственно, высокий урожай лекарственного сырья.

Корзинки расторопши пятнистой сильно колючие, поэтому при отсутствии механизированного сбора необходимо использовать срезку корзинок вручную с последующим извлечением семян.

#### Литература

1. Ловкова М.Я., Рабинович М. А., Пономарева С.М., Бузук Г.Н., Соколова С.М. Почему растения лечат. – М.: Наука, 1989. – С. 202.
2. Интродукция лекарственных, ароматических и технических растений. – М.: Наука, 1965. – С.102.
3. Вандышева В.И. Биолого-экологические особенности лекарственных и эфиромасличных растений, интродуцированных в Чуйскую долину. – Фрунзе: Илим, 1983. – С. 12.

УДК 582.491 (575.2) 04

## Онтогенетические спектры основных жизненных форм ценопопуляций пустынь Западного Прииссыккуля

К.Т.ШАЛПЫКОВ – канд. биол. наук

ДЖ.К.КАРТАНБАЕВ – научн. сотрудник

The article provides the results on the ontogenetic specters of major vital forms of the cenopopulations of deserts of the Western Near Issyk-Kul Region

Наши исследования проводились в 2005–2007 гг. на высоте 1700–1950 м над уровнем моря за ценопопуляцией растений-доминантов и субдоминантов пустынь Северо-Западного макросклона хребта Терской Ала-Тоо Западного Прииссыккуля.

Эти пустыни широко развиты на сильно щебнисто-каменистых, бурых и серо-бурых солонцеватых, заселенных пустынных почвах. Имеют довольно большие территории с общей площадью 70870 га [1]. Данные геоботанические регионы характеризуются как наиболее пригодные для сельскохозяйственного использования в качестве весенне-осенне и зимних выпасов, имея кормовые ценности. Растительный покров подвержен сильному пастбищному воздействию. Пастбищная дегрессия почв вызывается неумеренным стравливанием угодий животными.

Работа проводилась по общепринятой методике ценопопуляционных исследований [2, 3, 4]. В каждом из исследованных сообществ пустыни закладывали постоянные трансекты длиной 150–200 м и шириной 2 м, на которых учитывались все произрастающие ценопопуляции различных жизненных форм растений. Трансекты делились на квадратные учетные участки площадью 2х2 м.

Цель исследования – изучение онтогенетических спектров основных жизненных форм ценопопуляций пустынь Западного Прииссыккуля

и определение веса воздушно-сухой надземной фитомассы с одной особи у каждого возрастного состояния изучаемых доминантных и субдоминантных видов.

Объекты исследования: природные господствующие ценопопуляции растений, представители различных экобиоформ со специфической морфоструктурой: *Salsola dshungarica*, полукустарник; *Artemisia tianschanica*, полукустарничек; *Caragana Kirgisorum*, кустарник; *Ephedra intermedia*, кустарник; *Sympegma regelii*, полукустарник; *Reaumuria Songorica*, полукустарничек; *Kalidium caspicum*, кустарничек; *Zygophyllum rosovii*, травяной многолетник; *Ceratoides papposa*, полукустарничек; *Nitraria sibirica*, кустарник; *Cleistogenes squarrosa*, рыхлодерновидный злак; *Peganum harmala*, многолетняя трава.

Наблюдения проводились на семенах (se), проростках (p), одно-двух-трехлетних ювенильных (j), молодых имматурных (im), взрослых вегетативных (v), молодых (g1), зрелых (g2) и старых (g3) генеративных; субсенильных (ss) и сенильных (s) особей различных биоморф в различных эколого-ценотических условиях мест обитания.

В эколого-фитоценотическом отношении в поясе гор и прибрежной равнины, где были проведены наши исследования, выделяется опустыненный тип растительности. Изученные популяции были в основном нормальные, неполноценные

и старые. Онтогенетический спектр со значительным преобладанием старых (g3), субсенильных (ss) возрастных состояний группы генеративных и субсенильных особей.

В пустынном поясе Западного Прииссыккуля довольно часто наблюдаются штормовые ветры: западный – Улан и восточный – Сан-Таш. Образование их связано со вторжением холодных масс воздуха в теплую Иссык-Кульскую котловину. Постоянство сильных ветров и исключительная сухость климата создают крайне неблагоприятные условия, в которых многие популяции в пустынях в течение многих лет находятся в старом генеративном (g3) и субсенильном возрастном состоянии (ss) и имеют правосторонние, неполночленные онтогенетические спектры. Большинство жизненных форм растений этого эколого-фитоценоотически устойчивого фитоценоза обладают суккулентностью органов, безлистностью побегов, а некоторые биоформы имеют тенденцию к редукции листьев.

Исследования показали, что популяции пустынных формаций испытывают затруднения в водоснабжении. Вследствие этого особи разных возрастных состояний изученных видов растений вынуждены быстро переходить от виргинильного периода к генеративному, сенильному – ускоряется наступление периода вынужденного покоя. Например, в экстремальные периоды особи разных возрастных состояний *Bothriochloa ischaemum* способны переходить в состояние вторичного покоя в любом онтогенетическом периоде. Это один из способов переносить неблагоприятные почвенно-климатических условия, сохранять устойчивость ценопопуляций растений в аридных и семиаридных условиях. Здесь популяции существуют за счет постоянной смены поколений особей каждого конкретного вида. В течение вегетационного и годового периода появляются новые проростки (p) как вегетативным, так и семенным путем. Но они в большинстве случаев не доживают до генеративного или сенильного периодов. Особи их отмирают в разных возрастных состояниях и периодах большого жизненного цикла. Смертность (гибель) наиболее значительна в начале онтогенеза в виргинильном периоде (p-v). По мере взросления (g1-3, ss) уменьшается процент отмирающих особей.

Выделенные и описанные нами пустынные ассоциации составляют основное ядро фитоценоза и характеризуются двух- и трех ярусной вертикальной структурой. В некоторых каменистых пу-

стынных сообществах ярусность выражена очень слабо или вовсе отсутствует в связи с разреженностью и низкорослостью травостоя. В структуре пустынной растительности наиболее существенную фитоценоотическую роль играют эуксерофитные типы жизненных форм растений и характеризуются высокой плотностью синузием низкорослых кустарниково-кустарничкового яруса. Растительный покров в проведенных исследованиях представлен галофильными и ксерофильными популяциями и колючеподушечниками. Ксерофитные пустыни в основном формируют формации *Ephedra intermedia*, *Caragana Kirgisorum*, *Kochia prostrata*, *Perovskia abrotanoides*, *Artemisia tianschanica*, *Zygophyllum kegenense* и др. В благоприятные годы в сезон выпаса скота в мае прорастают злаки: *Agropyrum pectiniforme*, *Stipa caucasica*, *S. Cappillata*, *Festuca Sulcata*; осока *Carex turkestanica*, в сентябре – *Bothriochloa ischaemum* создают хороший зеленый покров в травостое. Тип галофитных кустарниково-полукустарничков в описываемой пустыне представлен следующими формациями: *Salsola dshungarica*, *S. passerina*, *Reamuria soongoricum*, *Kalidium caspicum*, *Sympegma regelii*, *Nitraria sibirica*, *Cleistogenes squarrosa*, *Eurotia ceratoides*, *Pegamum harmala* и др. В растительном покрове пустынь Западного Прииссыккуля колюче-подушечников выделена формация *Acantholimon alatavicum* и *Convolvulus tragacanthoides*.

Для этих формаций характерен медленный темп роста и развития. Все перечисленные биоформы имеют низкую семенную продуктивность и способность переносить продолжительную сухость воздуха и почвы. По классификации Т.А. Работнова [2] в составе пустынных формаций можно выделить все три типа популяций: нормальные, инвазионные и регрессивные. Изучаемый нами фитоценоз представлен ценопопуляцией нормального, в обилии Sp, Cop1 и Cop1, Cop2 и регрессивного типа, в обилии Cop1, Cop2, неполночленный, стареющий, с преобладанием старых генеративных онтогенетических состояний (g3) и большим участием субсенильных (ss) онтогенетических состояний групп особей. Большая часть пустынных участков Западного Прииссыккуля занята солянковыми, полынными и эфедровыми сообществами. В качестве примера приводим в табл. 1 возрастные спектры ценопопуляций растений галофитных пустынь, одной из популяций *Salsola dshungarica*, которая широко распространена на каменистых склонах возвышенности Боз-



Таблица 1

Возрастные спектры ценопопуляций растений галофитных пустынь Западного Прииссыккуля

№	Ценопопуляция	Участие (%)							
		Возрастной период и возрастные состояния							
		прегенеративный			генеративный			постгенеративный	
		i	im	v	g1	g2	g3	ss	s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	<i>Salsola dshungarica</i> Солянка джунгарская	3	—	7	19	27	29	6	9
2.	<i>S. passerina</i> Солянка воробьиная	2	1	5	16	25	18	8	7
3.	<i>Sympegma Regelii</i> Симпегма Регеля	—	2	—	—	14	21	15	13
4.	<i>Kalidium caspicum</i> Поташник каспийский	—	4	2	20	17	23	19	10
5.	<i>Reaumuria soongoricum</i> Реомюрия джунгарская	2	—	3	11	8	20	14	12
6	<i>Artemisia tianschanica</i> Полынь тьяншаньская	7	—	9	—	27	25	11	14
7	<i>Limonium Hoeltzeri</i> Кермек Гельцера	—	—	10	—	16	20	26	—
8	<i>Nitraria sibirica</i> Селитрянка сибирская	—	—	8	—	13	—	10	—
9	<i>Allium veschnjakovii</i> Лук Вешнякова	—	—	4	19	—	—	24	—
10	<i>Carex turkestanica</i> Осока туркестанская	9	—	19	—	20	—	26	—
11	<i>Scutellaria przewalskii</i> Шлемник Пржевальского	—	6	20	—	25	—	30	—
12	<i>Zygophyllum kegense</i> Парнолистник Кегенский	—	—	31	—	22	—	14	—
13	<i>Dracosephalium nodulosum</i> Змееголовник узловатый	2	—	10	—	26	—	17	19
14	<i>Torularia korolkovii</i> Четочник Королькова	—	—	—	35	—	15	—	14
15	<i>Galium soongoricum</i> Подмаренник джунгарский	—	—	17	—	24	—	—	8
16	<i>Roa angustifolia</i> Мятлик узколистный	—	16	—	—	34	—	—	29
17	<i>Potentilla strigosa</i> Лапчатка щетинистая	—	—	37	—	30	—	—	—
18	<i>Cleistogenes squarrosa</i> Змеевка растопыренная	—	—	—	19	—	35	—	—
19	<i>Ceratoides papposa</i> Терескен серый	—	—	—	45	—	—	18	—
20	<i>Atriplex tatarica</i> Лебеда татарская	—	—	25	—	—	43	—	—
21	<i>Ephedra intermedia</i> Эфедрa средняя	—	—	10	—	23	12	9	3
22	<i>Lasiagrostis splendens</i> Чий блестящий	12	—	25	—	—	55	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	<i>Lappula microcarpa</i> Липучка мелкоплодная	—	—	—	65	—	—	—	—
24	<i>Aster tolmatshewii</i> Астра Толмачева	—	—	—	44	—	—	—	—
25	<i>Peganum harmala</i> Гармала обыкновенная	—	—	45	—	—	37	—	—
26	<i>Clematis soongorica</i> Ломонос джунгарский	—	—	40	—	—	27	—	—

Таблица 2

Онтогенетические состояния и фитомасса основных жизненных форм ценопопуляций пустынь Западного Прииссыккуля (возд.-сух, вес г)

Ценопопуляция	Обилие видов по Друде	Возрастные группы особей				
		v	g1	g2	g3	ss
<i>Salsola dshungarica</i>	Cop2	27,5	74,9	119,0	97,8	33,4
<i>Artemisia tianschanica</i>	Cop1- Cop2	20,3	39,8	99,1	53,6	27,4
<i>Ephedra intermedia</i>	Cop1- Cop2	97,4	144,2	395,4	211,7	155,0
<i>Caragana Kirgisorum</i>	Cop1- Cop2	32,3	81,4	129,5	93,4	44,7
<i>Sympegma Regelii</i>	Cop1	29,7	73,9	117,8	94,5	31,0
<i>Reaumuria soongoricum</i>	Cop1	41,8	91,5	139,6	97,3	39,1
<i>Kalidium caspicum</i>	Sp-Cop1	33,4	81,2	111,1	91,9	29,6
<i>Zygophyllum rosovii</i>	Sp	39,5	63,4	93,9	51,8	36,3
<i>Ceratoides papposa</i>	Sp	24,2	48,8	73,6	39,7	16,4
<i>Nitraria sibirica</i>	Sp	99,9	170,3	303,9	206,5	113,5
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	Sp-Cop1	47,4	93,8	117,6	77,5	51,0
<i>Peganum harmala</i>	Sp	37,9	58,0	100,4	81,3	44,4

бармак. Ценофлора *Salsola dshungarica* включает 26 видов (табл.1). Наибольшее распространение получают низкорослые галофитные кустарнички и полукустарнички, как наиболее приспособившиеся к данным условиям мест обитания. По возрастной структуре популяция относится к нормальным неполночленным. Общее проективное покрытие травостоя составляет 55–60%. Проективное покрытие *Salsola dshungarica* – 43–37%. Изучаемые ценопопуляции растений имеют неполночленный возрастной спектр с активными процессами вегетативного и в малом количестве семенного возобновления. Все они нормального типа и занимают устойчивое положение в ценозе. Эдификатор сообщества *Salsola dshungarica* в растительном покрове представлен ценопопу-

ляцией нормального типа, неполночленный, стареющий, с абсолютным максимумом на старой генеративной (g3) субсенильной (ss) и сенильной (s) группах особей.

В ходе исследований нами изучена также надземная фитомасса изучаемых основных жизненных форм ценопопуляций пустынь Западного Прииссыккуля в различных эколого-фитоценотических условиях (табл. 2). При определении фитомассы принимались в виргинильном периоде: v – возрастное состояние; в генеративном периоде: g1–3 – возрастные состояния и в сенильном периоде ss – возрастное состояние. Перечисленные особи (возрастные группы) ценопопуляций этих периодов принимают постоянное участие в структуре изучаемого ценоза. Величина

фитомассы в большой степени зависит от онтогенетического состояния особей ценопопуляций растений доминантов и субдоминантов. Как видно из табл. 2, запасы надземной фитомассы разные. Накопление фитомассы популяций определяется в основном разницей в массе особей разного жизненного и возрастного состояния. У всех неполночленных ценопопуляций максимум надземной фитомассы приходится на средневозрастное генеративное состояние (g2) особей. Наиболее низкая масса – у субсенильных (ss) групп.

Таким образом, наши исследования показали, что возрастной спектр ценопопуляций пустынных растений Западного Прииссыккуля правосторонний, с преобладанием старых генеративных (g3) и субсенильных (ss) возрастных

состояний и имеет неполночленные онтогенетические спектры.

#### Литература

1. Лачко О.А. Растительность и кормовые ресурсы бассейна реки Мюдюрюм: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Фрунзе, 1971. – 21 с.
2. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии. Проблемы ботаники. – М., Л., 1950. – Т.1.
3. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологическая наука. – 1975. – № 2.
4. Ценопопуляции растений: основные понятия и структура. – М.: Наука, 1976. – С. 214.

УДК 551.574+583(235.216)(04)

### Климатические факторы формирования растительности горных экосистем Прииссыккуля

О.И. ЭЛЕМАНОВ – научн. сотрудник

Б.У. АБЫЛМЕЙИЗОВА – канд. геогр. наук

The analysis of temporal trends and climatographs on three meteorological stations and phenological descriptions of two geobotanical districts have showed that significant elevation of average annual air temperature and slight rise of precipitation's quantity during the last 50 years near Issyk-Kul have lead to xerophyting of vegetation cover.

Иссык-Кульская котловина, располагаясь в средних широтах Северного полушария, характеризуется своеобразием климатических условий, присущих только этому региону. В климатических условиях своеобразие проявляется в резкой дифференциации активности процессов формирования осадков и облачности, температурного режима воздуха и почвы, процессов испарения и конденсации. Наибольший интерес представляют два климатических элемента – температура воздуха и осадки, так

как именно в результате изменения соотношения между теплом и влагой происходит заметное переформирование естественных горных экосистем, величины стока рек, почвы и растительности.

Растительность котловины озера Иссык-Куль и ее горного обрамления разнообразна и имеет переходный характер, т.е. соединяет черты растительного покрова Северо-Тянь-Шаньской и Внутренне-Тянь-Шаньской провинций [2]. Своеобразие растительного покрова Прииссыккуля объясняются

орографическими, геоморфологическими, климатическими, гидрографическими и эдафическими особенностями района. Различное сочетание абиотических факторов среды обуславливает многообразие местообитаний в пределах каждого пояса.

Иссык-Кульская котловина обладает своеобразной асимметрией поясности. Нельзя не согласиться с авторами труда [2], что на западе серия поясов начинается с пустынного пояса на приозерной равнине, а на востоке сухие степи простираются от самого побережья, как, например, на полуострове Кара-Булун, в устье р. Чон-Кызыл-Суу (район исследования).

Климат территории оказывает существенное влияние на формирование растительных сообществ, географическое распространение растений и формообразовательные процессы. Поэтому климатические особенности местности являются составной частью общебиологической характеристики таксонов и природных сообществ. Климатический показатель растений включает три наиболее важные особенности климата: тепловой режим, континентальность и влажность.

Температурный фактор на развитие приземистых форм растений может действовать как непосредственно, так и косвенно, вызывая нарушения водоснабжения и минерального питания. По отношению к водному режиму наземные организмы подразделяются на три основные экологические группы: гигрофильные (влаголюбивые), ксерофильные (сухотлюбивые) и мезофильные (предпочитающие умеренную влажность). Водный обмен у организмов определяется влажностью местообитания. В зависимости от этого у них появляются черты приспособления к жизни в условиях достаточного или малого водоснабжения. Наиболее четко это выражено у растений. Не обладая возможностью свободного передвижения, они лучше других проявляют приспособленность к жизни в местообитаниях с большим или малым количеством влаги.

На территории котловины оз. Иссык-Куль и ее горного обрамления по классификации В. Кеппена и А.В. Вознесенского [1] различают холодный, бореальный и умеренно-теплый тип климата и формируются соответствующие им почвенные растительные пояса.

Согласно геоботаническому районированию, Прииссыккулье образует самостоятельную провинцию благодаря особенностям растительного покрова, не схожего с другими геоботаническими провинциями Кыргызстана. Иссык-Кульская провинция в свою очередь разделена на два округа:

Западно-Иссык-Кульский и Восточно-Иссык-Кульский. В первом округе выделены три района, а во втором округе – два. Бассейн р. Чон-Кызыл-Суу по видовому составу и характеру распространения растительности входит в Джеты-Огуз-Джыргаланский – кустарниково-лесо-луговой район Восточно-Иссык-Кульского округа.

Высокие горные хребты, обрамляющие Иссык-Кульскую котловину, препятствуют свободному проникновению, особенно в холодный период, воздушных масс, идущих с запада, северо-запада, севера и приносящих влагу и похолодания. Многие исследователи климата Памира и Тянь-Шаня отмечают, что влияние закрытости регионов приводит к резкому сокращению повторяемости значительных похолоданий [3]. Не остается без внимания и характер пространственного распределения осадков. Несмотря на имеющийся обширный материал, позволяющий оценивать как климат Иссык-Кульской котловины в целом, так и режим отдельных метеорологических элементов, интенсивное освоение бассейна оз. Иссык-Куль требует более детального анализа накопленной метеорологической информации и выявления закономерностей воздействия климатических показателей на растительный покров в эпоху активного антропогенного воздействия.

В целях анализа климатических изменений прошедшего столетия в Прииссыккулье нами были построены временные тренды по трем метеорологическим станциям, имеющим наиболее продолжительный ряд инструментальных наблюдений и расположенных в двух геоботанических районах (рис. 1а,б,в).

Все три метеостанции находятся примерно на одинаковой абсолютной высоте: МС Чолпон-Ата (Н=1645 м над ур.м.), МС Балыкчы (1660 м н.у.м.) и МС Кызыл-Суу (1740 м н.у.м.). Однако широтное их расположение отличается, что сказывается на различии метеоданных.

Анализ метеоданных МС Балыкчы позволяет судить об изменении растительного покрова в западной части Прииссыккулья, МС Чолпон-Ата – в северо-восточной части и МС Кызыл-Суу – в юго-восточной части.

Построенные временные тренды по всем трем МС за весь период инструментальных наблюдений (рис. 1а,б,в) четко показали:

➤ значительное повышение среднегодовых температур воздуха и незначительное увеличение годовых сумм осадков по всей территории Прииссыккулья;

а)



б)



в)



Рис.1. Тренды среднегодовых температур воздуха и сумм осадков за весь период наблюдений: а) МС Чолпон-Ата, б) МС Балыкчы, в) МС Кызыл-Суу.

- максимальное повышение среднегодовых температур воздуха в северо-восточной части Прииссыккуля (рис. 1а.);
- максимальное увеличение годовых сумм осадков в юго-восточной части Прииссыккуля (рис. 1в.).

Для того чтобы проследить сезонный ход температуры воздуха и распределение осадков в исследуемом районе, нами построены климатодиаграммы для трех метеостанций (рис. 2,3,4).

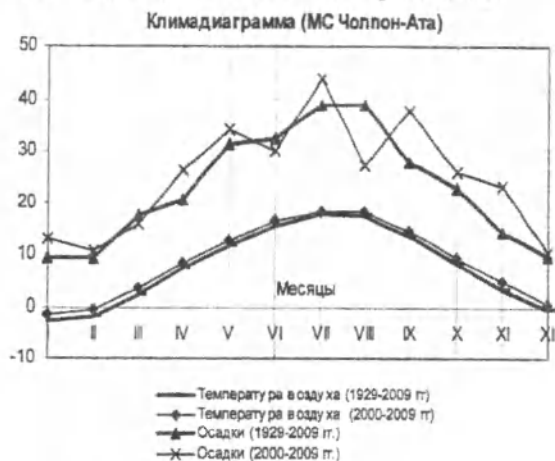


Рис. 2. Климатодиаграмма усредненных показателей среднесуточной температуры воздуха и сумм осадков (МС Чолпон-Ата).

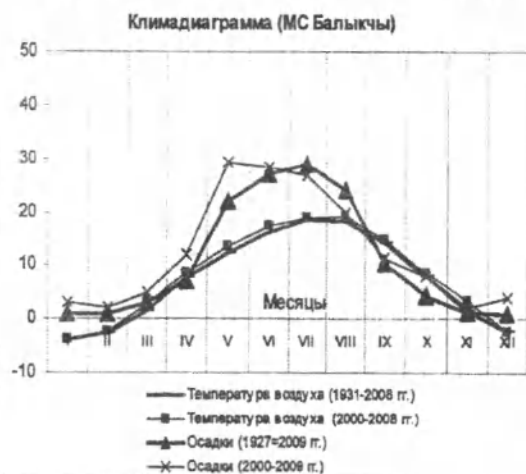


Рис. 3. Климатодиаграмма усредненных показателей среднесуточной температуры воздуха и сумм осадков (МС Балыкчы).

Климатодиаграммы можно построить для отдельных лет, а расположив последовательно и не-

прерывно одна за другой, получить климатограмму. На климатограммах легко прослеживаются экстремально сухие или экстремально холодные года.

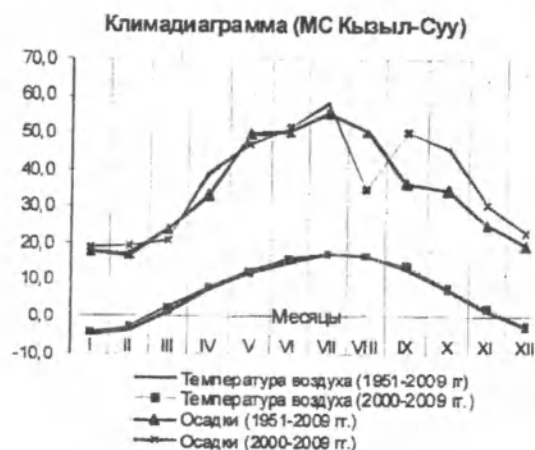


Рис. 4. Климатодиаграмма усредненных показателей среднесуточной температуры воздуха и сумм осадков (МС Кызыл-Суу).

Фенологическое состояние растений является ярким показателем климатических особенностей экотопов горной экосистемы. И аномальные изменения климатических показателей внутри года в течение длительного периода влияют на видовой и количественный составы растительности, меняя границы распространения фитоценозов и целых почвенно-растительных поясов.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

1. Значительное повышение среднегодовой температуры воздуха и незначительное увеличение количества осадков, согласно данным трех МС, сопровождается дефицитом влаги в прибрежной и предгорной частях Прииссыккуля. Неблагоприятный водный режим растений в сухих местообитаниях обусловлен ограниченным поступлением воды при ее недостатке в почве и увеличением расхода влаги на транспирацию при большой сухости воздуха и высокой температуре. Растительный покров изменяется в сторону большей его ксерофитизации.

2. Если подобная динамика будет наблюдаться и дальше, то увеличатся площади пустынных, полупустынных экосистем и сухих степей за счет исчезновения других экосистем Прииссыккуля. Исчезнут узкоэндемичные виды растений, что повлияет на биоразнообразие не только Прииссыккуля, но и всей страны. Процесс опустынивания станет еще более катастрофичнее.



3. Региональные особенности глобального потепления климата проявляются в повышении среднегодовой температуры воздуха за счет зимнего потепления, иссушении летнего сезона и возрастании влагообеспеченности поздневесенних и осенних периодов, а также в изменении некоторых фенологических параметров.

#### Литература

1. Атлас Киргизской ССР. Отв. ред. С.У. Умурзаков. – М.: Главное управление геодезии и кар-

тографии при Совете Министров СССР. – Т. 1. – 1987.

2. Гришина Л.А., Мягкова А.Д., Русакова И.В. Морфология и микроморфология почв луговых разнотравно-злаковых ельников Тянь-Шаня // Структурно-функциональные особенности некоторых компонентов лесных экосистем Прииссыккуля. – Фрунзе: Илим, 1984. – С. 79–99.
3. Петросянц М.А., Чаньшьева С.Г., Субботина О.И. // О масштабе влияния орографии на метеорологические процессы Средней Азии. Труды САНИГМИ. Вып. 10 (91). – 1974. – С. 3–40.

УДК 57.574.9.(575.2.)(235.216) (04)

## Геосистемные аспекты растительного покрова Прииссыккуля

Б.У. АБЫЛМЕЙЗОВА – канд.геогр. наук

Н.В. КЕНЖЕБАЕВА – канд.биол. наук

The ecosystems of Issyk-Kul Lake's coastal strip and ice near ecosystems are the most vulnerable to different types of influence. At the first case, the main limiting factor of ecosystems' natural development is anthropogenic factor, at the second case – climatic conditions. The generic and numerical plant saturation in zone near ice is very low. Only 6 types can be found on the ground of 1 m<sup>2</sup> size, and maximum 12–16 types recorded on the ground of 10 m<sup>2</sup> size.

Горные экосистемы являются важным источником водного, энергетического и биологического богатства. Они особенно восприимчивы к нарушению экологического равновесия под влиянием деятельности человека или природных процессов на все атмосферно-климатические изменения. Горные вертикали обуславливают ступенчатое изменение температуры, осадков и инсоляции. Один горный склон может иметь различные климатические системы. Большое значение имеет конкретная информация в области биологического разнообразия. В гористых и холмистых местностях существует богатое разнообразие экологических систем. Поэтому создание глобальной базы данных о горных районах, их биологическом

разнообразии имеет жизненно важное значение для реализации национальных программ. Наблюдается процесс утраты биологического разнообразия планеты, главным образом, в результате климатических колебаний. В то время когда эндемичные и субэндемичные виды растений и животных все больше попадают в число редких, исчезающих и исчезнувших видов, исследования влияния изменений климата на биоразнообразие оз. Иссык-Куль и его горного обрамления стали особо актуальными.

Сотрудниками лаборатории горных экосистем Института водных проблем выполнен проект по заказу Биосферной территории Иссык-Куля с 2010–2011 гг. Одним из блоков комплексного

Таблица 1

Сводные данные геоботанических описаний растительного покрова бассейна р. Чон-Кызыл-Суу

№ участка	Высота над уровнем моря, м	Тип ландшафта	Почва	Формация	Количество видов, шт.
1	2	3	4	5	6
1	1614	Слабонаклонная озерная равнина, сложенная галечниково-песчано-глинистыми отложениями голоценовой террасы с прибрежной растительностью	Песчаная, бесструктурная, местами солончаковатая	Тростниково-эфедровая группа ассоциаций с микриарией прицветниковой	5
2	1614	—	Песчаная, суглинистая	Злаково-эфедровая группа ассоциаций с облепихой крушиновой	8
3	1615	—	Песчаная, суглинистая	Облепихово-полынно-злаковая группа ассоциаций с эфедрой средней	15
4	1632	Крупно-холмисто-грядовые высокие предгорья, сложенные неогеновыми породами, злаковыми полынно-сухими степями на делювиальных отложениях	Горно-долинные светло-каштановые почвы	Злаково-эфемеровая группа ассоциаций с гармоллой обыкновенной	10
5	1650	Крупно-холмисто-грядовые высокие предгорья, сложенные неогеновыми породами, с покровом делювиальных отложений, сухими степями	Светло-каштановая, карбонатная, орошаемая	Злаково-разнотравно-полынная группа ассоциаций с цикорием обыкновенным	17
6	1811	Пшеничное поле на круто-наклонной равнине, сложенной пролювиальными отложениями	Горная светло-каштановая, карбонатная, орошаемая	Зерновые культуры с горчицей полевой	2
7	2103	Крутонаклонные равнины, сложенные пролювиальными, аллювиально-пролювиальными отложениями с лесолугово-степной растительностью	Горная, светло-каштановая, карбонатная, суглинистая	Полынно-злаковая группа ассоциаций с елью Шренка в нижней зоне лесолугово-степного пояса	12
8	2602	Пологосклонные, пенепленизированные, холмисто-увалистые среднегорья, с покровом делювиальных отложений, с луговой растительностью	Горная темно-каштановая, суглинистая	Манжетково-разнотравная группа ассоциаций в средней зоне лесолугово-степного пояса	8
9	2750	Пологосклонные, пенепленизированные, холмисто-увалистые среднегорья, с покровом делювиальных отложений и елового древостоя	Бурая горно-лесная, типичная	Елово-разнотравная группа ассоциаций в верхней зоне лесолугово-степного пояса	13
10	2942	—	Бурая горно-лесная, кислая	Манжетково-гераниевая группа ассоциаций с мятликом луговым в арчовом ельнике	13
11	3115	Пенепленизированные и пологосклонные слаборасчлененные высокогорья с покровом элювиально-делювиальных и солифлюкационных отложений, с субальпийской луговой растительностью	Горная луговая темно-бурая, субальпийская	Манжетково-осоково-злаковая группа ассоциаций арчового фитоценоза	14

1	2	3	4	5	6
12	3115	—	Горная лесная бурая почва арчовых лесов в сочетании с луговой субальпийской	Можжевельно-термопсисовая группа ассоциаций	9
13	3226	—	Высокогорная бурая	Осоково-луковая группа ассоциаций с пахучеко-лосником альпийским	15
14	3343	Пенепленизированные и пологосклонные слаборасчлененные высокогорья с покровом элювиально-делювиальных и солифлюкационных отложений с приледниковой растительностью	Высокогорная, скелетная, недоразвитая	Дриадоцвет-кисличниково-здесьейсовая группа ассоциаций с ивой алатавской	12

Таблица 2

## Основные показатели флоры высших растений Иссык-Кульской котловины

Наименование таксона	Отдел	Класс	Семейство	Род	Вид
Кол-во, единиц	5	6	88	483	1279

Таблица 3

## Растительный покров Прииссыккуля

Типы экосистем	Высота над уровнем моря, м	Кол-во видов	Эдификаторы
Приозерно-прибрежные	1614 – 1630	81	Хвойник промежуточный, тростник обыкновенный, мортук восточный, облепиха крушиновая и др.
Предгорные	1630 – 2100	339	Ковыль кавказский, курчавка колючая, кохия стелющаяся, Bunge симпегма регеля, чингил серебристый и др.
Лесные (тутайные или прирусловые, еловые, арчовые)	2100 – 3100	506	Ель Шренка, можжевельник ложноказацкий, коротконожка лесная, ежа сборная, рябина тянь-шаньская, роза Альберта и др.
Скальные	2600-3100	144	Пузырник ломкий, костенец северный, очиток Эверса, ромашник пиретроидный и др.
Приледниковые	3100 – 3340	137	Оксиграфис ледниковый, ореобластус всерный, сиббальдия четырехтычиночная, астрагал снежный, шульция белоцветковая, горчавка холодная и др.

проекта «Влияние изменений климата на водные объекты (ледники, реки и подземные воды) и биоразнообразие в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу» являлись биогеографические исследования.

Целью биогеографических исследований стало выявление динамики изменения биоразнообразия фитоценозов горных экосистем Прииссыккуля на примере бассейна р. Чон-Кызыл-Суу за последние 50 лет под влиянием природных и антропогенных воздействий.

Для достижения установленной цели были поставлены следующие задачи:

организация маршрутно-полевых работ биогеографического направления в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу как наиболее репрезентативного для Прииссыккуля;

выбор пробных участков, отличающихся местоположением над уровнем моря:

1.2. Закладка пробных площадок.

1.3. Проведение геоботанических описаний на пробных площадках.

1.4. Размещение шурфов с целью взятия проб почвы с пробных площадок.

2. Проведение камеральных работ.

3. Анализ флористического состава растительного покрова бассейна р. Чон-Кызыл-Суу.

3.1. Составление общего флористического списка высших растений бассейна р. Чон-Кызыл-Суу.

3.2. Составление списка растений по типам горных экосистем, встречающихся в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу.

4. Сравнительный анализ динамики растительного покрова почвенно-растительных поясов бассейна р. Чон-Кызыл-Суу.

**Методология исследования** [подход к решению проблем, поставленных третьим блоком проекта]. Используются геоботанические, сравнительно-географические и фитоиндикационные методы, статистические и математические методы обработки маршрутно-полевых данных [1].

Результаты маршрутно-полевых работ занесены в сводную табл. 1.

В камеральных условиях сотрудниками лаборатории были обработаны десятки гербариев и геоботанических описаний, результатами которых стал общий флористический список наиболее часто встречаемых высших растений бассейна р. Чон-Кызыл-Суу. Гербарный список составил 104 наименования [2,3].

Проведена работа по инвентаризации флоры Прииссыккуля, для того чтобы в дальнейшем можно было с чем сравнивать, проследить динамику изменения количества таксонов (видов, родов, семейств, классов). Итак, на настоящий момент флора высших растений Прииссыккуля представлена 1279 видами (табл. 2.).

Все виды высших растений, произрастающих в Прииссыккуле, условно распределены по экосистемам (табл. 2.).

Некоторые виды растений, частота встречаемости которых охватывает несколько экосистем, выделены в следующие группы:

**Приозерные, прибрежные и предгорные – (23).** Это *Achnatherum splendens* (Trin.) Nevskii, *Ахнатерум блестящий*, *Polygonum aviculare* L. *Горец птичий*, *Polycnemum arvense* L. *Хрущавник полевой*, *Chenopodium botrys* L. *Марь душистая*, *Ch. foliosum* Aschers. *М. многолистная*, *Ch. glaucum* L. *М. сизая*, *Ch. album* L. *М. белая*, *Atriplex tatarica* L. *Лебеда татарская*, *A. centralasiatica* Iljin. *Л. центральноазиатская*, *Ceratoides latens* (J.F.Gmel.) Reveal. et Holmgren *Терескен серый*, *Salsola collina* Pall. *Солянка холмовая*, *S. iberica* Sennen et Pau. *С. иберийская*, *Climacoptera brachiata* (Pall.) Botsch. *Климакоптера супротивно-*

*лиственная*, *Halogeton glomeratus* C.A.Mey *Галогетон скученный*, *H. arachnoideus* Moq. *Г. паутинистый*, *Portulaca oleracea* L. *Портулак огородный*, *Ranunculus sceleratus* L. *Лютик ядовитый*, *R. repens* L. *Л. Ползучий*, *Lepidium perfoliatum* L. *Клоповник пронзенный*, *Potentilla anserina* L. *Лапчатка гусиная*, *Elaeagnus angustifolia* L. *Лох узколистный*, *Plantago major* L. *Подорожник большой*, *P. depressa* Schlecht. *П. прижатый*.

**Предгорные и лесные (тугайные или прирусловые, еловые, арчовые) – (46).** Это *Halerpestes sarmentosa* (Adams) Kom. *Ползунок отпрысковый*, *Ranunculus natans* C. A. Mey. *Лютик плавающий*, *Berberis heteropoda* Schrenk. *Барбарис разножковый*, *B. oblonga* (Rgl.) Schnefd. *Б. продолговатый*, *Barbarea vulgaris* R. Br. *Цырепка обыкновенная*, *Rorippa islandica* (Oeder.) Borb. *Жерушник исландский*, *Potentilla orientalis* Juz. *Лапчатка восточная*, *P. supina* L. *Л. Низкая*, *Sanguisorba officinalis* L. *Кровохлебка аптечная*, *Conium maculatum* L. *Болиголов пятнистый*, *Carum carvi* L. *Тмин обыкновенный*, *Senecio nemorensis* L. *Крестовник дубравный*, *Tussilago farfara* L. *Мать-и-мачеха обыкновенная*, *Achillea millefolium* L. *Тысячелистник обыкновенный* и др.

**Предгорные, лесные и приледниковые – (3).** Это *Festuca valesiaca* Gaudin *Овсяница валежская*, *Crocus alatavicus* Rgl. et Scm. *Шафран ала-тавский*, *Papaver croceum* Ledeb. *Мак оранжевый*.

В результате анализа результатов собственных многолетних маршрутно-полевых работ и литературных данных пришли к следующим выводам:

1. С изменением климата происходят изменения в структуре и свойствах растительного покрова горных экосистем. Наиболее уязвимыми к различным видам воздействия являются экосистемы прибрежной полосы оз. Иссык-Куль и приледниковые экосистемы. В первом случае главным лимитирующим фактором естественного развития экосистем является антропогенный фактор, во-втором случае – климатические условия.

2. В результате усиления антропогенного пресса – выпаса скота, выжигания облепиховых зарослей и другой древесно-кустарниковой растительности, широкомасштабного сбора лекарственных трав (выкапывания растений с корнями) в экосистемах прибрежных полос наблюдается уменьшение обилия некоторых видов растений.

3. Видовая и численная насыщенность растений в приледниковой зоне очень мала. На площадке размером 1 м<sup>2</sup> встречается всего до шести видов, а на площадке 10 м<sup>2</sup> отмечено максимум до 12-16 видов. В долине реки Кашка-Тор, как и во многих других троговых долинах, по склонам южных экспозиций происходит проникновение растительности нижележащих экосистем субальпийского пояса в экосистемы альпийских и гляциально-нивальных поясов.

УДК 574. 550.47. 575.2

### Эколого-биогеохимическое состояние растительного покрова золоторудного месторождения Джеруй

Б.М. ДЖЕНБАЕВ – докт. биол. наук, профессор

Р.Н. ИОНОВ – д. б. н., ведущий научный сотрудник

Н. А.САРИЕВА – координатор по мониторингу, контролю  
и надзору проекта GCD-Kyrgyzstan

The article provides the current state of vegetation gold mine of "Djerui", which shows the typical alpine vegetation types and ranges of middle and northern Tien-Shan Mountains of Kyrgyzstan – cryophyte low and average herbage meadows and steppes, middle mountainous small tufts steppe. The overall level – Au, Ag and S in soil and vegetation cover of the gold mining within the province of «Djerui» of the background, but the designs can be changes in the natural province of the background, so you should periodically conduct ecological and biogeochemical monitoring of objects of the environment.

#### Введение

Горы Кыргызстана богаты природными ресурсами. Однако и проблема использования, сохранения, восстановления природных богатств, защиты окружающей среды в целом остается важнейшей проблемой современности. В республике при бурном развитии горнодобывающей промышленности (конец XIX – начало XX века) остро назрела проблема биоэкологии. Строительство и эксплуатация горнопромышленных предприятий оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду: атмосферу, водоемы, почву,

растительный покров и животный мир. Формирование горнопромышленных районов в Кыргызской Республике относится к 40-м годам XX столетия. До этого периода в основном добывались каменная соль, уголь, нефть, свинец и строительные материалы. После 40-х годов в Кыргызстане проводятся активные съемочные, поисковые и разведочные геологические работы. В результате продуктивной работы многих поколений геологов создается мощный минерально-сырьевой комплекс предприятий по добыче Pb, Zn, Ag, W, Au, Hg, Sb, U, угля, нефти, газа, редких земель, олова,

#### Литература

1. Раменский Л.Г. / Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. – Л.: Наука, 1971. – 333 с.
2. Определитель растений Средней Азии: Критич. конспект флоры: В 10 т. – Т. 1–10. – Ташкент: ФАН, 1968–1993.
3. Флора Киргизской ССР: Определитель растений Киргизской ССР: В 11т. – Т. 1–11. – Фрунзе: Изд-во АН Кирг. ССР, 1952–1965.



соли, нерудных (строительных) материалов, подземных и минеральных вод (3, 4, 7, 9, 10).

Известно, что золото добывается в более 40 странах мира и основные запасы его сосредоточены в странах СНГ, ЮАР и Канаде. В настоящее время в республиках Центральной Азии нашли применение проекты по созданию новых горнодобывающих производств благородных металлов, в том числе использующих добычу подземным способом. Например, в Кыргызстане — это рудники Кумтор, Джеруй, Талды-Булак и др. Однако при строительстве и эксплуатации горнодобывающих производств в республике нарушаются экосистемы данной провинции, в отдельных случаях охватываются участки заповедников, что приводит к нарушению законов об охране растительного и животного мира и ООПТ. Поэтому нами поставлена цель — изучить современное состояние растительного покрова в районе золоторудного месторождения Джеруй и возможные биогенные миграции золота в природных условиях и в объектах окружающей среды (5, 9).

**Материалы и методы.** Полевые работы по оценке современного состояния флоры и растительности района золоторудного месторождения Джеруй и прилегающих территорий были выполнены известными методами: был обследован растительный покров междуречья рек Чон-Чичкан и Бала-Чичкан северного макросклона Таласского Ала-Тоо. Изучались территории, планируемые для размещения основных объектов золоторудного месторождения Джеруй. Полевые работы проводились по общепринятым в странах СНГ маршрутно-рекогносцировочным методом (22, 31). На наиболее характерных, разных по типологии участках растительности проводились детальные геоботанические описания. Отмечались типологические единицы растительности разного ранга (тип растительности, формация, группа ассоциаций), их географическое положение (хребет, бассейн реки), топографическое положение (высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склона), кормово-геоботаническая оценка угодий. Геоботаническая характеристика растительных сообществ включала параметры: флористический состав высших растений, обилие видов по системе Друде, проективное покрытие травостоя, высоту растений, хозяйственное значение угодья, хозяйственную продуктивность травостоя. По ходу маршрута устанавливалось распределение подразделений растительности на территории, выявлялись границы растительных сообществ. В

камеральный период уточнялся видовой состав растительных сообществ, определялась их продуктивность, составлена карта растительности района золоторудного месторождения Джеруй. Названия растительных сообществ даны в соответствии с классификацией растительности Кыргызской Республики (25, 29, 32, 35, 36).

Для проведения эколого-биогеохимической оценки и анализа объектов биосферы (растительного покрова) в районе золоторудного месторождения Джеруй предварительно проведена оценка местности и возможные пути миграции благородного металла, далее проводился отбор образцов на анализ в лабораторных условиях. Всего для изучения экосистем бассейна в данной природной провинции было выбрано 10 точек. Отбор образцов растений проводили на площадках по определенным маршрутам с учетом ландшафтно-геохимических и метеорологических условий. Нами были установлены высоты над уровнем моря и горизонты с помощью спутникового прибора — GPS. Обработку образцов осуществляли в лаборатории биогеохимии и геоботаники Биолого-почвенного института НАН КР. Использовали методические рекомендации, касающиеся полевого изучения ландшафта, особенностей наземных организмов и биогеоценозов, в целом — апробированные методы. Концентрации золота и серебра определяли атомно-абсорбционным — МГА-915, разработанным фирмой «ЛЮМЭКС» РФ, и частично спектральными методами (2, 8, 11, 20, 27, 28, 33).

**Обсуждение полученных результатов.** На территории Кыргызстана горнопромышленные районы наибольшего экологического неблагополучия — это районы добычи урана, ртути, угля, редких земель, золота, нерудных строительных материалов. По последним данным, в пределах Кыргызстана наиболее острая (кризисная) ситуация экологических проблем сложилась приблизительно на 20 тыс. кв. км, что составляет более 10% общей территории страны. Нужно отметить, что за последнее 20 лет в республике получила развитие золотодобывающая промышленность: Кумтор, Андаш, Джеруй и др.

Джеруйское золотое месторождение расположено в северо-западной части Кыргызской Республики на высоте 3600 метров, в 67 км на юго-запад от города Таласа. Месторождение открыто в 1969 году, и с 1975 по 1984 год на нем проводились геологоразведочные работы. ОАО «Кыргызалтын» совместно с предприятием «Norus Resources»



(Королевство Великобритания) создало совместное предприятие «Таласская золотодобывающая компания», целью которой является проведение геологоразведочных работ и последующая переработка Джеруйского месторождения. Согласно плану, уровень производства составляет порядка трех метрических тонн золота в год (100,0 унций). Компанией «Джеруй-Алтын» начаты работы ТЭО и строительство комбината. Однако в последнее время по различным политическим и экономическим причинам в республике (2010 г.) строительство комбината было приостановлено и перепродано другим иностранным компаниям, в данное время с ними начаты восстановительные работы комбината (9, 30).

**Растительный покров (флора и растительность).** Согласно ботанико-географическому районированию Земли (19, 34), северный макросклон Таласского хребта относится к Древнесредиземноморскому подцарству Голарктического царства Среднеазиатской провинции, Таласскому району. Территория рудника Джеруй и прилегающие территории представляют собой типичную часть Таласского района среднеазиатской провинции. Флора провинции относительно молодая и содержит большое число бореальных элементов, но видовой эндемизм не очень высокий. Растительный покров представлен преимущественно криофитными низкотравными (альпийскими) и среднетравными (субальпийскими) лугами, степями и среднегорными мелкодерновинными степями. Растительность Таласского хребта имеет своеобразную поясную структуру, что определяется его географическим положением в зоне пустынь умеренного пояса Земли, удаленностью от океана, широтным простираем, сложностью рельефа и значительными абсолютными высотами – вершины хребтов покрыты вечными ледниками и снежниками. Р.И.Аболин и М.М.Советкина (1) для восточной части северного макросклона Таласского хребта выделили 4 пояса: сухостепной пояс на абс. высотах 1500–2000 м; лугово-степной – 2000–2500 м; субальпийский – в пределах 2500–3000 м; альпийский пояс – в границах 3000–4500 м. И.В.Выходцев (1956) для северного макросклона Таласского хребта дает следующий профиль вертикальной поясности.

1. Таласская долина, представленная в профиле посевами, а в прошлом – типчаковой степью (абс. высоты: 1500–1600 м).

2. Пояс высокотравных злаково-разнотравных, местами закустаренных луговых степей и

лугов, а по южным склонам – горных мелкодерновинных типчаковых и типчаково-ковыльных степей (абс. высоты: 1600–3000 м).

3. Пояс субальпийских луговых степей, лугов, степей и можжевельникового стланника (абс. высоты: 3000–3500 м).

4. Пояс альпийских кобрезиевых лугов, степей и лугостепей (абс. высоты: 3200–4000 м).

5. Пояс кобрезиевых пустошей (абс. высоты: 3500–4000 м).

6. Пояс скалистых гребней хребтов, осыпей, морен, ледников, снежных и фирновых полей (абс. высоты: 3500–5000 м).

Нами в районе золоторудного месторождения Джеруй выделено 6 типов растительности: субнивальная растительность; криофитные низкотравные (альпийские) луга; криофитные среднетравные (субальпийские) луга; криофитные разнотравно-дерновиннозлаковые степи; среднегорные разнотравно-дерновиннозлаковые степи; заросли кустарников (12).

#### Типы и формации растительности

**Субнивальная растительность.** Субнивальная растительность представлена в исследуемом районе единичными криофитными субнивальными растениями и несомкнутыми группировками на верхнем пределе распространения высших цветковых растений. Представители субнивальной растительности в исследуемом районе: *Allium kaufmannii*, *Allium atosanguineum*, *Poa alpina*, *Tulipa heterophylla*, *Primula algida*, *Ranunculus karelinii*, *Paroparyum anemonoides*, *Rhodiola litwinowii*, *Saxifraga alberti* и *S. flagellaris*, *Carex melanantha*, *Schmalhausenia nidulans*. Полный список видового состава включает 20 видов высших растений. Вид, занесенный в Красную книгу Кыргызстана (2007), родиола Литвинова *Rhodiola litwinowii*. Редкие и эндемичные виды в субнивальном поясе: *шмальгаузенция гнездистая* – *Schmalhausenia nidulans* – эндемик Тянь-Шаня, *вальдгеймия голая* – *Waldheimia glabra*. Растительный покров хозяйственного значения не представляет. Характерная особенность экотопа субнивальной растительности – изобилие выходных коренных пород. Большинство видов субнивальной растительности может быть использовано при рекультивации – как закрепители отвалов и территорий хвостохранилищ (12, 17, 23).

Низкотравные криофитные (альпийские) луга. Криофитные низкотравные (альпийские) луга – характерный элемент высокогорного пояса Тянь-Шаня в пределах 3200 (3500–4000) м над

ур. м. Они формируются в высокогорье в условиях низких температур воздуха (среднедекадные температуры вегетационного периода 0–10°C) и высокой его сухости. Растительный покров криофитных низкотравных лугов характеризуется отсутствием древесной растительности и сезонными красочными аспектами травостоев. Они занимают обширный ареал от Джунгарского Алатау (Республика Казахстан) до Заалайского хребта (Кыргызская Республика). Растительный покров криофитных низкотравных (альпийских) лугов образуют многолетние типичные мезофильные растения с розеточной «альпийской» формой роста, наиболее соответствующей условиям среды. Это приземистые растения 5–10 до 15 см высоты. Им свойственны прижатые к почве розетки листьев, укороченные стебли и междоузлия, подснежное развитие. Основу растительного покрова криофитных низкотравных (альпийских) лугов составляют горносреднеазиатские флористические элементы: *Geranium regelii*, *Carex stenocarpa*, *Kobresia capilliformis* и *K. humilis*, *Schmalhausenia nidulans*. Виды с широким географическим ареалом, имеющие связь с Сибирью и Восточной Азией: *Poa alpina*, *Phleum alpinum*, *Dichodon cerastoides*, *Primula algida*. В альпийском поясе золоторудного месторождения Джеруй размещаются основные объекты карьер, отвалы пустой породы. Криофитные низкотравные луга имеют широкое распространение. Они представлены формациями: *Carex stenocarpa*, *Phlomoides oreophila*, *Kobresia capilliformis* и *K. humilis*. Характерная черта сообществ – полидоминантность (преобладание нескольких видов растений) (6, 12, 16, 18, 24).

**Формация *Carex stenocarpa*.** Формация *Carex stenocarpa* широко распространена в районе золоторудного месторождения Джеруй и представлена тремя группами ассоциаций. *Carex stenocarpa* – *Festuca kryloviana* – *Potentilla evestita* занимает верховья ущелий ручьев Ледникового и Плато на абс. высотах 3000–3500 м над ур.м. В травостое господствует *Carex stenocarpa*. Доминанту сопутствуют *Festuca kryloviana*, *Potentilla evestita*. Обычные в травостое виды: *Dichodon cerastoides*, *Taraxacum maracandicum*, *Ranunculus alberti*. Травостой разрежен. Проективное покрытие – 30–40%. Высота травостоя – 5–7 см. Продуктивность надземной массы не высокая – 0,5–1 ц/га. Ассоциация (*Carex stenocarpa* – *Kobresia humilis* – *Bistorta elliptica*) встречается в верховьях ущелья ручья Ледниковый на абс. высотах

3300–3400 м над ур.м, где занимает небольшую площадь. Доминанту *Carex stenocarpa* в большом количестве сопутствуют: *Kobresia humilis* и *Bistorta elliptica*. Травостой разрежен. Проективное покрытие – 35–45%. Высота травостоя – 5–10 см. Продуктивность надземной массы невысокая – 0,5–1 ц/га. Ассоциация (*Carex stenocarpa* – *Bistorta elliptica* – *Allium atosanguineum*) занимает всю среднюю часть ущелья ручья плато на абс. высотах 3000–3300 м. В травостое господствует *Carex stenocarpa*. В большом количестве доминанту сопутствуют *Kobresia humilis*, *Bistorta elliptica*, *Allium atosanguineum*, *Dracopcephalum imberbe*, *Schmalhausenia nidulans*. Обычные в травостое виды: *Dichodon cerastoides*, *Leontopodium ochroleucum*, *Oxytropis platysema*, *O. savellanica*, *Sibbaldia tetrandra*. Травостой хорошо сомкнут, проективное покрытие – 80–100%. Высота травостоя – 5–10 см. Изреженный полог образуют генеративные побеги *Bistorta elliptica* и *Allium atosanguineum* существенно выше – 15–20 см. Продуктивность надземной фитомассы невысокая – 3–4 ц/га.

**Формация *Phlomoides oreophila*.** Группа ассоциаций (*Phlomoides oreophila* – *Alchemilla retropilosa* – *Geranium regelii*). В районе исследований распространена в верхней и средней части ущелья ручья Поселковый на абс. высотах выше 3000 м по крутым склонам западной и юго-западной экспозиций. В травостое преобладает несколько видов растений. Доминанту *Phlomoides oreophila* в большом обилии сопутствуют *Geranium regelii*, *Carex stenocarpa*, *Festuca kryloviana*. Травостой сомкнут. Проективное покрытие – 60–70%. Средняя высота травостоя – 10 см. Продуктивность надземной массы – 2–3 ц/га. Значительная часть площади, занятой криофитным низкотравным лугом (*Phlomoides oreophila* – *Alchemilla retropilosa* – *Geranium regelii*), уничтожена при строительстве дороги к месторождению.

**Формация *Kobresia capilliformis*.** Кобрезиевые луга широко распространены в хребтах Центрального Тянь-Шаня Кыргызской Республики. В окрестностях золоторудного месторождения Джеруй представлена одна группа ассоциаций. Группа ассоциаций из *Kobresia capilliformis* приурочена к северным, северо-западным склонам ущелья ручья Поселковый на абс. высотах 3000–3100 м. Травостой мономеродоминантный. Доминант *Kobresia capilliformis* образует очень плотный дерн. Она продуцирует 75–90% надземной массы. В травостое в небольшом количестве доминанту со-

путствуют *Parnassia laxmannii*, *Potentilla evestita*, *Leontopodium ochroleucum*, *Oxytropis platysema* и *O. savellanica*.

#### Формация *Kobresia humilis*

В районе исследования представлена двумя группами ассоциаций. Группа ассоциаций из *Kobresia humilis* встречается в нижней части ущелья ручья Ледниковый на абс. высотах 2900–3200 м. В травостое доминирует *Kobresia humilis*, продуцирующая 80–90% надземной массы. Доминанту сопутствуют в небольшом количестве *Poa angustifolia*, *Potentilla evestita*, *Erigeron pallidus*, *Euphorbia alata*, *Papaver rhoeas*, *Carex stenocarpa*. Сомкнутость травостоя высокая – 80–85%. Структура травостоя одноярусная. Средняя высота травостоя – 10–15 см. Продуктивность надземной массы – 3–4 ц/га. Группа ассоциаций *Kobresia humilis* – *Festuca kryloviana* – *Geranium regelii* распространена по северо-западным экспозициям склонов ущелья ручья Ледниковый в среднем его течении на абс. высотах 3200–3300 м. В большом количестве доминанту – *Kobresia humilis* сопутствуют виды растений: *Festuca kryloviana*, *Poa angustifolia*, *Geranium regelii*. Постоянными видами в травостое являются: *Carex melanantha* и *C. stenocarpa*, *Bistorta elliptica*, *Dichodon cerastoides*. Сомкнутость травостоя небольшая. Проективное покрытие – 50–60%. Структура травостоя одноярусная. Средняя высота травостоя – 10–12 см. Продуктивность надземной фитомассы низкая – 1,5–2 ц/га. Кривофитные низкотравные луга – хорошие летние пастбища. Редких, эндемичных и краснокнижных видов не обнаружено. Многие виды кривофитных низкотравных лугов: *Carex stenocarpa*, *Festuca kryloviana*, *Kobresia humilis*, *K. capilliformis*, *Alchemilla retropilosa* и другие могут быть использованы при рекреационных работах для закрепления отвалов хвостохранилищ. Полный список видового состава кривофитных низкотравных (альпийских) лугов включает 59 видов высших растений. Сомкнутость травостоя высокая, проективное покрытие составляет до 100%. Структура травостоя одноярусная. Средняя высота травостоя – 10–15 см. Продуктивность надземной фитомассы – 8–10 ц/га.

#### Среднетравные кривофитные

##### (субальпийские) луга

Формация *Phlomis oreophila*. Кривофитные среднетравные луга представлены сообществами растений, весь жизненный цикл которых протекает в условиях низких температур воздуха, высокой

влажности воздуха и почвы. Они хорошо отличаются по внешнему виду и экологии. По своему положению в колонке вертикальной поясности гор и флористическому составу среднетравные луга располагаются между низкотравными высокогорными и высокотравными среднегорными лугами. Луга эти наиболее типично выражены и широко представлены в хребтах Северного Тянь-Шаня, менее – в Западном, Внутреннем и Центральном. В условиях Северного Тянь-Шаня они занимают высотный диапазон от 2300 до 2800 (3000) м над ур.м., приурочены преимущественно к мягким склонам северных и северо-западных экспозиций. В состав доминантов и содоминантов входят, главным образом, горносреднеазиатские виды: *Alchemilla retropilosa*, *Geranium saxatile*, *Ligularia alpigena*, *Phlomis oreophila*. Для травостоев лугов также характерны виды растений с широким географическим и экологическим ареалом: *Alopecurus pratensis*, *Trollius altaicus*. Для вариантов остепненных лугов характерны элементы степной растительности: *Festuca sulcata*, *Poa angustifolia*. В районе исследования формация представлена двумя группами ассоциаций (6, 12, 14, 15).

Группа ассоциаций *Phlomis oreophila* имеет поясное значение в средней и нижней части ущелья ручья плато на абс. высотах 2300–3000 м на пологих склонах северной, северо-западной и северо-восточной экспозиций. Растительный покров лугов отличается высоким флористическим спектром. Доминанту – *Phlomis oreophila* в большом обилии сопутствуют: *Carex stenocarpa*, *Aconogonon songaricum*, *Allium atrosanguineum*. В травостое постоянно встречаются *Ligularia alpigena*, *Aconitum rotundifolium*, *Oxytropis talassica*, *Astragalus alpinus*, травостой отличается хорошей сомкнутостью, проективное покрытие – 80–90%. Средняя высота травостоя довольно высокая 15–20 см. Продуктивность надземной фитомассы – 8–10 ц/га.

Группа ассоциаций *Phlomis oreophila* – *Festuca sulcata* распространена в средней и нижней частях ущелья ручья Поселковый, на абс. высотах 2800–3000 м по северным, северо-восточным и юго-западным экспозициям склонов. Доминантам с большим обилием сопутствуют: *Bistorta elliptica*, *Alchemilla retropilosa*, *Geranium collinum*, *Kobresia humilis*, *Poa angustifolia*. Постоянные виды в травостое: *Vicatia atrosanguinea*, *Allium atrosanguineum*, *Potentilla evestita*, *Gentiana kirilowii*, *Gentiana turkestanorum*, *Gentianaopsis barbata*, *Rumex acetosa*. Травостой существенно

изрежен. Проектное покрытие – 50–60%. Средняя высота травостоя – 10–15 см. Изреженный полог генеративных побегов имеет высоту 30–35 см. Продуктивность надземной фитомассы – 4–5 ц/га. Криволинейные среднетравные луга в районе золоторудного месторождения Джеруй – хорошие летние пастбища. Редких, эндемичных и краснокнижных видов в их составе не обнаружено. Полный список видового состава криволинейных среднетравных (субальпийских) лугов *Phlomis oerophila* включает 63 вида высших растений.

#### Криволинейные степи

Формация *Festuca kryloviana*. Степи с *Festuca kryloviana* наиболее типично выражены в Центральном и Внутреннем Тянь-Шане Кыргызской Республики. В районе золоторудного месторождения Джеруй они распространены в верхнем и нижнем течении ручья Ледниковый в пределах абс. высот 3000–3500 м. В районе исследования представлена двумя группами ассоциаций.

Группа ассоциаций (*Festuca kryloviana*) на верхнем пределе распространения (3500 м) имеет моновидовую травостой. Для экотона характерны выходы коренных пород, наличие валунов и крупной гальки. Травостой чрезмерно изрежен, проективное покрытие – 35–40%. Средняя высота покрова – 5–10 см. Продуктивность надземной массы – 0,5–1,0 ц/га.

Группа ассоциаций (*Festuca kryloviana* – *Kobresia humilis* – *Dichodon cerastoides*) распространена в пределах высот 3000–3200 м. Растительность имеет полидоминантный характер. Содоминантами в травостое являются: *Kobresia humilis*, *Dichodon cerastoides*, *Carex stenocarpa*. Постоянные виды: *Geranium collinum*, *Potentilla evestita*. Травостой чрезмерно стравлен и выбит, проективное покрытие – 40–50%. Средняя высота травостоя – 8–10 см. В связи с большой разреженностью покрова вертикальная структура не выражена. Продуктивность надземной фитомассы – 3–5 ц/га. Криволинейные степи из *Festuca kryloviana* в районе золоторудного месторождения Джеруй – хорошие летние пастбища. Редких, эндемичных, краснокнижных видов не обнаружено. *Festuca kryloviana*, *Dichodon cerastoides* могут быть использованы при рекреации для закрепления отвалов хвостохранилищ. Полный список видового состава включает 32 вида высших растений (6, 12, 13, 14, 18).

#### Среднегорные разнотравно-дерновиннозлаковые степи

Формация *Festuca sulcata*. Детально были обследованы два участка непосредственно рас-

сматриваемых под размещение хвостохранилища. Верхний вариант хвостохранилища (альтернативный) участок лежит на высоте 1900–2100 м над ур.м. в зоне относительного оптимального увлажнения с годовым количеством осадков (судя по растительному покрову) около 500–650 мм в год. Нижний участок (советский вариант хвостохранилища) расположен в 3–4 км ниже от предыдущего на высоте 1800–1900 м над ур.м. Судя по растительности, здесь выпадает меньшее количество осадков, в пределах 450–550 мм, поэтому растительный покров более опустынен и разрежен. Типичные степи занимают преимущественно южные склоны вытянутых холмов. Средняя высота растительного покрова – 10–12 см, сомкнутость у поверхности почвы – 45–60 %, продуктивность – 4,5–5 ц/га сухой массы. Основным доминирующим растением является овсяница бороздчатая, типчак – *Festuca valesiaca*. Распространен ковыль волосатик – *Stipa capillata*, реже пырей средний – *Elytrigia intermedia*, местами встречается эфедра хвощевая – *Ephedra equisetina* и др.

По площади здесь преобладают широкие плоские ложбины с шириной днища до 0,5–0,7 км и уклоном на восток около 40°. Ранее, видимо 10–12 лет назад, эти участки распахивались и засеивались зерновыми культурами, сейчас же это залежи, сплошь заросшие сорняками, в основном полынь обыкновенная – *Artemisia vulgaris* и в меньшей степени эстрагон – *Artemisia dracunculus*. В хозяйственных целях эти земли практически не используются, растительный покров менее ценен и разнообразен по сравнению с верхним участком.

При хозяйственной оценке флоры можно отметить, что на обоих участках (советский и альтернативный варианты хвостохранилища) имеют распространение степные кормовые пастбищные травы – типчак, ковыль, пырей, а на верхнем участке на лугах – мятлик луговой, ежа сборная, клевер луговой и ползучий. Однако в целом по биомассе на обоих участках преобладают сорные, плохо поедаемые растения. На верхнем участке встречаются лекарственные травы – эфедра хвощевая – *Ephedra equisetina*, тысячелистник азиатский – *Achillea asiatica*, гулявник Лезелиев – *Sysymbrium loeselii*, шалфей пустынный – *Salvia deserta*. Полный список флористического состава типчаковых степей включает 35 высших растений.

Редких и исчезающих видов, занесенных в Красную книгу КР, на обоих участках не зарегистри-



Таблица 1

## Место отбора образцов и координаты

Место отбора	Высота	N	E
1. Верховье ушеля Джеруй	2798	4216936	07245673
2. Ниже от карьера левый и правый берега ручья	2841	4216951	07245455
3. 200 м от точки 2 – левый берег от ручья	2792	4216932	07245673
4. Правый берег р. Джеруй – 250 м от точки 3 (ниже)	2734	4216893	07246072
5. 300 м от 4-й точки	2720	4217063	07246072
6. 200 м от 5-й точки правый берег реки	2631	4217188	07246209
7. У моста 500 м от 6-й точки	2492	4218069	07246480
8. Правый берег выше фабрики 2 км	1917	4223008	07244690
9. Ниже фабрики 5 км	1838	4224459	07244484
10. 300 м от пересеч. трассы Талас–Бишкек (500 м с. Кара-Ой)	1743	4226469	07244317

Таблица 2

## Среднее содержание Au, Ag и S в почвенном покрове в Джеруйской золоторудной провинции

Место отбора	Au (мг/кг)	Ag (мг/кг)	S (%)
1. Верховье ушеля Джеруй	0,25	1,02	0,13
2. Ниже от карьера левый и правый берега ручья	0,17	<1,00	0,15
3. 200 м от точки 2 – левый берег от ручья	<0,10	<1,00	0,14
4. Правый берег р. Джеруй 250 м от точки 3 (ниже)	<0,10	<1,00	0,38
5. 300 м от 4-й точки	0,13	<1,00	0,73
6. 200 м от 5-й точки – правый берег реки	0,10	<1,00	0,79
7. У моста 500 м от 6-й точки	<0,10	<1,00	0,23
8. Правый берег выше фабрики 2 км	<0,10	<1,00	0,48
9. Ниже фабрики 5 км	<0,10	<1,01	0,39
10. 300 м от пересеч. трассы Талас–Бишкек (500 м с. Кара-Ой)	<0,11	<1,0	0,27

Таблица 3

Содержание золота и серебра в растительном покрове  
Джеруйской золоторудной провинции, мг/кг сухого вещества

Пояса	Высота над ур. м.	Среднее содержание Au	Среднее содержание Ag
1. Пояс субнивной растительности	3300–3600	0,20	0,22
2. Пояс низкотравных криофитных лугов и криофитных степей – <i>Carex stenocarpa</i> , <i>Kobresia capilliformis</i> и <i>K. Humilis</i> , <i>Festuca kryloviana</i>	2900–3500	0,32	0,53
3. Пояс криофитных среднетравных лугов – <i>Phlomis oreophila</i> , <i>Phlomis oreophila</i> – <i>Festuca sulcata</i>	2300–3000	0,24	0,35
4. Пояс кустарниково-можжевельного редколесья – <i>Juniperus pseudosabina</i> , <i>Artemisia santolinifolia</i> , <i>Ziziphora clinopodioides</i>	2800–3600	0,15	0,21

стрировано, хотя в весенний период здесь могут быть красивоцветущие декоративные растения, в особенности тюльпаны: т. Грейга — *Tulipa greigii* (занесен в Красную книгу СССР и Киргизской ССР), т. Колпаковского, Островского и Зинаиды — *Tulipa kolpakovskiana*, *T. Ostrovskiana* и *T. Zinaidae*, занесенные в Красную книгу Киргизской ССР (2007) (96, 12, 13, 14, 18).

Заросли кустарников. Кустарниково-можжевельниковое редколесье (*Juniperus pseudosabina*, с видами родов *Spiraea*, *Lonicera*, *Rosa*, *Cerasus* и полукустарнички *Artemisia santolinifolia* и *Ziziphora clinopodioides*). В районе рудника Джеруй кустарниково-можжевельниковое редколесье занимает скалистые обнажения и осыпи. Изреженная кустарниковая растительность представлена стланниковой формой можжевельника — *Juniperus pseudosabina*. Из других кустарников обычны *Spiraea hypericifolia*, *Lonicera microphylla*, виды *Rosa*, в том числе *R. pimpinellifolia*, *Cerasus tianschanica* (6, 12, 13).

**Пойменная растительность (тугай).** Пойменную растительность реки Тушашу формируют виды родов *Salix*, *Spiraea*, *Lonicera*, *Rosa*, *Cerasus*. В нижнем течении ручья плато эта растительность занимает восточные и юго-восточные склоны значительной крутизны (30–45°) на абс. высотах 2800–3600 м. Флористический состав покрова крайне беден. Основу изреженного покрова составляют полукустарнички *Artemisia santolinifolia* и *Ziziphora clinopodioides*, из многолетних ксерофитных трав — *Hypericum perforatum*. Редких, эндемичных, краснокнижных видов не обнаружено.

**Эколого-биогеохимические особенности.** Для выявления эколого-биогеохимических особенностей золоторудного месторождения в природных условиях проведены биогеохимические исследования на территории природной золоторудной провинции Джеруй. Как обычно принято, при отборе проб в пределах суши выделяли типичный участок для данной провинции. На нем брали образцы наземной части растений и укусы (средние пробы), были определены высоты над уровнем моря и горизонты с помощью GPS (табл. 1).

Учитывали видовой состав флоры и особенности распространения. Места отбора проб наносили на рабочие карты. В качестве сравнительного материала были использованы пробы растений из других регионов Кыргызстана, а также литературные данные. Нами также был проведен анализ почвенного покрова (0–20 см)

на 10 участках на содержание Au, Ag и S как основных и сопутствующих элементов в данной провинции (табл. 2).

Анализ почвенного покрова (9, 26) в данной провинции показал, что уровень золота в верхнем слое почвенного покрова в среднем равен 0,1 мг/кг сухого вещества, но в верхнем участке 1-й и 2-й уровень концентрации повышен в 2–2,5 раза и равняется до 0,25 мг/кг сухого вещества. По нашим наблюдениям это связано с тонким слоем почвенного покрова и близким расположением горных пород.

Одним из основных сопутствующих элементов в данной золоторудной провинции является серебро. Поэтому нами проводился анализ уровня серебра в почвенном покрове, в целом концентрация серебра в верхнем слое почвенного покрова составляла на уровне 1 мг/кг сухого вещества во всех исследованных участках. По нашим результатам загрязнение и распространение серебра техногенного характера в данной провинции не отмечено.

Следующим основным сопутствующим элементом в данном рудопроявлении является сера. Анализ серы почвенного покрова (0–20 см) на участках 4, 5, 6 и 8 показал, что концентрации общей серы повышены от трех до шести раз.

В золе растений золото впервые обнаружено французским химиком Клодом Луи Бертолле в XVIII веке. По современным данным содержание золота в некоторых гумусовых почвах достигает 0,5 г/т. Растения, произрастающие на таких участках, поглощают золото, сосредоточивая его в корневой системе, стеблях, стволах и в ветвях. В настоящее время разработаны методы поиска месторождений (биогеохимические), основанные на выявлении ареалов с повышенным содержанием золота в золе растений.

Установлено, что в золе некоторых растений пустынь золота содержится в 40–150 раз больше, чем в почве. В полыни, произрастающей в месторождении, количество золота колеблется от 4,7 до 85 г на 1 т золы, тогда как в полыни, растущий за пределами месторождения, оно не превышает 4–5 г на 1 т. Накапливают золото также хвощ полевой (*Equisetum arvense*), представители рода зайцегуб (*Lagochilus*) — растения из семейства губоцветных, нередко встречающиеся в горных районах Центральной Азии, овсяница красная (*Festuca rubra*), кукуруза и дуб. В растениях овсяницы красной может содержаться 95,05 мг золота на 1 т растительного материала. Особенно богаты этим



элементом семени. Среднее содержание золота в растениях со свинцово-серебряных копей – 1,71 мг на 1 т, а с золотых приисков – в 2 раза больше и составляет 3,42 мг на 1 т (9, 21).

Биогеохимический анализ растительного покрова Джеруйской золоторудной провинции проведен нами по поясам (табл.3). Из таблицы видно, что уровень концентрации – Au, Ag и S в природной провинции Джеруй на уровне фона или немного выше, но в пределах нормы. Особых изменений в растительном покрове нами не обнаружено, кроме участков, где разрушен почвенно-растительный покров (строительные работы, дороги и др.).

#### Заключение

1. Кривофитные низко- и среднетравные луга и степи, среднегорные мелкодерновинные степи, распространенные в районе золоторудного месторождения Джеруй, – характерные типы растительности высокогорий и среднегорий хребтов Северного и Внутреннего Тянь-Шаня Кыргызстана.

2. Растительный покров района рудника Джеруй представлен вторичными сообществами, относящимися к категории устойчивых длительно-производных низкопродуктивных антропогенных сообществ, сформировавшихся под влиянием многовекового выпаса. Хозяйственное их значение – летние выпаса для сельскохозяйственных животных.

3. При рекреационных работах для закрепления отвалов хвостохранилищ желательно использовать местные растения естественных природных кривофитных растительных сообществ лугов и степей: *Festuca kryloviana*, *F. sulcata*, *Geranium collinum*, *Kobresia humilis*, *K. capilliformis*, *Poa alpina*, *P. angustifolia*, *Phlomis oreophila*.

4. В почвенном покрове в данной золоторудной провинции концентрации золота в районе карьера немного повышены по сравнению с другими участками, это связано с горной рудой, поскольку на данном участке находится открытый карьер. По серебру особых изменений не обнаружено. Нужно отметить, что на нижних участках почвенного покрова концентрация серы немного повышена по сравнению с другими участками.

5. В целом Джеруйская золоторудная провинция в эколого-биогеохимическом отношении (Au, Ag, S) является естественной природной провинцией с небольшими изменениями в пределах фона, но при разработках могут быть изменения естественного фона провинции, поэтому необходимо периодически проводить экологический мониторинг.

#### Литература

1. Аболин Р.И., Советкина М.М. Горные пастбища Талас-Суусамырского района. Материалы комиссии экспедиционных исследований АН СССР, – С. Киргизия. – Вып. 27. Изд-во АН СССР. – СПб., 1930. – 284 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М., 1970. – 146 с.
3. Бакиров А. Минеральные богатства Кыргызстана // Наука и новые технологии. – 1997. – № 4. – С. 52–60.
4. Биогеохимический круговорот веществ в биосфере / Под ред. В.А. Ковда. – М.: Наука, 1987. – 137 с.
5. Бондарев Л.Г. Микроэлементы: благо и зло. – М.: Знание, 1984. – 144 с.
6. Выходцев И.В. Вертикальная поясность растительности Киргизии (Тянь-Шань и Алай). – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 83 с.
7. Геология СССР, Киргизская ССР. Том XXV. Полезные ископаемые. – М.: Недра, 1985. – 226 с.
8. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
9. Дженбаев Б.М. Геохимическая экология наземных организмов. – Бишкек, 2009. – 240 с.
10. Доолоталиев С. Полезные ископаемые Кыргызстана и их использование. – Бишкек: Илим, 1996. – 231 с.
11. Ермаков В.В. Развитие учения о природных и техногенных биогеохимических провинциях как основы современных биосферных исследований // Микроэлементы в СССР. – Рига: Зинатне, 1991. – Вып. 32. – С. 68–75.
12. Ионов Р.Н. Оценка состояния почв и биологических ресурсов в районе золоторудного месторождения Джеруй Таласской обл. Рукопись. Отчет. – 1999. – 36 с.
13. Ионов Р.Н. Растительный мир // Горы Кыргызстана. – Бишкек: Технология, 2001. – С. 121–138.
14. Ионов Р.Н., Лебедева Л.П. Степи Кыргызстана // Бюллетень «Горы Центральной Азии». – Бишкек, 2002. – № 2. – 75–82 с.
15. Ионов Р.Н., Лебедева Л.П. Кривофитные среднетравные (субальпийские) луга Кыргызстана // Труды заповедников Кыргызстана. – Бишкек, 2005. – С. 27–38.
16. Ионов Р.Н., Л.П. Лебедева. Кривофитные низкотравные (альпийские) луга Кыргызстана. – Известия НАН. – 2008. – № 4. – С. 72–76.
17. Ионов Р.Н., Лебедева Л.П. Субнивальная растительность горных систем Тянь-Шаня и Алая

- Кыргызстана. – Известия НАН, 2007. – № 4. – С. 76–84.
18. *Ионов Р.Н., Иманбердиева Н.А., Лебедева Л.П.* Высотные (криофитные) степи Кыргызстана. – Известия НАН. 2010. – № 2. – С. 788–94.
  19. *Камелин Р.В.* Краткий очерк растительного покрова Киргизии / Пименова М.Г., Ключева Е.В. «Зонтичные Киргизии». – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 5–18.
  20. *Карпов Ю.А., Савостин А.П.* Методы пробоотбора и пробоподготовки. – М., Бином, лаб. знаний, 2003. – С. 68–79.
  21. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология: Очерк. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
  22. *Корчагин А.А.* Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. – М.: Л., 1964. – Т. 3. – С. 39–62.
  23. Красная книга СССР. Второе издание. Том второй. М.: Лесная промышленность, 1984. – С. 17–407.
  24. Красная книга Кыргызской Республики. Второе издание. – Бишкек: Госагентство по охране окружающей среды и лесному хозяйству. – БПИ НАН КР/ Экологическое движение «Алейне», 2007. – С. 46–225.
  25. *Ладыгина Г.М., Литвинова Н.П.* Обзорное картографирование растительности гор Средней Азии // Геоботаническое картографирование. – Л.: Наука, 1990. – С. 3–38.
  26. *Мамытов А.М., Воронов С.И., Мамытова Д.А.* и др. Систематический список почв Кыргызской Республики. – Бишкек: Илим, 1995.
  27. *Методические указания по бонитировке почв Кыргызской Республики / Мамытов А.М., Воронов С.И., Эсенбаев К.Э. и др.* – Бишкек, 1994. – 27 с.
  28. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Под ред. Н.Г.Зырина. – М.: Гидрометиздат, 1981. – 108 с.
  29. Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры. – Ташкент: ФАН, 1968. – 1993. – Т. I–X.
  30. *Осмонбетов К. О.* Горнопромышленные районы Кыргызстана и защита окружающей среды / Сборник научн. докл. междунар. научно-практ. конф. «Экологические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов гор Тянь-Шаня». – Бишкек, 2002. – С. 33–35.
  31. *Понятовская В.М.* Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. – М., Л., 1964. – Т. 3. – С. 209–299.
  32. Растительность Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области)/ Пояснительный текст и легенда к карте. Масштаб 1:2 500 000. Главн. редактор Е.И. Рачковская С. – СПб., 1995. – С. 1–66.
  33. Руководство по эксплуатации. Спектрометр атомно-абсорбционный «МГА-915», 2004. – 84 с.
  34. *Тахтаджян А.Л.* Флористические области Земли. – Л.: Наука, 1978. – 248 с.
  35. Флора Киргизской ССР. Фрунзе: Изд-во АН КиргССР, 1950. – 1965. – Т. I–XI.
  36. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб., 1995.

## БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 619.578.835.1

## Культивирование вируса ящура типа А из штамма Чуй-2002

Р.З. НУРГАЗИЕВ – докт. ветерин. наук, член-корр., профессор

Н.Т.ДЖАПАРАЛИЕВ – канд. биолог. наук

А.Р.НУРГАЗИЕВА – научный сотрудник

Cultivation of foot-and-mouth disease virus of A type from the strain Chui-2002 is represented in the article.

**Введение**

Использование культуры клеток в вирусологии явилось важным событием, послужившим основой для выделения многочисленных новых вирусов, их идентификации, клонирования, изучения их взаимодействия с клеткой. Появилась возможность получения культуральных вакцин.

В настоящее время культура клеток является основной биологической системой для репродукции вирусов и получения вирусосодержащих суспензий, используемых при изготовлении вакцинных и диагностических препаратов (2).

Перевиваемые клеточные линии, которые получают из трансформированных клеток, способны размножаться *in vitro* в течение продолжительного времени. Часто они теряют сходство с теми клетками, от которых произошли, претерпевая в течение длительного культивирования последовательные мутации (1).

Первую культуральную, инактивированную вакцину против ящура для практического применения предложил Френкель, 1947. Вирус ящура хорошо размножается в различных системах как *in vivo*, так и *in vitro*, в организме сельскохозяйственных и лабораторных животных, в культурах тканей и клеток (3). В качестве чувствительных к вирусу ящура культур вначале пользовались эксплантатами эпителия языка крупного рогатого скота, затем перешли на первичные культуры кле-

ток почек телят, ягнят, поросят и суспензионную культуру перевиваемых линий. Далее технологии по изготовлению вакцин против ящура усовершенствовались и модернизировались.

Важным этапом при подготовке к производственному культивированию является адаптация вируса ящура к клеточным культурам. Штаммы этого вируса неодинаково ведут себя при адаптации и репродукции в культуре клеток. Долгое время было принято заражать вирусом ящура на суспензионной культуре ВНК-21. Позже оказалось, что и на других культурах клетки можно культивировать вирус ящура. Однако наиболее приемлемым и удобным для сбора урожая и дальнейшего использования в приготовлении культуральных вакцин лучше использовать ВНК-21(4).

**Материалы и методы**

Для исследований нами были использованы перевиваемые культуры клеток различного происхождения – почка свиньи IBRS-2, почка сирийского хомячка (ВНК-21), первично-трипсицинированной культуре почка свиньи (СП).

Патологический материал от больных животных, где был установлен вирус ящура типа А.

Для адаптации и накопления вируса ящура в первичной и перевиваемой линиях культур клеток использовали 10% суспензию, приготовленную из стенок афт КРС.

Выращивание клеток проводили по общепринятой методике с использованием среды Игла с 5–10% фетальной сывороткой крови КРС. Монослой клеток формировался на 2–3 сутки культивирования.

#### Результаты собственных исследований

Для проведения исследований по культивированию мы взяли штамм А22 № 550 (афты КРС). Накопление вируса определяли титрованием первичной культуры клеток СП титр 5,75. Первый пассаж через 36 часов титр на ВНК-21 составлял 4,0. Затем провели последовательно 4 пассажа по 24 часа, при этом получили следующие титры 6,25, 7,5, 6,0, 6,75.

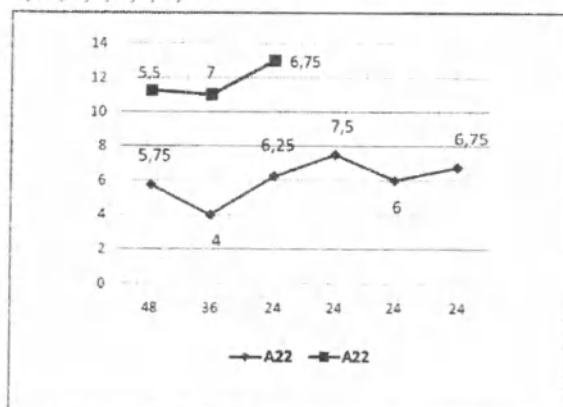


Диаграмма 1. Культивирование штамма А22.

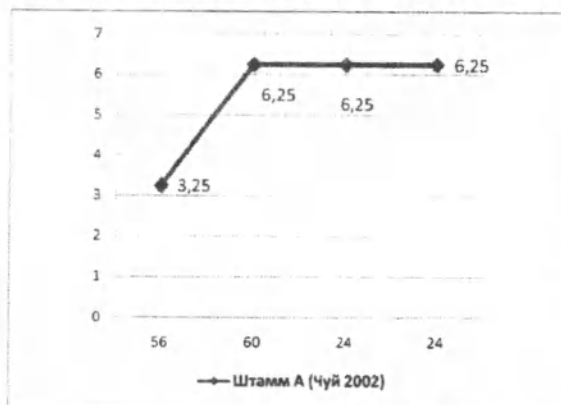


Диаграмма 2. Культивирование штамма А (Чуй-2002).

Также штамм А22 культивировали на культуре IBRS, получили следующие титры 5,5, 7,0, 6,75. В результате чего удалось повысить выход вируса приблизительно на один порядок (диаграмма Культивирование штамма А22).

Штамм А (Чуй-2002) первый пассаж адаптировали к культуре клеток ВНК-21. Затем на культуре клеток IBRS-2 три пассажа, при этом получили данные титры 3,25, 6,25, 6,25, 6,25. Накопление вируса также удалось повысить на один порядок.

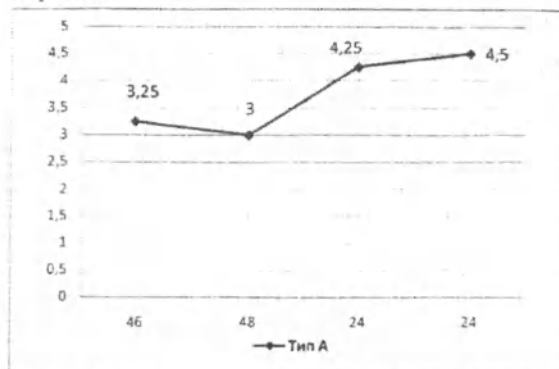


Диаграмма 3. Культивирование типа А.

Афтозный материал (КРС) пассировали на культуре клеток IBRS-2 первый пассаж, затем на ВНК-21 (второй пассаж) и на IBRS-2 (третий и четвертый пассажи), при этом получили данные титры 3,25, 3, 4,25, 4,5. После первого пассажа титр вируса был приблизительно на 2 ряда выше в культуре клеток IBRS-2, чем в ВНК-21.

#### Резюме

В результате проведенных экспериментов было установлено, что из двух испытанных культур клеток, пригодной для культивирования вируса ящура типа А22, оказались ВНК-21 и IBRS. Культуру клеток IBRS-2 предпочтительнее использовать для накопления вируса ящура. Чтобы получить высокий титр вируса достаточно 2–3 пассажа на культуре клеток IBRS-2.

#### Литература

1. Дьяконов Я.П. Животная клетка в культуре. – М.: РАСХН, 2009.
2. Дудников А.И., Михалишин В.В., Борисов В.В., Старов С.К. Усовершенствование существующих и разработка новых биологических препаратов, предназначенных для профилактики и ликвидации ящура// Российский ветеринарный журнал. – 2008.
3. Бойко А.А. Ящур и его искоренение – М.: Колос, 1964.
4. Ходакова Н.Н., Стариков В.А., Михалишин Д.В. Заражение суспензионной культуры клеток ВНК/2-17 малыми дозами вируса ящура.

УДК 632.2:631.52:581.1(04)

## Выделение линий гермоплазмы растений рода *Scutellaria*

Т.П. ЧЕРНЫШЕВА – канд. биол. наук,  
И.В. БАБЧЕНКО – научн. сотр.,  
Р.А. АЛФИМОВА – научн. сотр.,  
Б.А. АСАНАКУНОВ – научн. сотр.,  
А.Р. УМРАЛИНА – канд. биол. наук,

Establishment in vitro of germplasm lines of two *Scutellaria* genus species and their analysis on flavonoid content and antioxidant activity is discussed in the paper.

Род *Scutellaria* (шлемник) семейства *Lamiaceae* широко распространен в Северном полушарии и насчитывает более 350 видов [1,2]. Растения широко используются в традиционной медицине Китая, Индии, Кореи, Японии, а также в европейских странах и в Северной Америке при лечении ряда заболеваний, включая онкологические, гепатит, цирроз, нервные расстройства, сердечно-сосудистые и другие. Шлемники используются в альтернативной медицине как противовоспалительное, антиспазматическое, вяжущее, жаропонижающее, успокоительное, седативное и сильное тонизирующее средство [3,4]. Высокая физиологическая активность и лечебное действие растений рода *Scutellaria* обусловлены содержанием большого набора флавоноидных соединений, таких как байкалин, байкалеин, вогонин, вогонозид и др. [5,6].

Развитие биотехнологии ведет к получению новой категории гермоплазмы, включающей клоны, получаемые из генотипов, клеточных линий с особыми свойствами и генетически трансформированного материала [7]. Эта новая гермоплазма часто имеет повышенную ценность и очень трудна для получения. Поэтому разработка эффективных методов, обеспечивающих ее безопасное сохранение, имеет первостепенную важность.

Фармакологические свойства растений рода *Scutellaria* определяют важность изучения биоразнообразия шлемников в Кыргызстане, среди которых много эндемиков, а также исследование их биосинтетических свойств, сохранение и использование гермоплазмы методами биотехнологии.

В Кыргызстане насчитывается 32 вида растений рода *Scutellaria*, из них эндемичными являются 17 видов.

Целью настоящего исследования являлось получение линий гермоплазмы и отбор фармакологически перспективных линий для использования в дальнейших исследованиях. Объектами являлись два эндемичных вида шлемников: *Scutellaria andrachnoides* Vved. и *Scutellaria lanipes* Juz.

Маркерами для отбора линий служили скорость роста линии, антиокислительный потенциал и содержание флавоноидов в надземной части и корнях культуры.

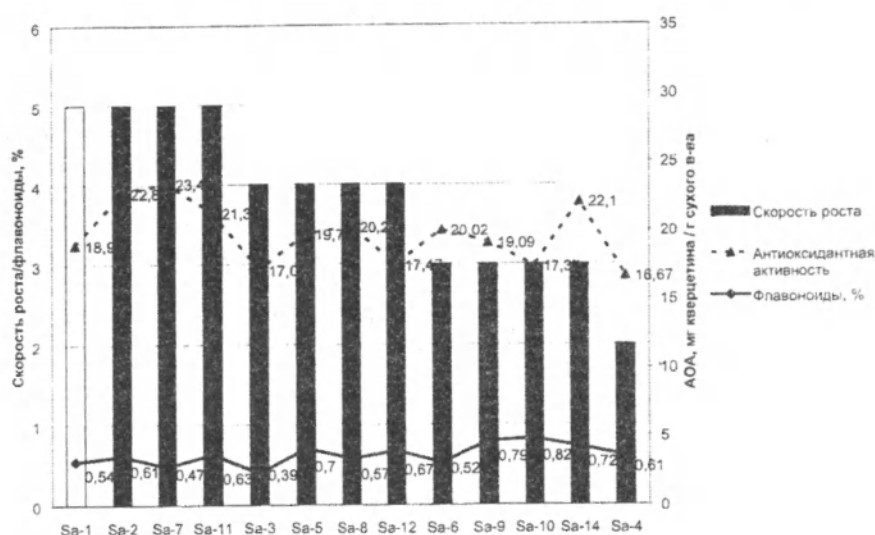
Семена были простерилизованы и пророщены в чашках Петри с половинной средой Мурасиге и Скуга [8]. Из 42 семян *S. andrachnoides* было получено 14 индивидуальных стерильных растений. Из 50 семян *S. lanipes* было получено 21 индивидуальное растение.

Таблица

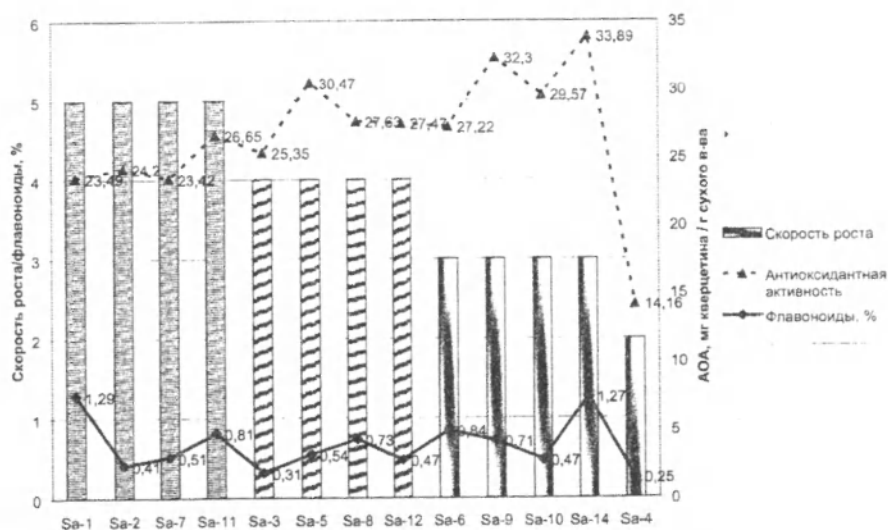
Скорость роста, АОА и содержание флавоноидов у линий *S. lanipes*

№ линии	Скорость роста	Часть растения	АОА, мг кверцетина/г сух. в-ва	Сумма флавоноидов, %
SI-1	+++	надземная часть	21,37	0,86
		корни	17,80	0,91
SI-2	+++++	надземная часть	23,29	0,58
		корни	—	—
SI-3	+++++	надземная часть	20,91	0,58
		корни	16,81	0,52
SI-4	+++	надземная часть	48,28	1,35
		корни	66,36	3,40
SI-5	+++++	надземная часть	30,05	0,64
		корни	30,72	1,12
SI-6	+++++	надземная часть	17,49	0,91
		корни	—	—
SI-7	+++	надземная часть	32,05	0,81
		корни	22,54	0,58
SI-8	+	надземная часть	—	—
		корни	—	—
SI-9	+++	надземная часть	26,95	0,77
		корни	16,34	0,55
SI-10	+++	надземная часть	—	—
		корни	—	—
SI-11	+++	надземная часть	24,66	0,62
		корни	36,32	1,12
SI-12	+++	надземная часть	25,77	0,88
		корни	42,69	1,58
SI-13	+++++	надземная часть	18,21	0,84
		корни	33,34	1,36
SI-14	+++	надземная часть	—	—
		корни	30,82	0,80
SI-15	+++++	надземная часть	27,81	0,49
		корни	39,86	1,52
SI-16	+++++	надземная часть	30,70	0,96
		корни	30,75	1,05
SI-17	+++++	надземная часть	23,86	1,08
		корни	—	—
SI-18	++	надземная часть	—	—
		корни	—	—
SI-19	+++	надземная часть	37,35	0,76
		корни	38,58	0,81
SI-20	++++	надземная часть	27,62	0,15
		корни	44,26	0,29
SI-21	+++	надземная часть	27,56	0,74
		корни	24,83	0,74





а)



б)

Диаграмма. Содержание флавоноидов и АОА в надземной части (а) и корнях (б) выделенных линий гермоплазмы *S. Andrachnoides*.

Проростки затем были высажены в питательную среду Гаг-юрга [9] и помещены в условия с 16-часовым световым днем, при температуре +20–22°C. Проростки клонально размножали и поддерживали в культуре в течение 2 лет как отдельные линии гермоплазмы.

При каждом посеве визуально оценивались скорость и характер роста линий. Скорость роста измерялась по 5-балльной шкале. Многие растения отличались быстрым ростом, они образовывали междоузлия, но не вытягивались в высоту. Были и очень хорошо растущие линии. Отбор и

размножение начинающих вытягиваться эксплантов внутри линии позволил перевести несколько линий из разряда плохо растущих в хорошо растущие. Все линии поддерживались в культуре для накопления биомассы для проведения анализов на антиоксидантную активность (АОА) и содержание флавоноидов.

Хорошим ростом характеризовались следующие линии *S. lanipes*: Sl-2, Sl-3, Sl-5, Sl-6, Sl-13, Sl-15, Sl-16, Sl-17, Sl-20 (табл.). В этих линиях было определено содержание флавоноидов и АОА корней и надземной части растений. Недостаток биомассы не позволил провести соответствующие анализы для медленно растущих линий (табл.).

Анализ выявил, что линия Sl-4 имела наиболее высокие показатели АОА и содержания флавоноидов как в корнях, так и в надземной части. Наибольшее содержание флавоноидов в корнях было у линий Sl-12 и Sl-15, 1,58 и 1,52% соответственно. Интересно отметить, что скорость роста этих линий была средней. Корреляции между АОА и содержанием флавоноидов, как надземной части, так и корней, у большинства линий не наблюдается.

Быстрорастущими линиями *S. andrachnoides* были линии Sa-1, Sa-2 Sa-7 и Sa-11, наиболее проблемными – Sa-4 и Sa-13. Для линии Sa-13 не удалось получить стабильного роста, экспланты быстро гибли, вследствие этого не представилось возможности накопить растительный материал, достаточный для анализа. Остальные линии почти не отличались по скорости роста.

На диаграмме представлено содержание флавоноидов и АОА в надземной части (а) и корнях (б) линий гермоплазмы, объединенных в группы по ростовым характеристикам. АОА и содержание флавоноидов в надземной части всех линий были на относительно одном уровне, т.е. скорость роста не влияла на накопление флавоноидов и антиокислительный потенциал.

Напротив, содержание флавоноидов и АОА в корнях заметно различалось между линиями, причем наиболее высокую АОА имели линии со средней скоростью роста. По содержанию флавоноидов выделялись две линии – Sa-1 и Sa-14, содержание в которых превышало 1% (диаграмма). Наиболее интересной представляется линия Sa-14, имеющая при высокой концентрации флавоноидов и самую высокую АОА в корнях.

Результаты наших исследований показывают, что получение линий гермоплазмы растений рода *Scutellaria* методом *in vitro* позволяет выделять наиболее перспективные генотипы. Полученные нами наиболее перспективные линии *S. andrachnoides* используются в дальнейших биотехнологических исследованиях, в том числе по получению культур трансформированных корней. Таким образом, показано, что отбор линий гермоплазмы является эффективным инструментом для дальнейшего изучения биосинтетической активности растений рода *Scutellaria*.

#### Литература

1. Paton, A. A. Global taxonomic investigation of *Scutellaria* (Labiatae) // Kew Bull. – 1990. – Vol. 45. – P. 399–450.
2. Cole I.B., Saxena P.K. and Murch S. J. Medicinal biotechnology in the genus *Scutellaria* // In Vitro Cell Dev Biol-Plant. – 2007. – Vol. 43. – P. 318–327.
3. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Hippuridaceae-Lobeliaceae. – СПб: Наука, 1991. – С. 86–87.
4. Махалюк В.П. Лекарственные растения в народной медицине. – М.: Нива России, 1992. – 477 с.
5. Joshee N. and Yadav A.K. Micropropagation of *Scutellaria integrifolia* L. // 10th IAPTC&B Congress, 23–28 June, Orlando, FL (Abstr.). – 2002. – P. 1405.
6. Murch S.J., Rupasinghe H.P., Goodenowe D., Saxena P.K. A metabolomic analysis of medicinal diversity in Huang-qin (*Scutellaria baicalensis* Georgi) genotypes: discovery of novel compounds // Plant Cell Reports. – 2004. – V. 23(6) – P. 419–425.
7. Engelmann F. In vitro conservation methods // In Biotechnology and Plant Genetic Resources: Conservation and Use, CAB International, Wellingford. – 1997. – P. 119–161.
8. Murashige T. and Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. – 1962. – V. 15. – P. 473–497.
9. Gamborg O.L., Miller R.A. and Ojima K. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells // Exp. Cell Res. – 1968. – V. 50. – P. 151–158.

УДК: 542.953: 66.095.252:547.338 547.776(575.2)(04)

## Биоокисление руды месторождения Кумтор аборигенной микрофлорой и адаптированным штаммом *Acidithiobacillus ferrooxidans*

Б.ИМАНАКУНОВ – д.х.н., академик НАН КР  
Н. В.ГУЦАЛЮК – научный сотрудник

Biotechnological methods of metals extraction are known and widely used in world practice. All they are based on using of microorganisms or their metabolites. The purpose of present investigations-producing of high productive micro flora strains capable of oxidizing of Kumtor deposit sulphide ores.

Золоторудные месторождения Кыргызской Республики в основном представлены двумя рудными формациями: золото-кварцевой и золото-сульфидной.

На золото-кварцевых месторождениях (Мак-мал, Джеруй, Солтон-Сары, Джамгыр, Коматор, Тохтазан, Ункурташ) золото свободное, в кварце, с очень неравномерным распределением. Часто содержание золота высокое (10–32 г/т), золотинок крупные (1–2 мм). Обогащение руд возможно гравитацией.

На золото-сульфидных месторождениях (Кумтор, Талдыбулак Левобережный, Иштамберды, Ту-юк, Бозымчак, Ничкесу, Терек и др.) золото тесно связано с сульфидами – пиритом, халькопиритом, арсенопиритом. Количество сульфидов – 10–30%. Золото тонкое (тысячные и сотые доли мм), высокопробное. Руда обогащается флотацией.

На уникальном месторождении Кумтор (запасы золота 732 т) извлекаемость конечного продукта в 2010 г. составляла 70–80%. Потери *Au* от 20 до 30% обусловлены прежде всего сложностью разрушения пирита и извлечения мелкодисперсного золота из сульфида методом прямого цианирования. Подобные проблемы в мировой практике решают-

ся применением биотехнологии с использованием бактерий рода *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

Многоэтапность процесса обуславливает необходимость привлечения к его осуществлению самых различных специалистов: микробиологов, генетиков, химиков, биохимиков, биотехнологов, инженеров-технологов, конструкторов и др.

Известно, что любой биотехнологический процесс состоит из ряда этапов:

- выделение микрофлоры
- очистка
- модификация
- культивирование
- использование продуктов метаболизма.

Из литературных источников известно, что окислять восстановленные соединения серы (например, сероводород, тиосульфат, молекулярную серу и др.) могут представители разных групп эубактерий. Это могут быть фототрофы, осуществляющие бескислородный фотосинтез, некоторые типичные гетеротрофные бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, а также группы бесцветных серобактерий и тионовых бактерий. Из всех вышеперечисленных групп бактерий только тионовые используют процесс окисления

*Acidithiobacillus ferrooxidans*

Рис. 1

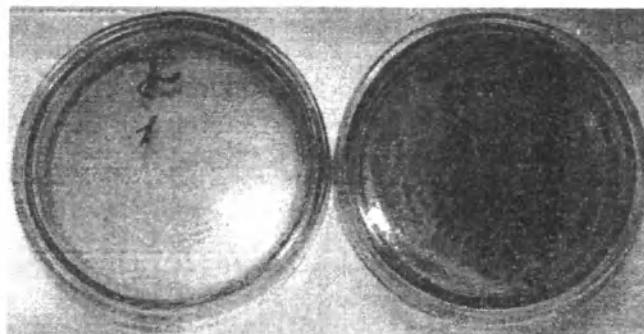


Рис. 2



Рис. 3.

серы и её неорганических восстановленных соединений для получения клеточной энергии. Для остальных групп микрофлоры процесс окисления серы и её восстановленных соединений служит источником электронов при фотосинтезе или для детоксикации, образующейся при дыхании перекиси водорода.

Помимо молекулярной серы ( $S^0$ ), тионовые бактерии способны окислять с получением энергии сульфид ( $S^{2-}$ ), тиосульфат ( $S_2O_3^{2-}$ ), сульфит ( $SO_3^{2-}$ ), тритионат ( $S_2O_8^{2-}$ ), тетраионат ( $S_4O_8^{2-}$ ). Некоторые тионовые бактерии могут получать энергию за счёт окисления тиоцианата ( $CNS^-$ ), диметилсульфида ( $CH_3SSCH_3$ ), а также сульфидов тяжёлых металлов. Эти свойства тионовых бактерий имеют практическое применение для выщелачивания обеднённых руд в горноперерабатывающей промышленности.

В наших исследованиях следует разграничивать микроорганизмы с перекисным механизмом окисления молекулярной серы и её восстановленных соединений и «железоокисляющие» от тионовых бактерий. Это тем более актуально, поскольку таксономические тесты для тионовых бактерий в известных определителях имеют существенные недоработки.

Растворение сульфидов тяжёлых металлов происходит благодаря совместному действию многих процессов:

(1) бактериального окисления восстановленных соединений серы до серной кислоты ( $FeS_2 + 3\frac{1}{2} O_2 + H_2O \rightarrow FeSO_4 + H_2SO_4$ )

(2) бактериального окисления элементарной серы до серной кислоты ( $S + 1\frac{1}{2} O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ )

(3) бактериального окисления  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  ( $FeSO_4 + \frac{1}{2} O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$ )

(4) химического окисления нерастворимых солей тяжёлых металлов до растворимых сульфатов и серы ( $MeS + 2Fe^{3+} \rightarrow Me^{2+} + 2Fe^{2+} + S$ ).

Таким образом, бактерии поставляют серную кислоту, а также регенерируют  $Fe^{3+}$ , оба этих компонента расходуются при окислении сульфидных руд.

Из всех представителей зубактерий, способных к окислению железа, только облигатно ацидофильные формы могут использовать энергию окисления  $Fe^{2+}$  для ассимиляции  $CO_2$ , т.е. существовать хемолитоавтотрофно. Именно они являются истинными железобактериями. Для остальных микроорганизмов образование окислов железа не связано с получением энергии и происходит в результате неспецифических реакций ионов ме-

## Аборигенная микрофлора месторождения Кумтор

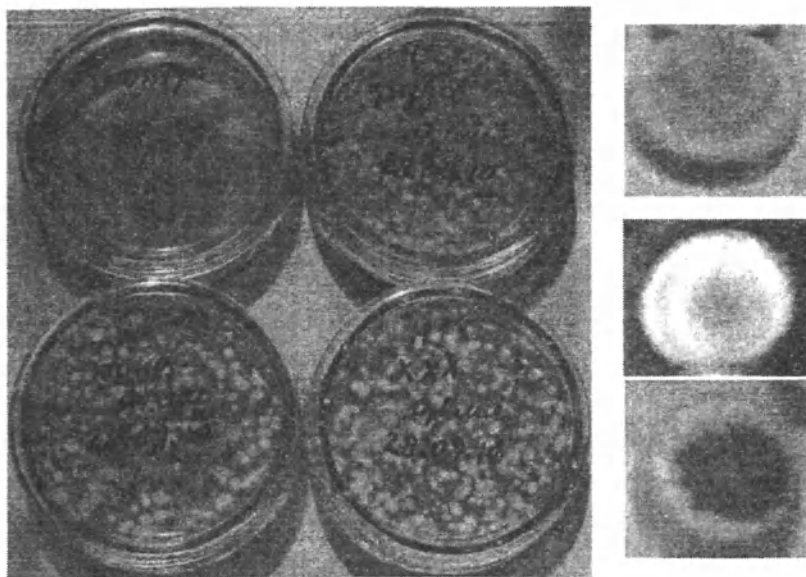


Рис. 4.

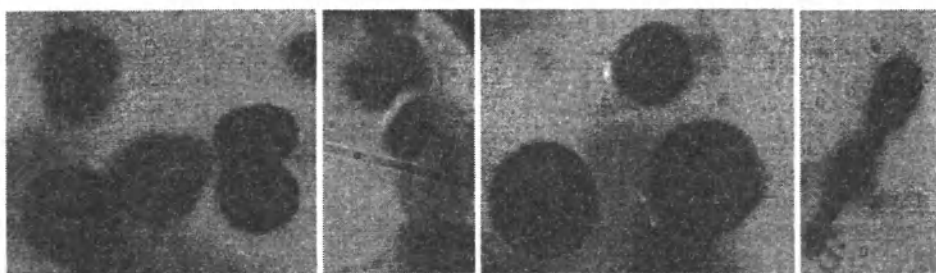


Рис. 5.

Рис. 6.

таллов с продуктами метаболизма, прежде всего продуктами неполного восстановления  $O_2$ . Этот факт необходимо учитывать в исследованиях для определения группы тионовых бактерий при их идентификации.

Основной целью наших исследований является получение высокоактивных техногенных штаммов микрофлоры для нужд золоторудных месторождений Кыргызстана (разработки и применения методов биоготехнологии).

Следует отметить, что существует множество определений понятия «штамм».

В своих работах мы руководствовались следующим определением, взятым из биологического энциклопедического словаря: «штамм» (от нем. *Stamm*) – чистая культура микроорганизма, выделенного из определённого источника или по-

лученного в результате мутаций. Разные штаммы одного и того же микроорганизма могут различаться по ряду свойств (например, скоростью окисления или восстановления металлов, способностью к биосорбции металлов и т.п.).

Нами выделены из различных природных объектов месторождения Кумтор аборигенные штаммы микрофлоры *4K* (рис. 4), *RN* (рис. 5), *RK* (рис. 6).

Оценку чистоты культур проводили посевом на твёрдые органические и минеральные среды (*РПА* и *9К*).

Изучена морфология, физиолого-биохимическая активность, тинкториальные свойства аборигенных штаммов микроорганизмов выделенных из руды, концентрата и хвостов месторождения Кумтор.



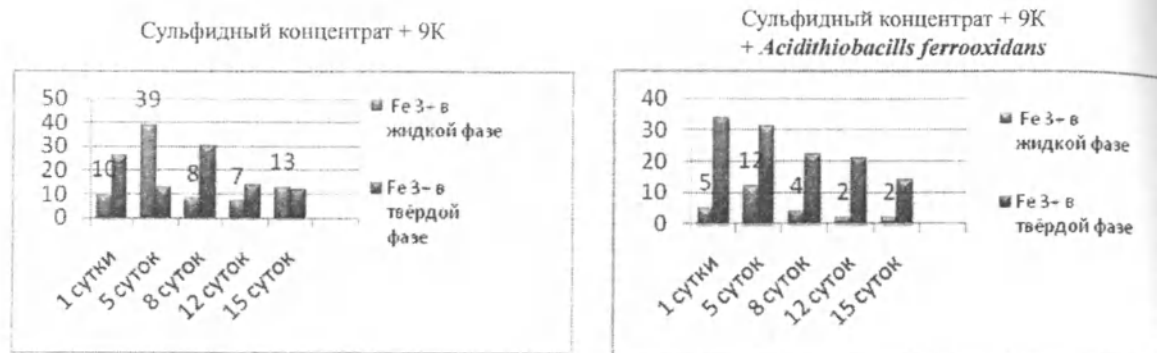


Рис. 7.

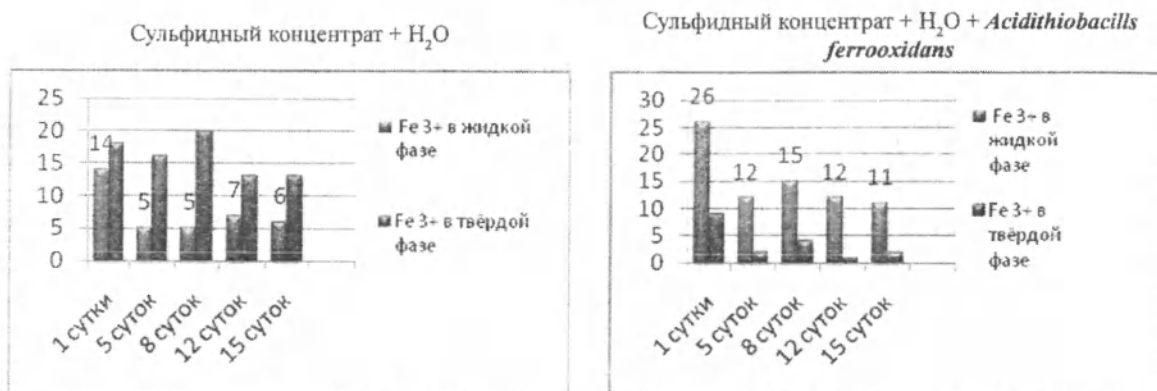


Рис. 8.

Процесс бактериального окисления сульфидных руд музейными штаммами *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Acidithiobacillus thiooxidans* планируется проводить в нестерильных условиях (для максимального сближения с промышленным технологическим процессом). Поэтому необходимо определить совместимость музейных штаммов с аборигенными видами микрофлоры, так как аборигенная микрофлора более приспособлена к минеральному составу руды и может в некоторых случаях подавлять развитие *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Acidithiobacillus thiooxidans*.

Природно-климатические условия Кыргызской Республики практически исключают применение таких биотехнологий, как кучное и подземное выщелачивание металлов. Эти методы неприемлемы для регионов с низкими температурами, а следовательно, и для высокогорных регионов. Наиболее универсальным способом для биотехнологий в КР предполагается чановое выщелачивание, так как проводится в специальных ёмко-

стях, обеспечивающих обогрев, перемешивание и аэрацию пульпы.

Применение чанового выщелачивания металлов предусматривает необходимость проведения следующих этапов исследовательских работ:

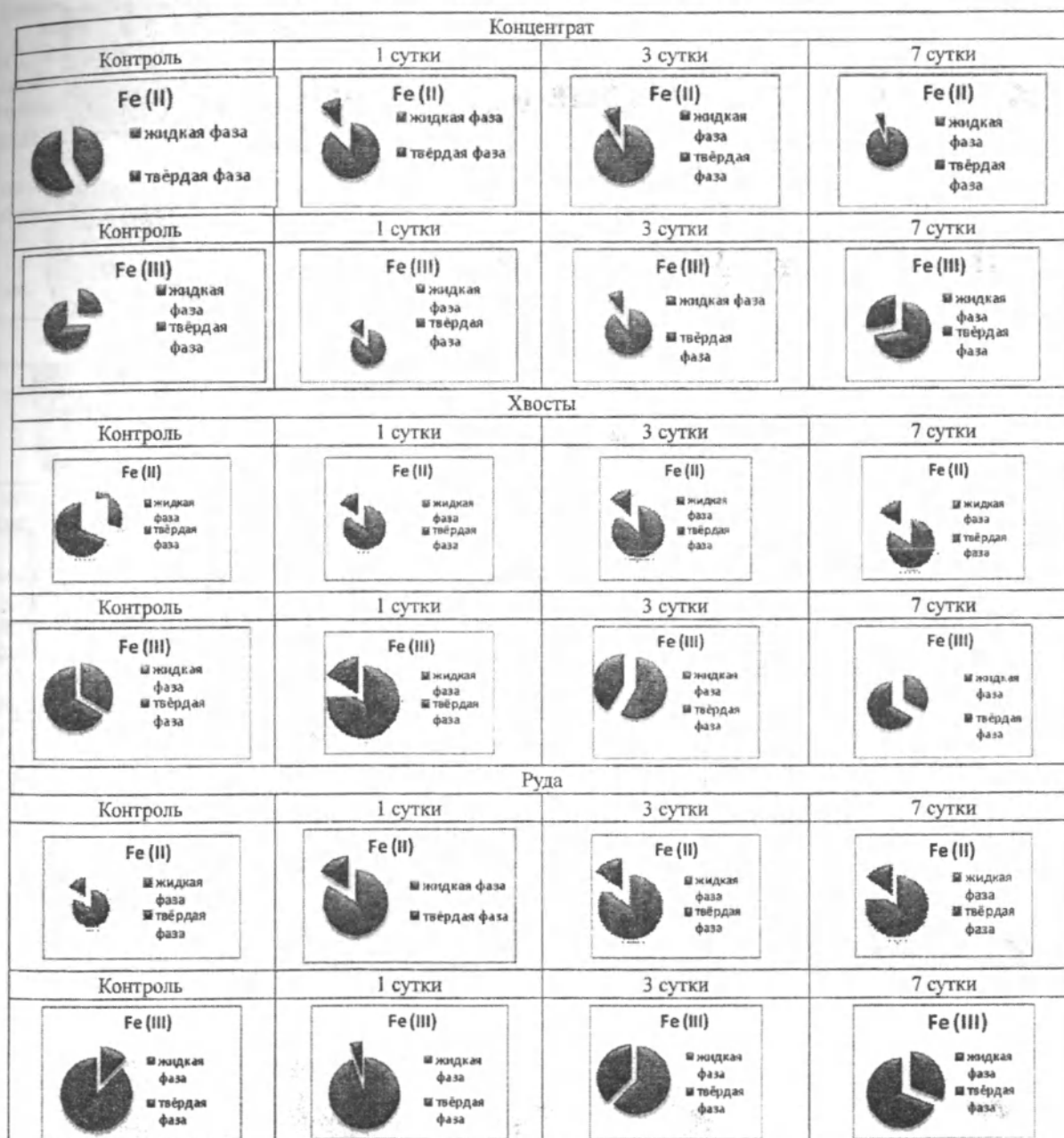
1. Определение принципиальной возможности биоокисления проб руды и концентрата (проведение химического, минералогического, гранулометрического анализа и т.д.).

2. Подготовку микрофлоры (монокультуры или ассоциации), активно окисляющей сульфидные концентраты (выделение или адаптация, наращивание биомассы, проверка на антагонизм и т.п.).

3. Лабораторные исследования по определению возможности применения чанового микробного окисления сульфидных концентратов (активность биомассы, кинетика извлечения металлов и т.п.).

При успешном завершении лабораторных испытаний необходимо также провести укрупнённо-лабораторный, пилотный и полупромышленный этапы исследований, прежде чем рекомендовать внедрение в производство биотехнологические

Динамика микробиологического окисления сульфида ассоциацией аборигенной микрофлоры и *Acidithiobacillus ferrooxidans* в руде, концентрате и хвостах месторождения Кумтор



\*\*\*) Окисление железа приводит к его удалению из раствора, а восстановление к его растворению.

Химическое окисление концентрата, хвостов и руды месторождения Кумтор		
Жидкая фаза		
Биологическое окисление аборигенной микрофлорой концентрата, хвостов и руды месторождения Кумтор		
Окисление концентрата адаптированными музейными штаммами <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> и <i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>		
Окисление концентрата ассоциациями аборигенной микрофлоры и музейными штаммами <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> и <i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>		
Окисление хвостов адаптированными музейными штаммами <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> и <i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>		
Окисление хвостов ассоциациями аборигенной микрофлоры и музейными штаммами <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> и <i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>		
Окисление руды музейными штаммами <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> и <i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>		
Окисление руды ассоциациями аборигенной микрофлоры и музейными штаммами <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> и <i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>		

\*\*\*) Увеличение интенсивности окраски раствора свидетельствует об увеличении содержания  $Fe^{3+}$  (красный) и  $Fe^{2+}$  (синий).

методы извлечения металлов из сульфидных руд и концентратов.

Нами проведены исследования по этапам 1 и 2. В настоящее время проводятся экспериментальные работы по этапу 3. Результаты экспериментальных работ представлены на диаграммах и на фото.

Все выделенные аборигенные штаммы микроорганизмов апробированы на следующие технологические параметры:

1. Биоаккумуляция и осаждение металлов.
2. Окисление и/или восстановление металлов.
3. Биосорбция металлов.
4. Межвидовой антагонизм (совместимость).
5. Способность сохранять свойства при длительном хранении на различных средах.
6. Скорость наращивания биомассы.
7. Безопасность.
8. Влияние внесения питательных сред для микрофлоры на биоокисление сульфидного концентрата (рис. 7 и 8).

На диаграммах представлено изменение содержания  $Fe^{3+}$  при биоокислении сульфидного концентрата адаптированным штаммом *Acidithiobacillus ferrooxidans* (с минеральными добавками и без добавок).

Установлено, что добавление минеральной питательной среды 9К способствует осаждению  $Fe^{3+}$ . Установлено, что:

- аборигенный штамм (RN) и адаптированные к местной руде музейные штаммы *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Acidithiobacillus thiooxidans* способны окислять растворённое  $Fe^{2+}$  в  $Fe^{3+}$ , создавая условия для окисления пирита.
- Процесс окисления можно проводить в нестерильных условиях, поскольку аборигенная микрофлора не подавляет *Acidithiobacillus ferrooxidans*, что позволит в технологии извлечения золота исключить дополнительные затраты.

- Установлено, что некоторые аборигенные штаммы (4K, RN) способны сорбировать металлы, что делает их перспективными для применения в гидрометаллургии (для биосорбции).

Возможно, что не для каждого месторождения биотехнологические методы окажутся приемлемыми и рентабельными, но в случае успеха эффективность извлечения конечного продукта повысится на 10–20%. Это не только позволит значительно повысить доходность отрасли, но и окажет значительный ресурсосберегающий и природосберегающий эффект.

Проведённые исследования являются основой для дальнейшей разработки биотехнологии извлечения золота из руды и отходов на ЗИФ Кыргызской Республики, что в свою очередь позволит:

- разработать технологию повышения производства золота за счёт сокращения его потери в отходах
- создать банк техногенных микроорганизмов, перспективных для биогидрометаллургии.

Настоящие исследования проводились при финансовой поддержке Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF).

#### Литература

1. Иманакунуов Б.И. Микробиологические методы извлечения мелкодисперсного золота из руд, отходов и обезвреживание сточных вод золотоизвлекающих предприятий Кыргызстана. – Известия НАН КР, 2010. – № 1. – С. 7–8.
2. Гусев М.В. Микробиология. – 1992.
3. Каравайко Г.И., Кузнецов С.И., Голомзик А.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. – М., 1972.
4. Каравайко Г.И. Микробиологические процессы выщелачивания металлов из руд. – 1984. – С. 88.
5. Биоготехнология металлов. Практическое руководство. Центр международных проектов ГКНТ. – М., 1989.

УДК: 618.98;579.852.11(575.2)(043)

**Методология и современные способы мониторинга  
и прогнозирования случаев вспышек особо опасных  
природно-очаговых болезней человека и животных  
на примере сибирской язвы**

А.Т. ЖУНУШОВ – член-корр. НАН КР, академик РАСХН,  
директор Института биотехнологии НАН КР

С.А. МАТКАРИМОВ – кандидат ветеринарных наук, ст.науч.  
сотр. Института биотехнологии НАН КР

ГАВРИЛОВА О.Н., – сан. врач Республиканского центра  
карантинных и особо опасных инфекций МЗ КР

ГАЙБУЛИН Д.Ш. – директор Республиканского центра  
карантинных и особо опасных инфекций МЗ КР

This paper discloses the behavior of anthrax manifestations and the pollution of the territory of Kyrgyzstan by *Bac.anthraxis* over the last 100 years. Novel methodologies and forecasting methods of anthrax outbreaks were fixed and new preventive measures of anthrax control were proposed on the basis of computer data base and electronic cadastre of anthrax natural foci and the analysis of anthrax manifestation seasonality in various regions of Kyrgyzstan.

Особенность третьего тысячелетия – это глобализация во всех сферах деятельности человека: в политике, экономике, социальной сфере. Что общего имеет компьютерная технология, свободная торговля, здравоохранение и заболеваемость? Все они представляют собой аспекты глобализации. Здравоохранение и заболеваемость являются глобальными вопросами, следующими за свободой передвижения и относительной открытостью границ. По словам лауреата Нобелевской премии в области микробиологии J.Lederberg, «для инфекций не существует национальных границ и мы дорого заплатим, если будем игнорировать тление инфекции повсюду».

Мир сегодня вновь оказался в положении, когда эпидемии бесконтрольно распростра-

няются по земному шару, но на этот раз с беспрецедентной скоростью, как следствие современных условий жизни. Урбанизация, ухудшение социально-экологических условий жизни людей, произошедшие изменения в технологии приготовления, хранения и способах транспортировки пищевых продуктов, резко возросшие миграционные процессы и международная торговля способствовали появлению новых и распространению хорошо известных возбудителей болезней.

Одним из таких вызовов XXI века, перед которым оказалось человечество, является возрождение старых и распространение новых опасных инфекционных болезней.



Исследования последних лет убедительно продемонстрировали возможность многих микроорганизмов не только сохраняться во внешней среде, но и накапливаться, размножаться на разнообразных изделиях медицинского назначения, предметах окружающей обстановки. По мере увеличения количества внеклеточных бактерий начинают включаться молекулярные механизмы, определяющие социальное поведение бактериального сообщества, наиболее важным медицинам и эпидемиологическим аспектом которого является образование биопленок. Показано, что, независимо от того, где персистируют бактерии, в организме хозяина или во внешней среде, бактерии образуют структуры, называемые биопленками.

Изменившаяся социально-экономическая обстановка и ухудшившаяся экологическая ситуация способствовали эволюции эпидемического процесса многих инфекционных болезней. По данным ВОЗ, ежегодно 2 млрд. людей заболевает инфекционными заболеваниями, из них 17 млн. умирает. Ежедневно в мире 50 тыс. смертей обусловлено инфекционными болезнями. Инфекции остаются ведущей причиной смертности и первой причиной преждевременной смертности. Около 50 % населения планеты проживает в условиях постоянной угрозы эндемических инфекций.

Что такое сибирская язва (антракс) – в наше время знает, пожалуй, не только каждый ветеринарный специалист и медик, но и большинство простых граждан. Болезнь известна с древности.

Период активного изучения сибирской язвы насчитывает уже около 200 лет. Исследования проводились во многих странах и в многочисленных исследовательских институтах и лабораториях. История изучения болезни пестрит громкими именами – Л. Пастер, Р. Кох, Л.С. Ценковский, Ф.А. Брауэль, Н.А. Михин, Ф.А. Терентьев, С.Г. Колесов, Я.Е. Коляков, И.А. Бакулов, Б.Л. Черкасекий, М. Hugh-Jones и многие другие.

Казалось бы, что все, связанное с сибирской язвой изучено досконально: описаны возбудитель, эпидемиология и эпизоотология болезни, разработана диагностика, созданы эффективные вакцины, научились лечить больных людей и животных.

Однако научная мысль постоянно возвращается к этому интересному объекту, продолжая открывать новые стороны этой «старой» болезни.

В Кыргызской Республике, на основании данных за последние 100 лет, числятся свыше 1300

неблагополучных пунктов (деревни, села, города и отгонные пастбища), в которых более 30 тыс. раз возникали ситуации вспышек сибирской язвы у людей и животных. Но эти данные неполны и неточны. За давностью лет многие случаи падежа животных были забыты, остались неучтенными. На полноте учета сказался и факт исчезновения множества деревень, а так же изменения их названий, т.е. возвращение прежних старых названий местности, регионов и т.д.

Эпидемиологические и эпизоотические данные свидетельствуют, что регистрируемые в настоящее время заболевания людей и животных сибирской язвой нередко являются следствием заражения от участков почвы, инфицированных в далеком прошлом. Образно говоря, сейчас «взрываются мины», заложенные в почву предыдущими поколениями. С другой стороны, сегодняшние заболевания создают угрозу для будущих поколений. Участки почвы, однажды зараженные возбудителем сибирской язвы, называют «проклятыми полями», поскольку выпасаемые на них животные даже спустя многие десятилетия продолжают гибнуть, а люди заражаются в процессе строительных (прокладка шоссейных и железных дорог, рытье котлованов под фундаменты жилых и промышленных зданий и т.д.), сельскохозяйственных (вспашка), агрогидромелиоративных и других земляных работ.

При сибирской язве большая роль в заражении принадлежит внешней среде. По мнению V.de Vos(1990), «почва и вода действуют только как транспортное средство для *Bac. Anthracis*». Однако D.Dragon и R.Rennie (1995) считают, что вода способствует концентрированию спор антракса на определенных участках местности и играет важную роль в экологии болезни. Дожди способствуют стоку и скоплению стоячей воды. Споры *Bac. Anthracis* имеют высокую поверхностную гидрофобность и могут перемещаться а потоке воды и скапливаться в стоячих пулах, оставаясь взвешенными в стоячей воде. В сухую погоду происходит испарение воды и концентрирование спор.

Следует отметить, что после распада Союза т.е. за последние 10–15 лет, в Кыргызстане заброшены исследования по сибирской язве. За этот период в стране на местах расположения старых очагов сибирской язвы произошли неоднократные стихийные бедствия: наводнения, оползни, землетрясения. В результате, возможно, многие очаги размыты и остались под землей, или рас-

Рисунок 1. Почвенные очаги сибирской язвы на территории Кыргызской Республики.

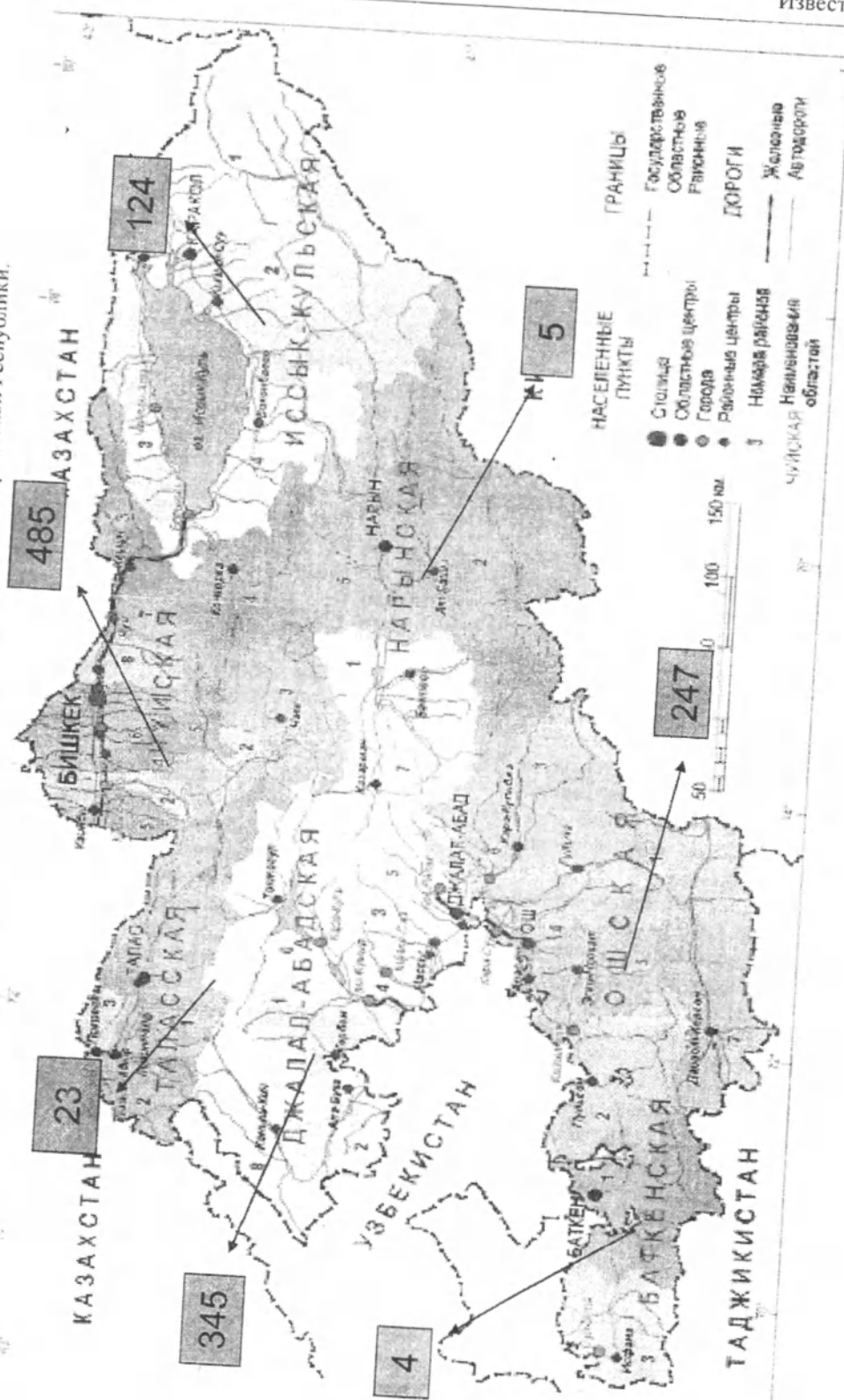




Диаграмма 1. Распределение почвенных очагов сибирской язвы по регионам Кыргызской Республики

пространились возбудители сибирской язвы на ближайшие обширные территории, заражая значительные площади.

Анализ показывает, что с 1996 по 2005г. случаи заболеваемости людей сибирской язвы увеличились в 1,7 раза, чем в предыдущем 10-лети (1986–1995 гг.), составив 229 случаев против 138.

На начало 2010 года на территории Кыргызстана были зарегистрированы 1234 очагов сибирской язвы (рис. 1, табл. 1, 2, 3).

Анализ состояния почвенных очагов сибирской язвы свидетельствует о наличии большого количества очагов, являющихся резервуаром инфекции. Из-за отсутствия кадастра почвенных очагов сибирской язвы значительное количество (55,6 %) места падежа и захоронения больных сибирской язвой животных не установлены и утеряны за давностью лет. Длительное сохранение возбудителя сибирской язвы во внешней среде, а также вынужденный забой животных и реализация мяса и мясопродуктов без ведома ветеринарных специалистов оставляют напряженной эпизоотологическую обстановку в Кыргызстане по данной болезни.

Немаловажным фактором, снижающим эффективность борьбы с болезнями животных и людей сибирской язвой, являются: неполный охват вакцинацией сельскохозяйственных животных; неконтролируемая миграция животных и транспортировка продукции и сырья животного происхождения; недостаточное финансирование профилактических мероприятий (вакцинация животных, дезинфекция очагов и их обустройство); отсутствие компенсации стоимости павших от сибирской язвы животных; низкий уровень знаний новых хозяйствующих субъектов: фермеров, крестьянских хозяйств и населения в вопросах профилактики сибирской язвы.

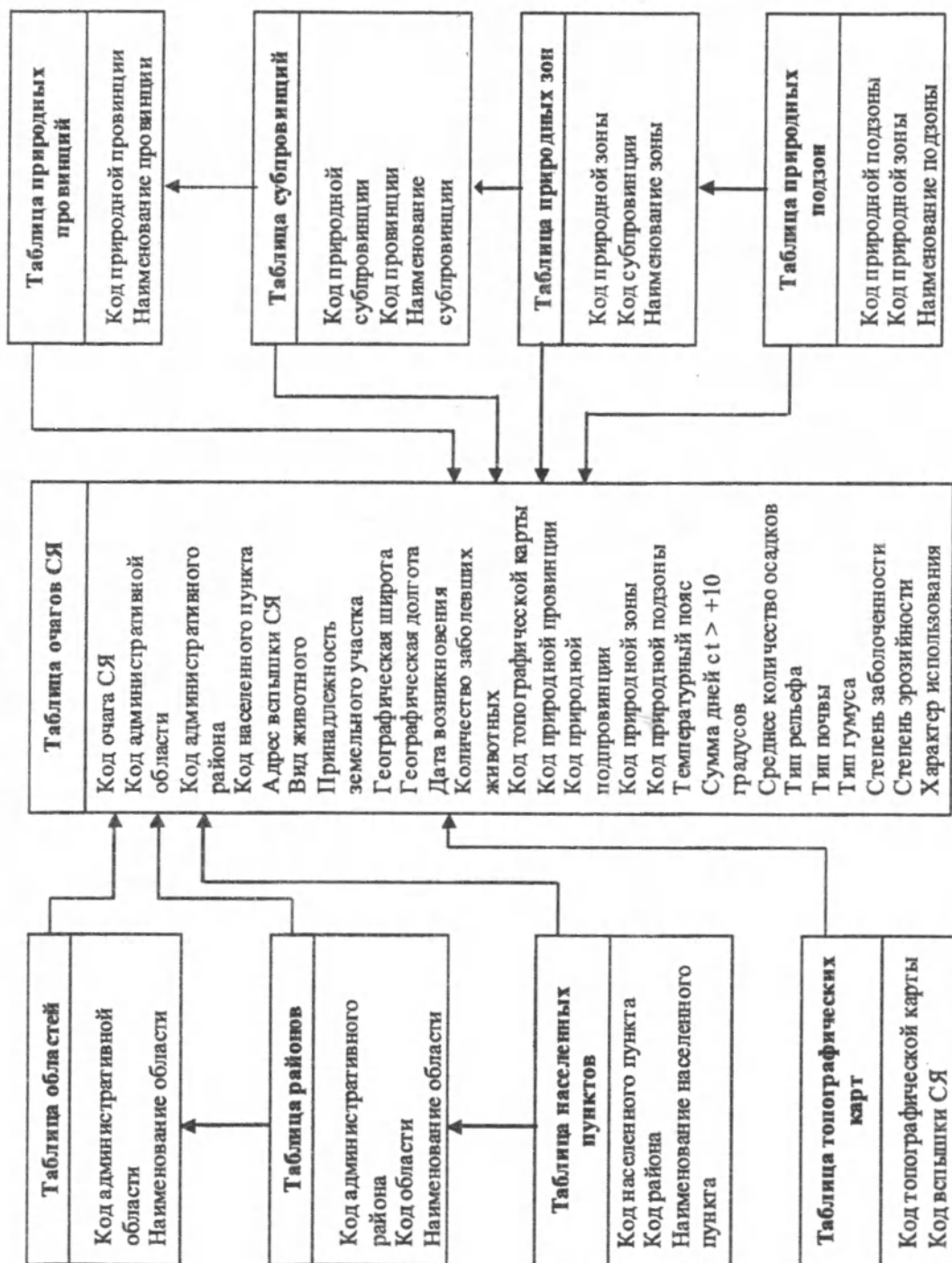
Учитывая наиболее опасные зоны по сибирской язве, начаты работы по сбору первичных эпизоотометрических данных административно-территориального деления страны. Примерная схема сбора данных приведена в табл. 2.

Каждая запись в таблице индивидуальна и имеет свой «ключ». Поля с «ключами» записей в другой таблице позволяют установить между этими таблицами связь и работать с ними как единым целым.

Данные можно фильтровать, сортировать, объединять их с другой связанной информацией

Таблица 2

Структура базы данных по очагам СЯ



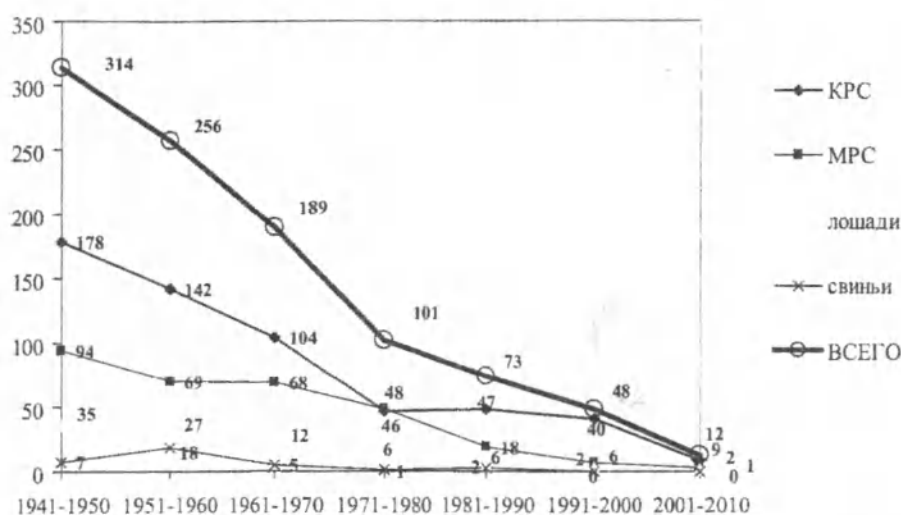


Диаграмма 2. Динамика выявления очагов сибирской язвы в Кыргызстане в 1941–2010 гг.

и вычислять итоговое значение. Например, сделав запрос «природная зона», «месяц», «число вспышек», «год», можно оценить сезонность заболевания у животных разных видов в различные периоды времени. Запрос «число вспышек», « $\sum t$  выше 100С» позволяет получить данные о значении такого показателя, как среднегодовое число теплых дней.

Вспышки сибирской язвы животных на территории Кыргызстана регистрировались почти ежегодно. Однако число выявляемых очагов по годам варьировало в весьма значительных пределах. Были очевидными и региональные различия. Учитывая эти обстоятельства, был проведен сравнительный анализ динамических рядов показателей проявления эпизоотического процесса по республике в целом и наиболее неблагоприятным областям.

Динамические ряды показателей проявления эпизоотического процесса были представлены количеством очагов сибирской язвы, выявленных в 1941–2010 гг. по республике в целом и по четырем неблагоприятным областям. Учитывали общее число ежегодно регистрируемых очагов болезни и их структуру (разделение по видам заболевших животных). Графический анализ, проведенный с помощью компьютера, позволил отразить динамику фактических показателей, выделить и оценить тенденции эпизоотического процесса.

Таким образом, тенденция спада интенсивности эпизоотического процесса сибирской язвы

отмечается во всех неблагоприятных регионах Кыргызстана. Однако риск возникновения единичных вспышек болезни сохраняется и в случае ослабления плановых профилактических мероприятий может заметно возрасти.

Приведенный анализ данных за последние 100 лет показал, что неравномерность распределения очагов сибирской язвы связана с природно-климатическими, хозяйственными и социально-экономическими факторами в каждом регионе республики. Изучение приуроченности очагов сибирской язвы к определенной территории начато с выездом в экспедиции в регионы республики (Ошская, Джалал-Абадская, Баткенская, Иссык-Кульская, Таласская области), где обширный материал: типы почвы, климатические данные, водные ресурсы, вертикальные зональности и другие данные, служит основой определения закономерности распространности очагов.

Предварительный анализ показал, что приуроченность очагов сибирской язвы к определенным территориям прослеживается и на уровне административных районов. При этом каждой из областей явно выделяются особо неблагоприятные по сибирской язве районы. Зоны повышенной опасности риска (4 степени) вспышек этой болезни представляют Сузакский, Ноокенский, Аксыйский районы Джалал-Абадской области; Араванский, Кара-Суйский, Узгенский, Каракульджинский районы Ошской области; Сокулукский,



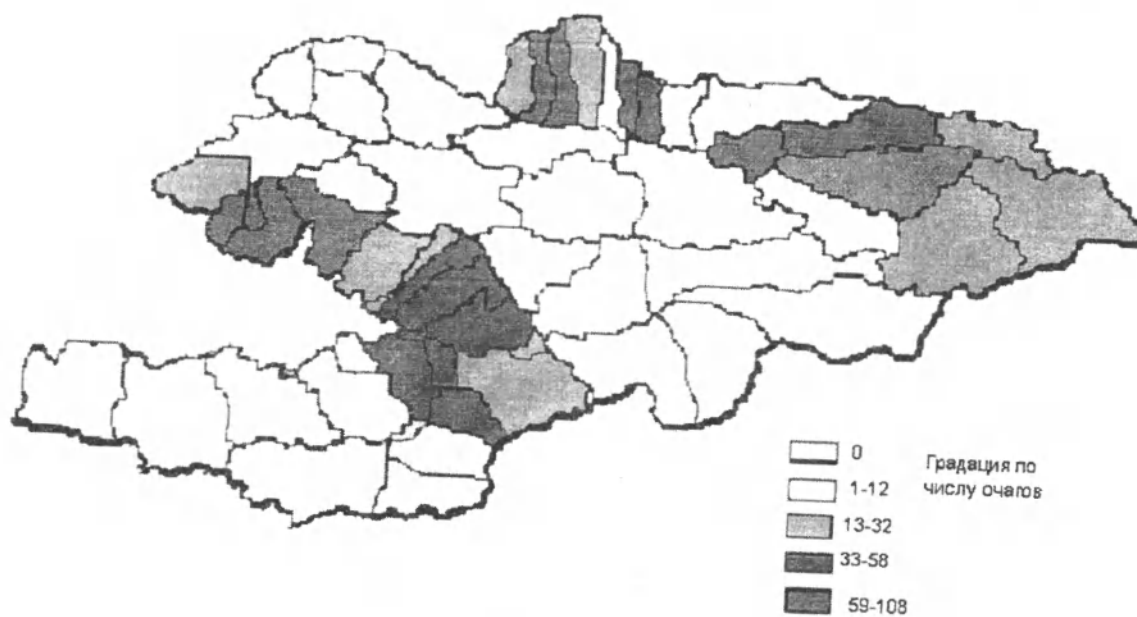


Рис. 2. Загрязненность территории Кыргызстана на уровне районов.

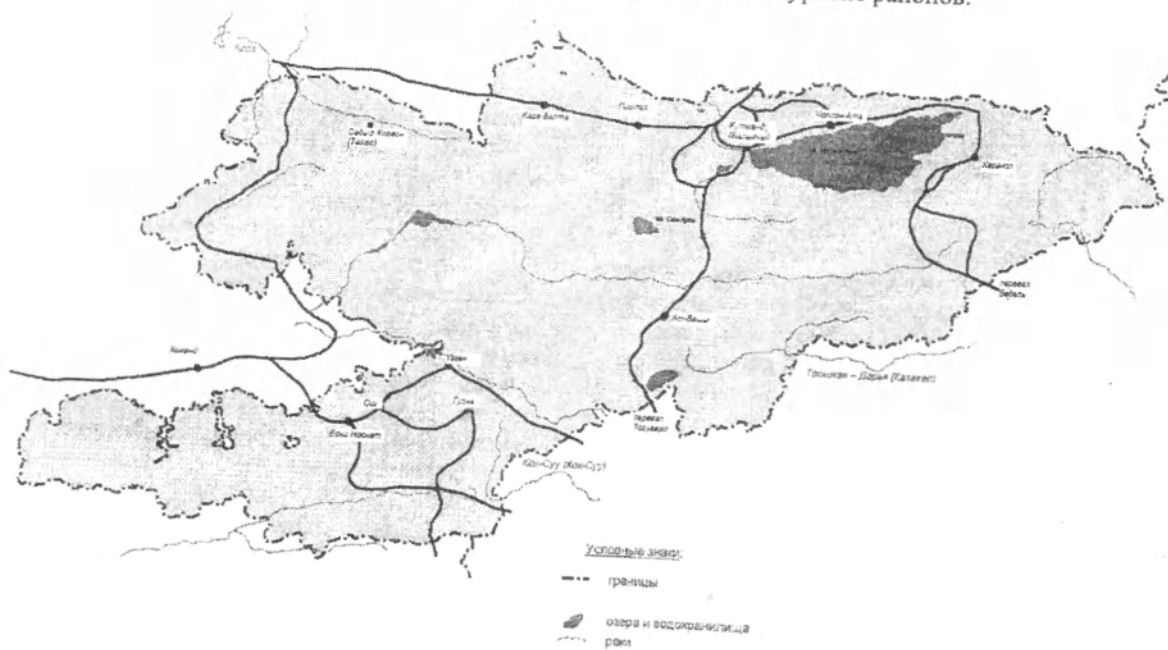


Рис. 3. Великий Шелковый путь.

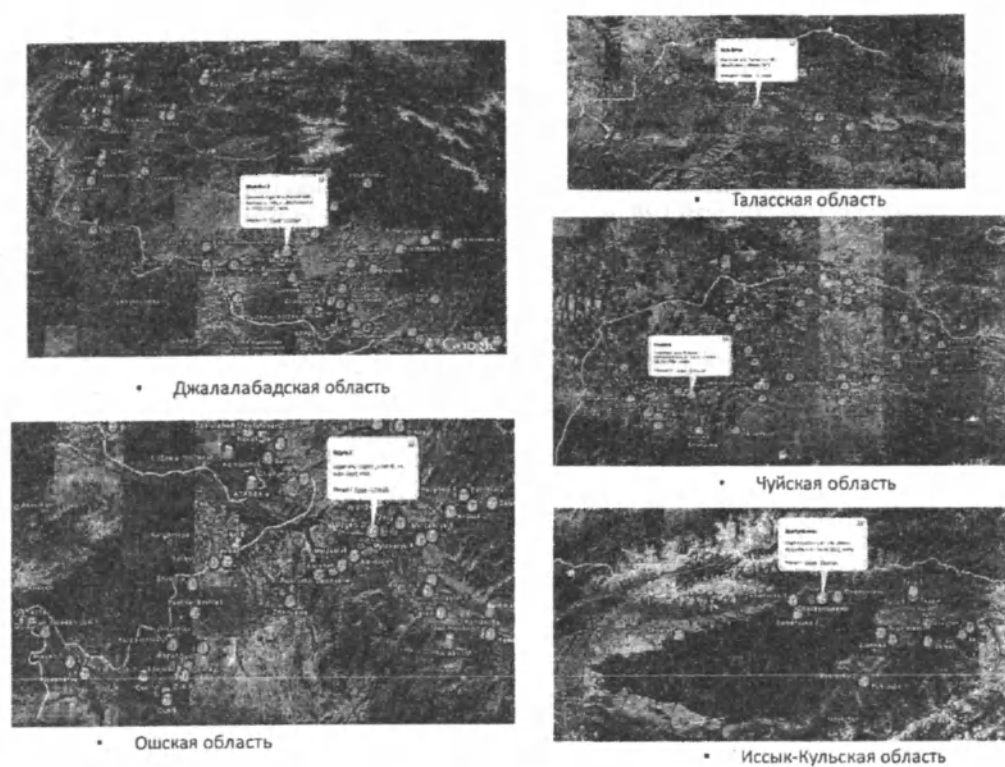


Рис. 4 Образцы базы данных по 5 областям Кыргызской Республики с наложенными точками неблагополучных очагов сибирской язвы.

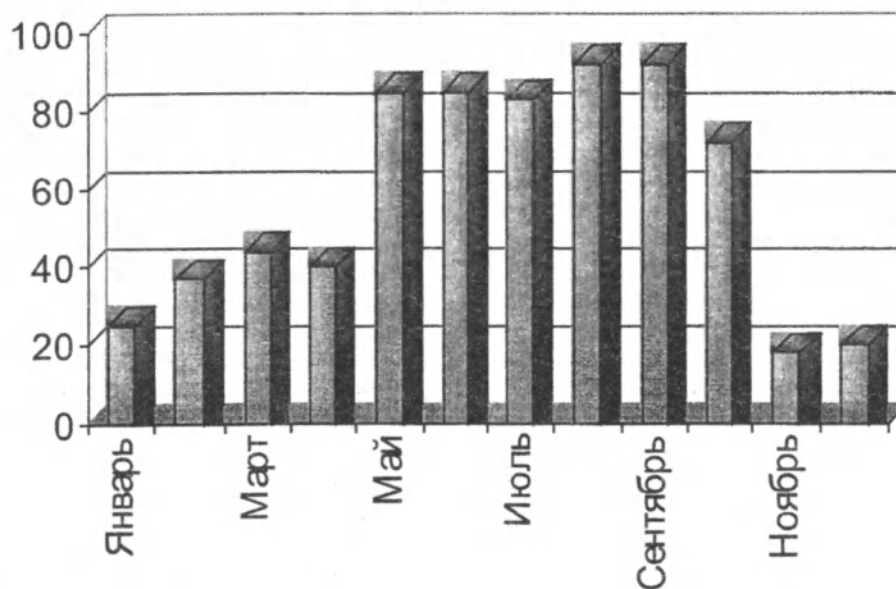


Диаграмма 3. Помесячная динамика выявления очагов сибирской язвы животных (данные по республике в целом), общее число выявленных очагов болезни с 1941–2010 гг.

Жайылский, Каннский районы Чуйской области и Иссык-Кульский район Иссык-Кульской области (см. рис. 2)

Благополучными в отношении сибирской язвы являются Чаткальский, Токтогульский и Тогузтороуский районы Джалал-Абадской области; Баткенский, Кадамжайский, Ноокатский и Чоналайский районы Ошской области; Кочкорский, Джумгалский, Нарынский и Акталинский районы Нарынской области; Тонский район Иссык-Кульской области.

Представленная классификация административных районов по распространенности очагов сибирской язвы имеет большое прогностическое значение по степени опасности вспышек очагов этой болезни.

Как видно из данных картосхемы, большинство очагов сибирской язвы расположено вдоль исторического Великого Шелкового пути и современных транспортных путей, связывающих Кыргызстан со странами Европы и Азии.

Материалы, полученные во время экспедиции в южные регионы (Ошская, Жалалабадская области) и Иссык-Кульскую и Таласскую области на севере республики, а также установление координат месторасположения найденных очагов сибирской язвы с помощью прибора навигатора «Magellan» и описание ландшафтов, почвы и их географическое место расположение, позволили создать базу данных для дальнейшего анализа приуроченности очагов сибирской язвы к определенной местности и сезонности проявления эпизоотического процесса сибирской язвы.

Ниже представлены образцы базы данных, созданному по бумажному кадастру на носителях бумажных карт, а также фрагмента электронной карты по областям Кыргызской Республики с наложенными точками неблагополучных очагов сибирской язвы. При этом создана программа Nidus для составления компьютерной базы данных по сибирской язве. Для подготовки топографических карт и трехмерных изображений местности использованы программы Global Mapper и Google Earth.

На базе анализа многолетних данных (1941–2010 гг.) по сибирской язве животных и человека в Кыргызской Республике изучены сезонность проявления сибирской язвы.

Сезонность, как известно, является одной из важнейших характеристик эпизоотического процесса. О ее наличии можно говорить при выявлении регулярных, повторяющихся на протяжении

многих лет подъемов интенсивности процесса в определенное время года.

Характер сезонности этой болезни зависит от климатогеографических, хозяйственных условий местности. Соответственно, возможны вариации сроков активизации эпизоотического процесса. Эти сроки могут измениться и при смене условий содержания животных. Зависят они и от времени проведения плановых компаний профилактической вакцинации.

Наибольший практический интерес представляют данные 1983–1992 гг. Ярко выраженный период повышения интенсивности эпизоотического процесса сократился до пяти месяцев (май – сентябрь), а максимальное число очагов болезни было зарегистрировано в мае и июле. В плане сравнения заслуживают внимание суммарные показатели 1941–2010 гг. (диаграмма 3). Они подтверждают возможность возникновения вспышек болезни в любое время года. В то же время четко выделяется период наибольшей опасности – май–октябрь.

Сезонность сибирской язвы крупного рогатого скота мало отличается от охарактеризованного выше общего стандарта. Это вполне закономерно, так как абсолютное большинство вспышек болезни приходилось и приходится именно на крупный рогатый скот.

Сезонность сибирской язвы мелкого рогатого скота, напротив, имела некоторые особенности. Подъем интенсивности эпизоотического процесса начинается лишь в июле и продолжается до октября включительно, а наибольшее число очагов болезни закономерно регистрируется в сентябре.

Очаги сибирской язвы лошадей чаще всего выявлены в период с мая по сентябрь включительно, причем пики интенсивности эпизоотического процесса пришлись на май и сентябрь. Сезонность сибирской язвы свиней оказалась не совсем типичной для этой болезни. В апреле и октябре очаги болезни выявлены не реже, чем в летние месяцы. эту особенность можно связать с условиями содержания свиней.

Анализ особенностей сезонности сибирской язвы в разных регионах республики провели на примере наиболее неблагополучных областей – Чуйской, Джалал-Абадской, Ошской. Использовали суммарные данные о помесечной регистрации очагов болезни за 1970–1997 гг. В Чуйской области опасность сибирской язвы заметно снижается лишь в декабре – январе, а ощутимо повышается лишь в августе – сентябре. Иными

словами, сезонность болезни слабо выражена. В Джалал-Абадской области, напротив, четко выражен сезонный подъем интенсивности эпизоотического процесса в июле – сентябре. В Ошской области, в общем, тоже выражена, весеннее – летняя активизация процесса, но исключением из общего правила является рост числа очагов болезни в декабре.

Суммируя результаты анализа, можно констатировать, что в условиях Кыргызстана, как и в соседних республиках, подтверждается закономерная связь активизации эпизоотического процесса сибирской язвы с наступлением пастбищного периода. Однако имеются различия в сезонности болезни, обусловленные видом пораженных животных и региональными природно-хозяйственными условиями. Эти различия необходимо учитывать при планировании профилактических мероприятий. Главным ориентиром должна стать сезонность, сложившаяся в последние годы.

#### Выводы

На базе многолетних исследований и анализа обширного материала по сибирской язве в Кыргызской Республике изучены закономерности эпизоотического процесса данной болезни.

Разработана и создана компьютерная база по программе НИДУС и электронный кадастр стационарно неблагополучных очагов сибирской язвы на территории Кыргызской Республики. Эти разработки переданы для служебного пользования в Министерства здравоохранения, сельского хозяйства и чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики.

Подготовлены базы данных, позволяющие прогнозировать случаи вспышки сибирской язвы на территории Кыргызской Республики с использование программ ГАРП и ТАЛА.

#### Литература

1. Бакулов И.А., Гаврилов В.А., Семиверсов В.В. Сибирская язва (Антракс). Новые страницы в изучении «старой» болезни. – Вольгинский. – 2000. – 288с.
2. Cherkasskij B.L. Epidemiology and Prevention of Anthrax. M., 2002. +– 384 с.
3. Dragon D.C., Rennie R.P. The ecology of anthrax spores: tough but not invincible // Can.vet.S., 1995. – v.36.n.5 – p.295–301.
4. De Vos V. The ecology of anthrax in the krugen National Park, South Africa//Salisbury Med.Bull. Suppl., 1990.N 68.p.19–23. Proc.Int. Workshop on Anthrax, Winchester, England, Apr.11–13.1989.
5. Hugh-Jones M.E. Wold situation 1993/1994.// Salisbury Med.Bull. – 1996. – N 87.– P.1. Pock. Int. Workshop on Anthrax, Winchester, England, Sept. 19–21, 1995.
6. Hugh-Jones M.E. Global Report, 2000, 4<sup>th</sup> International Conference on Anthrax Program and abstracts Book. June 10–13, 2001. Stjon's College, Annapolis, Maryland, USA. – 2001. – p.13.
7. Junushov A.T. Experience in using seasonal indicators to forecast intensity in anthrax epizootic process. Abstract papers. Inter-Regional Workshop WHO/FAO on Anthrax, Almaty, Kazakhstan, October 5–6, 1997.
8. Junushov A.T., Matkarimov S.A., Shaibekov O.K. Forecasting of outbreaks of anthrax in the South of Kyrgyzstan. The proceeding of Kyrgyz agrarian academy, Bishkek, 1999, P.78–84.
9. Junushov A.T., Matkarimov S.A. Anthrax and Improvement of Preventive Measures in Kyrgyzstan / Biotechnology 2006 / Prague, 2006. – P. 1100–1102.
10. Matkarimov S.A., Features of a development of epizootic process of anthrax under the conditions of Kyrgyzstan. The abstract of a candidate thesis, 1998, Bishkek – P.24.

# NANO.KG

## Стратегия развития





## НАНОТЕХНОЛОГИИ

УДК: 543 + 547. 992

**Селективная сорбция тяжелых металлов  
сшитыми производными гуминовых кислот**

Э.ДЖ. КАСЫМОВА – с.н.с., канд. хим. наук

Р.П. КОРОЛЕВА – с.н.с., канд. хим. наук

К.А. КЫДРАЛИЕВА – в.н.с., док. хим. наук

On the base of template syntheses designed the way of the reception adjusted sorbents. The development of combined and hybrid methods of analysis with the use of these sorbents is discussed.

Процессы комплексообразования с участием гуминовых кислот (ГК) вызывают постоянный интерес, что связано с их уникальными свойствами. Являясь полимерными ароматическими оксикислотами нерегулярного строения, ГК проявляют комплекс химических свойств, позволяющих нивелировать действие многих токсических агентов, т.е. выступают в роли своеобразного буфера. Гуминовые вещества (ГВ) широко распространены в природе и составляют большую часть неживого органического вещества. Они не токсичны, обладают долгим временем жизни в условиях окружающей среды, выполняют структурообразующую функцию при их внесении в почву, что придает им особую ценность с точки зрения рекультивации [1–4].

Для усиления способности нивелировать негативные последствия загрязнения экосистем перспективным представляется направленная химическая модификация ГК, так как она позволяет вводить или усиливать требуемую функцию ГВ. Так, для рекультивационных технологий наиболее важными свойствами ГВ являются комплексообразующие свойства, обусловленные присутствием карбоксильных и гидроксильных

групп. Введение аминосодержащих материалов в структуру ГК с последующим сшиванием приводит к получению настроенных по отношению к металлам сорбентов. Поэтому можно ожидать усиления хелатирующих свойств ГВ по мере их обогащения аминосодержащими фрагментами.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы явилось получение производных ГВ, обогащенных аминосодержащими фрагментами, и исследование их хелатирующих свойств.

**Экспериментальная часть**

К раствору ГК приливали концентрированный водный раствор соли двухвалентного металла ( $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ). После перемешивания приливали раствор м-аминофенола (МАФ). Образовавшийся гель сшивали формальдегидом. Полученные соединения промывали дистиллированной водой и отделяли на центрифуге. Высушивали при температуре 120°C. Затем проводили кислотный гидролиз раствором соляной кислоты. Для этого навески комплекситов по 5 г заливали 50 мл. 0,1 н-раствором HCl и нагревали при 50°C, затем многократно промывали дистиллированной водой от ионов  $\text{Cl}^-$ .

Навески полученных гидролизированных препаратов помещали в колбочки, заливали 50 мл бинарной смеси, состоящей из равных объемов растворов солей. Смеси выдерживали в течение 5 суток при периодическом перемешивании.

Использовали ту же методику синтеза, где получали иониты на основе ГК, растворов ацетатов двухвалентных металлов (Cu, Co, Ni) и раствора м-фенилендиамина. Затем сшивали формальдегидом.

Синтезированные иониты подвергали кислотному гидролизу и промывали дистиллированной водой от ионов  $CL^-$ . Также использовали предыдущую методику сорбции из бинарных растворов, где гидролизированные иониты помещали в колбочки и приливали бинарные растворы солей. К навескам гидролизированных ионитов приливали бинарные растворы:

1 г гидролизованного ионита (Cu): (25 мл  $Cu(CH_3COO)_2$  + 25 мл  $Co(CH_3COO)_2$ ); 1 г гидролизованного ионита (Cu): (25 мл  $Cu(CH_3COO)_2$  + 25 мл  $Ni(CH_3COO)_2$ );

1 г гидролизованного ионита (Ni): (25 мл  $Ni(CH_3COO)_2$  + 25 мл  $Cu(CH_3COO)_2$ );

1 г гидролизованного ионита (Co): (25 мл  $Co(CH_3COO)_2$  + 25 мл  $Cu(CH_3COO)_2$ ).

Смеси также выдерживали в течение 5 суток при периодическом перемешивании. Затем определяли суммарное содержание металлов в бинарной смеси трилонометрическим методом [5,10], а затем определяли содержание меди йодометрическим титрованием [6,10]. По разности определяли количественное содержание второго металла.

#### Обсуждение результатов

ГК имеют собственный набор донорных атомов, ориентирующихся вблизи иона металла. Используемые металлы являются *d*-элементами, которые имеют свободные квантовые ячейки. М-аминофенол имеет также свободную электронную пару от азота аминной группы, т.е. связи образуются по донорно-акцепторному механизму. В качестве сшивающего агента выступает формальдегид, при действии которого образуется макроциклическое соединение.

Склонность к координации атомов кислорода и азота с ионами различных металлов неодинакова. По склонности к координации металлы можно разделить на 3 группы [7–9]:

1. Связь с атомом азота прочнее связи с кислородом;
2. Связь с атомом кислорода прочнее связи с азотом;

3. Связи с атомом кислорода и азота равноценны.

Для металлов  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  характерна прочная связь с атомом азота, чем с атомом кислорода. Электронодонорные свойства атома-донора обусловлены его электронной плотностью, которая помимо собственной электронной конфигурации зависит от поляризуемости атома-донора и атомов, непосредственно с ним связанных. Поляризуемость определяет влияние всей молекулы лиганда на электронодонорные свойства атома-донора, большую роль играет стереохимия лигандной группы в целом и возможность образования хелатных структур.

При проведении синтеза ГК с ионами металлов  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  и м-фенилендиаминам, в своей структуре имеет две аминные группы, можно предположить образование более прочных связей металл-амин. В ряду однотипных соединений разных металлов, степень упрочнения связи металл –  $COOH$  уменьшается с увеличением радиуса иона металла ( $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ). Прочность связи металл-амин в том же процессе изменяется с изменением радиуса ионов металлов в обратном направлении ( $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ). При этом образование смешанных соединений металлов с небольшим радиусом ионов с незаполненной *d*-оболочкой сопровождается расслаблением связи металл – амин ( $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ). Показано [11–13], что константа сопряжения растет с увеличением числа *d*-электронов на орбитах ионов металлов:  $Co < Ni < Cu$  ( $d^7$ ,  $d^8$ ,  $d^9$ ).

Проведение синтеза позволило получить аминометаллокомплексные структуры на основе ГК, которые были использованы для создания сорбентов, обладающих определенным размером микропор, равным ионному радиусу металла, содержащегося в комплексе на стадии синтеза. Как показали исследования, в синтезированных комплексах содержание металла располагается следующим образом:  $Cu^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+}$  (табл. 1, 2).

Из табл. 1 и 2 следует, что в количественном соотношении металла содержится больше в ионитах, синтезированных на основе ГК:мФДА, это объясняется тем, что в м-фенилендиаминах содержатся две аминные группы, где два атома азота, каждый из которых обладает неподеленной электронной парой, образует связи с металлом.

Подвергая аминометаллокомплексные структуры кислотному гидролизу, металл, связанный по донорно-акцепторному механизму, образует раствор соли с ионной связью, в результате об-

Таблица 1

Содержание металлов в ионитах ГК:Ме:мАФ (2:1)

Ионит ГК:Ме:мАФ (2:1)	Металл	Мг÷экв÷г <sup>-1</sup>	Моль÷г <sup>-1</sup>
ГК:Cu:мАФ	Cu (II)	3,32	1,66·10 <sup>-3</sup>
ГК:Ni:мАФ	Ni(II)	2,64	1,32·10 <sup>-3</sup>
ГК:Co:мАФ	Co(II)	2,62	1,31·10 <sup>-3</sup>

Таблица 2

Содержание металлов в ионитах ГК:Ме:мФДА (2:1)

Ионит ГК:Ме:мФДА (2:1)	Металл	Мг÷экв÷г <sup>-1</sup>	Моль÷г <sup>-1</sup>
ГК:Cu:м ФДА	Cu (II)	4,41	2,21·10 <sup>-3</sup>
ГК:Ni:мФДА	Ni(II)	3,68	1,84·10 <sup>-3</sup>
ГК:Co:мФДА	Co(II)	3,42	1,71·10 <sup>-3</sup>

Таблица 3

Сорбционная способность гидролизированных ионитов ГК:мАФ (2:1) в бинарных растворах солей

Гидролиз. ионит	Бинарный р-р	Сорбировано металла					
		мг÷экв÷г <sup>-1</sup>			моль÷г <sup>-1</sup> ·10 <sup>-3</sup>		
		Cu	Ni	Co	Cu	Ni	Co
Cu (II)	Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Ni(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	3,32	0,21		1,66	0,11	
	Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Co(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	3,32	0,19		1,66	0,09	
Ni (II)	Ni(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> , Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	0,40	1,66		0,20	1,32	
Co (II)	Co(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	0,40		2,62	0,20		1,31

Таблица 4

Сорбционная способность гидролизированных ионитов ГК:мФДА (2:1) в бинарных растворах солей

Гидролиз. ионит	Бинарный р-р	Сорбировано металла					
		мг÷экв÷г <sup>-1</sup>			моль÷г <sup>-1</sup> ·10 <sup>-3</sup>		
		Cu	Ni	Co	Cu	Ni	Co
Cu (II)	Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Ni(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	4,41	0,21		2,21	0,11	
	Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Co(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	4,41		0,19	2,21		0,09
Ni (II)	Ni(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> , Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	0,40	3,68		0,20	1,84	
Co (II)	Co(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Cu(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	0,40		3,42	0,20		1,71

разуются гидролизированные иониты, в которых сохраняются поры, соответствующие ионному радиусу данного металла.

В табл. 3 и 4 представлены количества сорбированного металла гидролизированными ионитами.

Из приведенных табличных данных видно, что количество сорбированного металла гидролизированными ионитами Ме (2:1) из 0,1 н-растворов

уксуснокислых солей за 96 часов соответствует количеству металла, содержавшемуся в металлокомплексном хелате. Из бинарных смесей эти иониты сорбируют преимущественно тот металл, который содержался в ионите до гидролиза. Это еще раз подтверждает, что в системе существуют поры, которые соответствуют ионному радиусу гидролизованного металла. Следовательно, поры

Таблица 5

Фрагмент	Интервал, м. д. $^{13}\text{C}$	Описание
$\text{CH-H,C}$	5–48	C,H-замещенные алифатические фрагменты
$\text{CH}_2\text{-O}$ $\text{CH}_2\text{-O,N}$ $\text{CH-O,N}$	48–58 58–64 64–90	Метоксильные и O-,N- замещенные алифатические фрагменты (карбогидратные)
$\text{O-CH-O,N}$	90–108	Алифатические фрагменты, дважды замещенные гетероатомами (аномерные)
$\text{Ar-H,C}$	108–145	H-,C-замещенные ароматические фрагменты
$\text{Ar-O,N}$	145–165	O-,N-замещенные ароматические фрагменты
$\text{COO-H,C}$	165–187	Карбоксильные группы и их производные
$\text{C=O}$	187–220	Кетонные и хиноидные группы

селективно сорбируют ионы тех металлов, размеры которых определены благодаря кислотному гидролизу, т. е. ионы металла связываются с ионами  $\text{CL}^-$ , образуют растворы солей с ионными связями, а в полимерной матрице образуются поры металлов определенного радиуса.

При определении структурно-группового состава ионитов, синтезированных на их основе с включением ионов металлов, использовали спектроскопию на ядрах  $^{13}\text{C}$  [13].  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектры гуминовых кислот и ионитов характеризуются широкими полосами поглощения, обусловленными перекрыванием большого количества сигналов. Максимумы интенсивности достигаются в области незамещенных алифатических фрагментов (HC), в «карбогидратной» (НСО-фрагменты) и в ароматической (Ar) области спектра.

Особенно интенсивные сильно перекрывающиеся пики наблюдаются в области характеризующей наличие в структуре гуминовых кислот окисленного бурого угля замещенного ароматического каркаса, содержащего функциональные группы кислотного характера и незначительное количество алифатической периферии. Ввиду сильного перекрывания отнесение сигналов в подобных спектрах возможно только «поинтервально» – согласно положению резонансов атомов со сходным химическим окружением см. табл. 5.

#### Заключение

На основе ГК, ионов металлов 3d-элементов и МАФ, а также МФДА, сшитые формальдегидом, синтезированы макроциклические иониты. Иониты, в синтезе которых участвовал МФДА, связывают металла больше в количественном соотношении, чем МАФ, что объясняется наличием в структуре МФДА двух аминогрупп. Содержа-

ние металлов и прочность химических связей в комплексных соединениях ГК зависит от условий реакции синтеза, ионного радиуса металла, комплексообразующей способности, а также от окислительно-восстановительных свойств лигандов. Кислотный гидролиз дает возможность получить поры, которые соответствуют ионному радиусу определенного металла. Гидролизированные иониты сорбируют в поры из растворов солей определенный металл, соответствующий его размеру. Методом  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектроскопии установлено содержание структурных фрагментов в ионитах, гидролизированных ионитах, которые определяют реакционные центры, где протекают химические реакции. Синтезированные иониты могут выступать в качестве сорбентов с направленной сорбционной активностью

#### Литература

1. Орлов Д.С. Гуминовые кислоты почв и общая теория гумификация. – М.: МГУ, 1990. – 325 с.
2. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере. – М.: Наука, 1993. – 238 с.
3. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере // Сорос. Образовательный журн. – 1997. – № 2. – С. 56.
4. Богословский В.Н. Агротехнологии будущего. I. Энергены. – М.: РИФ, 2004. – 170 с.
5. Senesi T. N. Humic substances in the global environment and implication humic health. – Amsterdam: Elsevier Sci., 1994. – 910 p.
6. Перминова И.В. Зеленая химия в России. – М.: МГУ, 2004. – 146 с.
7. Гарновский А.Д., Васильченко В.С. Современные аспекты синтеза металлокомплексов. Основные лиганды и методы. – Ростов-на-Дону, 2000.



8. Рябова И.Н. Комплексы никеля (II) и меди (II) с анионами гуминовых кислот и их производных // ЖПХ. – 2008. – Т. 81. – № 1. – С. 75.
9. Фридман Я.Д. Окислительно-восстановительные свойства металлов и их устойчивость в растворах. – Фрунзе: Илим, 1986. – 36 с.
10. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. – М.: Химия, 1970. – 360 с.
11. Перминова И.В. Анализ, классификация и прогноз свойств гуминовых кислот. – Дис. ... док. хим. наук. – М., 2000.
12. Солдатов В.С. Волокнистые иониты – перспективные сорбенты для выделения ионов тяжелых металлов из водных растворов // Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. – 1990. – Т. 35. – № 1. – С. 101–106.
13. Мясоедова Г.В. Хелатообразующие сорбенты. – М.: Наука, 1984. – 173 с.

UDK: 546.821/.824:546.21:533.9.01

## Preparation of titanium oxides by the impulse plasma in liquid

E. OMURZAK – professor Kumamoto University, Japan  
 S. SULAIMANKULOVA – professor ICCT NAS KP  
 T. MASHIMO – professor Kumamoto University, Japan

Synthesis of blue amorphous  $\text{TiO}_2$  and  $\text{TiO}$  nanoparticles by the impulse plasma in dielectric liquid is presented. The impulse plasma in liquid enables us to quench from plasma state, by which we can synthesize nanomaterials, metastable materials, etc. Analysis of photocatalytic properties of the blue  $\text{TiO}_2$  nanoparticles showed higher activity than the commercially available photocatalyst.

### INTRODUCTION

Reaction of titanium and oxygen produces many titanium oxide phases:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiO}$ ,  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ , etc. Most of them are found to be useful in various industrial applications. It is well known that titanium dioxide exists in three main polymorphic phases: rutile, anatase and brookite. Anatase and brookite are metastable phases and convert into rutile at high temperature, usually above  $600^\circ\text{C}$ . Titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) is widely used as an important industrial material. Rutile is a thermodynamically stable phase with a smaller band gap energy (3.0 eV) than the anatase phase (3.2 eV), used as the main white pigment in paints and cosmetic products because of non-toxicity and high light scattering and refractive index.<sup>1</sup> Anatase phase has the high photocatalytic properties and is used as the photocatalyst for

decomposing toxic substances, self-cleaning surfaces, solar batteries, etc. The effectiveness of the performance of a photocatalyst depends on a number of factors such as the crystal structure,<sup>2,3</sup> surface functionality<sup>4,5</sup> and the surface accessibility<sup>6,7</sup> of the catalyst. The incorporation of transition metal into the anatase phase of  $\text{TiO}_2$  has been frequently studied as a way to extend the spectral response to the visible range.<sup>8</sup> Conductive  $\text{TiO}$  is a perspective material for applications in low resistance contact metallization in microelectronics layered structures. This material exhibits a high efficiency as a diffusion barrier layer which prevents the degradation of interfaces.<sup>9</sup>

A large number of preparation methods of titanium oxide have been investigated and reported. So far reported synthesis methods such as sol-gel,<sup>10–12</sup> chemical deposition,<sup>13,14</sup> laser ablation,<sup>15,16</sup> magnetic

sputtering,<sup>17,18</sup> RF glow discharge,<sup>19</sup> and vacuum arc discharge<sup>20–22</sup> produce white color powder or transparent thin films of amorphous/anatase/rutile  $\text{TiO}_2$  structures. Single crystals of anatase type  $\text{TiO}_2$  with a blue color were prepared by chemical transport reaction by using rutile  $\text{TiO}_2$ .<sup>23</sup> However, all the methods are complicated, consume toxic chemical substances, require large amount of energy and time, etc. We developed a new synthesis method for nanomaterials by impulse plasma in liquid.<sup>24</sup> By using this method, we synthesized blue  $\text{TiO}_2$  nanocrystals with a large visible light absorption without doping and other types of titanium oxides with a general chemical formula  $\text{Ti}_n\text{O}_{2n-1}$ . Here we present the preparation process and the properties.

### EXPERIMENTAL

The experimental procedure is described in ref. 24. In this experiment, two electrodes made from 99.9% purity titanium rods with 6 mm diameter were submerged into 200 ml distilled water in room temperature. Already after several minutes of applying AC electric power (200 V, 3 A), color of water had changed to blue. And black particles are formed at the bottom. After the impulse plasma was applied for an hour, the discharge was stopped. The obtained sample was kept for about 24 hours in order to let the sedimentation occur. After 24 h, blue particles were found suspended and black particles concentrated at the bottom. Then the blue particles were carefully taken from above for separation by centrifuge and the black ones collected from the bottom. The samples were dried in air at  $110^\circ\text{C}$  by a muffle furnace.

X-Ray Diffraction (XRD) patterns of the samples were taken using  $\text{Cu K}\alpha$  radiation, Rigaku RINT-2500VHF. High Resolution Transmission Electron Microscope (HRTEM) images of the products were taken by Philips Tecnai F20 S-Twin: some amount of the blue sample dispersed in water was taken by pipette and dropped on the copper grids (200 mesh) and were dried at  $110^\circ\text{C}$  in air for HRTEM observations.

Photocatalytic experiments were done as following: into 20 ml methylene blue (MB) solution of 15 ppm concentration 40 mg of the photocatalyst sample was added and placed in front of UV lamp in 15 cm distance; the solution was stirred throughout the experiment; after the given times (10, 20, 30, 40 minutes) the MB solution was separated from the sample by centrifugation and its transparency was measured; value of the transparency corresponds to color fading of the MB solution, accordingly, its

decomposition; for comparison, the commercial anatase photocatalyst ST-01 (95% anatase of 7 nm) made by the Ishihara Sangyo Kaisha was used.

### Results and discussion

#### 1. Phase composition and morphology of the samples

Figure 1 shows the XRD pattern of the blue and black particles produced by the impulse plasma between two titanium electrodes submerged into water at room temperature. Blue particles as mentioned above were suspended in water and the black powder was sediment at the bottom. From the XRD pattern we can see that the blue sample is in amorphous phase.

XRD pattern of the black particles (Fig. 1, lower part) showed that the sample is mainly  $\text{TiO}$  phase. In addition, besides the peaks of the monoxide of titanium, the peaks of the  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  phase were also detected.

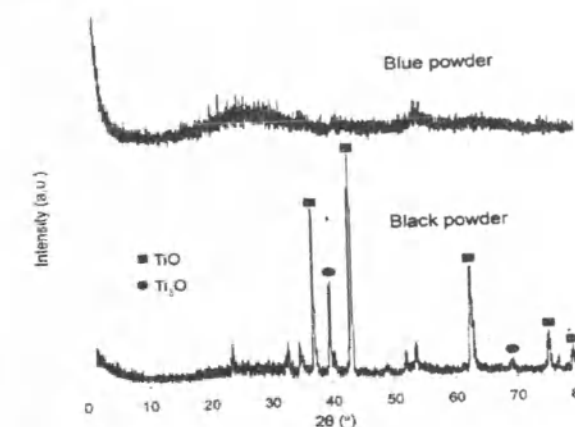


Fig. 1. XRD pattern of the blue particles produced by impulse plasma between two titanium rods submerged into water at room temperature and a photograph of the sample.

Figure 2 represents TEM image of the blue particles and their particles size distribution. High resolution TEM analysis revealed that the sample contains very small nanoparticles with diameters of less than 10 nm. Particle size distribution determined by the dynamic light scattering method (Figure 2b) was 6.9 nm, which was also confirmed by the TEM observations.  $d$ -spacing from the lattice image was determined to be 0.35 nm, which matches fairly well with the (101) plane of the anatase phase  $\text{TiO}_2$ . Thereby, we can conclude that the synthesized amorphous structure particles are the nanoparticles of anatase phase  $\text{TiO}_2$ .



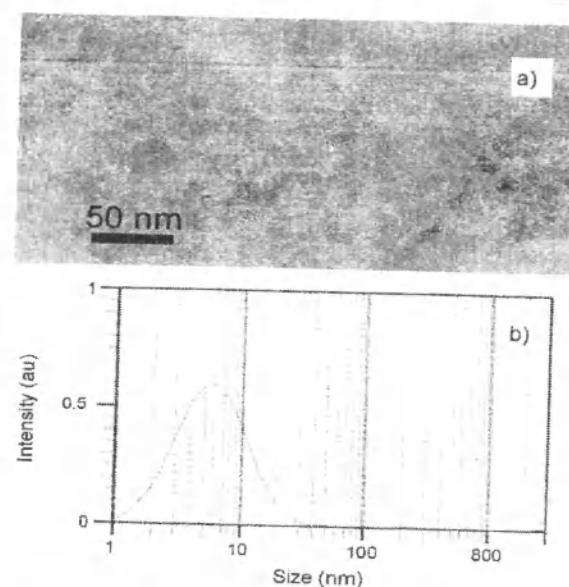


Fig. 2. TEM image of the blue particles and their particle size distribution graph.

In addition, Energy Dispersive X-Ray (EDX) analysis of the blue amorphous nanoparticles showed that it consists of titanium, oxygen, carbon and copper, where the source of the carbon and the copper is the carbon coated copper grid that is used for the TEM observation. The atomic ratio of the titanium and the oxygen was calculated to be 1:2.

## 2. Thermal treatment

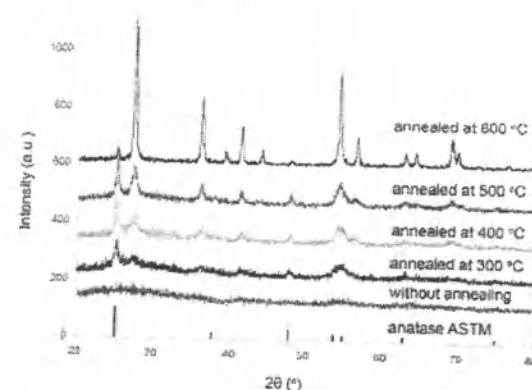


Fig. 3. XRD patterns of the blue amorphous sample after annealing at various temperatures.

Thermal treatment (Fig. 3) of the blue  $\text{TiO}_2$  at 300°C and 400°C for 3h did not cause any significant change in color. However, the sample annealed at 500°C for 3h turned to yellowish color, which can be explained by the disappearance of the defected

crystals during the heating. This also can be seen from the UV-vis absorption spectra: a broad band from 400 nm up to 800 nm exist for the samples up to 400°C and almost disappear after the annealing at 500°C. And already starting from 400°C, the blue amorphous  $\text{TiO}_2$  slowly started to turn into rutile structure, which can be seen from the slightly increasing of intensities of the peaks that belong to rutile type  $\text{TiO}_2$ . Annealing of the blue  $\text{TiO}_2$  at 800°C caused the formation of rutile structure and consequently the color changed to white. The blue color of the sample can be ascribed to the nanometer size of the particles, atomic ratio of oxygen and titanium or the crystal defects.

## 3. Photocatalytic property under the UV light

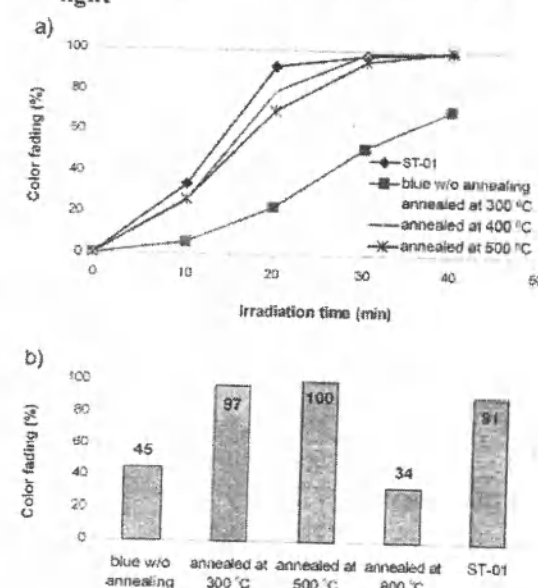


Fig. 4. Color fading of the MB by various samples: a) as a function of time and b) detailed graph of color fading after 30 minutes irradiation time.

Figure 4 shows photocatalytic properties of the as-prepared blue amorphous  $\text{TiO}_2$ , annealed blue  $\text{TiO}_2$  samples and the commercial photocatalyst under the irradiation of UV light. As we can see from the Figure 4, commercial photocatalyst had higher photocatalytic activity up to 20 minute of irradiation. After that annealed blue  $\text{TiO}_2$  sample prepared by this method overtake the ST-01. Figure 4b shows details of photocatalytic activities of the samples at 30 minutes of irradiation time. Both the annealed at 300°C and 400°C samples had higher photocatalytic activity than that of the commercial anatase photocatalyst, thereby decomposing the MB

solution to 97% and 100% respectively. Whereas, the blue amorphous  $\text{TiO}_2$  and the annealed at 800°C samples showed only 45% and 34% respectively. Such a low photocatalytic activity of the as-prepared  $\text{TiO}_2$  sample without annealing can be related to the amorphous state of the sample, in which there is no long-range order of the position of atoms in the crystals. Although, we can obtain higher crystalline samples by annealing the amorphous sample, thermal treatment over 700°C caused formation of pure rutile structure. Rutile structure has lower catalytic activity that we can also see from the Figure 4b, where the annealed at 800°C sample decomposed the MB solution only for 34%. On the other hand, higher activity of the annealed samples might be related to the formation of anatase structure  $\text{TiO}_2$ , which has high catalytic property than the amorphous and rutile type  $\text{TiO}_2$ .

## CONCLUSIONS

In summary, the blue colored amorphous  $\text{TiO}_2$  nanoparticles (less than 10 nm) were synthesized using impulse plasma in liquid method. In the bottom part of discharge liquid, mainly  $\text{TiO}$  with some amount of  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  phase was formed. Anatase or/and rutile phases can be formed by the thermal treatments at 300°C, 400°C, 500°C, 800°C. Annealing of the blue amorphous  $\text{TiO}_2$  sample resulted in formation of anatase structure at 300–400°C and transformed into rutile structure at about 800°C.

Both the annealed at 300°C and 400°C blue  $\text{TiO}_2$  samples had higher photocatalytic activity than that of the commercial anatase photocatalyst after 30 minutes of UV light irradiation, thereby decomposing the MB solution to 97% and 100% respectively. Whereas, the blue amorphous  $\text{TiO}_2$  and the annealed at 800°C samples showed only 45% and 34% respectively.

## References

- Baldassari S., Komarneni S., Mariani E. et al. // *Villa, Mater. Res. Bull.* – 2005. – V. 40. – P. 2014.
- Bickley R.I., Gonzalez-Carreño T., Lees J.S. et al. // *Solid State Chem.* – 1991. – V.92. – P. 178.
- Nishimoto S., Ohtani B., Kajiura H. et al. // *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* – 1985. – V. 181. – P. 61.
- Osawa Y. and Gratzel M. // *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* – 1984. – P. 1629.
- Osawa Y., Gratzel M. // *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* – 1988. – V.184. – P. 197.
- Hoffmann M.R., Martin S.T., Choi W.Y. et al. // *Chem. Rev.* – 2005. – V.95. – P. 69.
- Linsebigler A.L., Lu G.Q., Yates J.T. // *Chem. Rev.* – 1995. – V.95. – P. 735.
- Fuente A., Hernandez-Alonso M.D., Maira A.J. et al. // *J. Catal.* – 2002. – V. 212. – P. 1.
- Martev I.N. // *Vacuum.* – 2000. – V. 58. – P. 327.
- Yoldas B.E. // *J. Mat. Sci.* – 1986. – V. 21. – P. 1087.
- Zaharescu M., Crizan M., Musevic I. // *J. Sol-Gel Sci. Technol.* – 1998. – V. 13. – P. 769.
- Manzini G., Antonioli D., Bersani P.P. et al. // *J. Non-Cryst. Solids.* – 1995. – V. 192. – P. 519.
- Pore V., Rahtu A., Leskela M. et al. // *Chem. Vap. Deposition.* – 2004. – V.10. – P. 143.
- Gao Y., Masuda Y., Koumoto K. // *Langmuir.* – 2004. – V. 20. – P. 3188.
- Harano A., Shimada K., Okubo T. et al. // *J. Nanoparticle. Res.* – 2002. – V.4. – P. 215.
- Liang C.H., Shimizu Y., Sasaki T. et al. // *Appl. Phys. A.* – 2005. – V.80. – P. 819.
- Zeman P., Takabayashi S. // *Thin Solid Films.* – 2003. – V. 433. – P. 57.
- Depla D., Heirwegh S., Mahieu S. et al. // *J. Appl. Phys.* – 2007. – V. 101. – P. 013301.
- Williams L.M., Hess D.W. // *J. Vac. Sci. Technol. A.* 1983. – V.1. – P. 1810.
- Zhao Z.W., Tay B.K. // *J. Appl. Phys.* – 2007. – V.101. – P. 013505.
- Jwo C.S., Tien D.C., Teng T.P. et al. // *Rev. Adv. Mater. Sci.* – 2005. – V. 10. – P. 283.
- Takikawa H., Sasaoka T., Sasaki T. // *Electr. Eng. Jpn.* – 1999. – V.126. – P. 2.
- Asahi R., Morikawa T., Ohwaki T. et al. // *Science.* – 2001. – V. 293. – P. 269.
- Omurzak E., Jasnakunov J., Mairykova N. et al. // *J. Nanosci. Nanotechnol.* – 2007. – V. 7. – P. 3157.

УДК 546.28.05: 633.584.6

## Исследование сорбционных свойств продуктов пиролиза рисовой шелухи

Б. БЕКБОЛОТ КЫЗЫ – мл. науч. сотрудник

Б.М. МУРЗУБРАИМОВ – докт. хим. наук, академик

The sorption properties of pyrolysis products of rice shells were studied before and after cavitation treatment.

Многотоннажные отходы производства риса могут служить в качестве основы получения дешевых сорбентов для очистки жидких сред и воздуха. Из отходов рисового производства, в частности из шелухи риса, возможно получение карбонизированного кремнезема с высокой удельной поверхностью с хорошими сорбционными характеристиками. Кроме того, рисовая шелуха – прекрасный источник чистого кремния, так как она не содержит такого количества тяжелых металлов, как кварцит, кварцевый песок, т.е. технология получения чистого кремния из рисовых отходов более проста и доступна.

Возможность применения рисовых отходов в качестве сорбентов для очистки воды от красителей, тяжелых металлов и органических веществ исследовалась в работе [1]. Установлено, что обезжиренные отруби риса хорошо очищают сточные воды от хрома, меди, цинка, стронция, кадмия, никеля, свинца, цинка, кобальта, хрома и алюминия.

Сорбенты на основе шелухи риса, содержащие большое количество диоксида кремния, аналогичны сорбентам из природных кремнезёмов (диатомиты, трепелы, опалы) [2]. Описаны способы получения молекулярных сит [3] и цеолитов [4, 5] на основе шелухи риса по свойствам, сравнимым с коммерческими.

Многочисленные данные, опубликованные за последние 100 лет, несмотря на широкие колебания результатов, показывают, что в состав

рисовой шелухи входит 70–72% органических соединений и 20–28% – неорганических [6].

Средний состав рисовой шелухи (%): вода – 3,75–24,08; зола – 11,86–31,78; пентозан – 4,52–37,0; целлюлоза – 34,32–43,12; лигнин – 19,20–46,97; протеин – 1,2–8,75; жиры и смолы – 0,38–6,62 [7, 8].

Исследована сорбция ионов металлов Fe (III), Cu (II), Cd (II), Pb (II) из растворов солей или их смесей сорбентами, полученными из рисовой шелухи [9]. Показана зависимость поглотительной способности сорбентов от их характеристик.

Авторами [10] изучена сорбционная активность сорбента, полученного из рисовой шелухи пиролизом при 300–400°C без доступа кислорода воздуха. Модельные растворы солей свинца и меди контактировали с полученным сорбентом в течение 10–24 часов при модуле раствор/сорбент 1/2. Разработанный сорбент обеспечивал высокую эффективность селективного извлечения ионов свинца и меди из вод, содержащих ионы названных металлов в широком интервале концентраций.

Сорбент, полученный термообработкой шелухи риса при 200–300°C, показал повышенную сорбционную активность в процессах очистки от нефти и нефтепродуктов [11].

Рисовая шелуха из Узгенского и Кара-Кульджинского районов (Кыргызстан) по результатам химического анализа содержат 30–40% и 30–35% неорганических веществ соответственно.

Целью настоящей работы является изучение сорбционных свойств рисовой шелухи при переработке его с помощью различных физико-химических методов (пиролиз, щелочная обработка, кавитация).

Эксперименты проводились следующим образом.

Пиролиз рисовой шелухи осуществляли путем нагревания при  $400^{\circ}\text{C}$  без доступа кислорода в реакторе из нержавеющей стали. Реактор после пиролиза охлажден до комнатной температуры, твердый остаток взвешен и поделен на две части. Анализ показал, что химический состав твердого остатка пиролиза рисовой шелухи содержит 46% аморфного кремния и 53% углерода, твердый остаток пиролиза рисовой шелухи называется кремнеуглеродом.

С целью увеличения сорбционных свойств кремнеуглерода была проделана следующая последовательность работ.

Первая часть образца не подвергалась какой-либо обработке, вторая часть была обработана в 40% растворе NaOH кипячением в течение часа.

Для активации еще один образец рисовой шелухи был подвергнут кавитационной обработке.

Кавитационная обработка рисовой шелухи проведена с целью получения карбонизированного кремния с нанопорами.

Под кавитацией в жидкости понимаем образование заполненных паром пузырьков при локальном понижении давления в жидкости до и ниже давления насыщенных паров. Соотношение содержания пара в полости может быть различным (теоретически от нуля до единицы).

Различают гидродинамическую кавитацию, возникающую за счет местного понижения давления в потоке жидкости при обтекании твердого тела и акустическую кавитацию, возникающую при прохождении через жидкость акустических колебаний. Кавитационная камера, заполненная паром в различных источниках, называется полостью, пузырьком, пузырьком, сферой и т.п.

Значит, кавитационный эффект подразумевает использование энергии ударной волны, получаемой при схлопывании пузырьков пара в жидкости. Нам известно, что существует множество методов создания кавитации. Рассмотрим основные три метода:

- ультразвуковой кавитации;
- пузырьковой кавитации;
- электрогидродинамической кавитации.

Ультразвуковая и электрогидродинамическая кавитации обладают следующими недостатками:

- сложностью исполнения оборудования;
- высокой стоимостью;
- необходимостью защиты от электричества.

Метод пузырьковой кавитации не содержит перечисленных недостатков.

Данный метод основан, как и ультразвуковая и электрогидравлическая кавитации, на конденсации паропузырькового потока, где полезная работа выполняется конденсирующимися пузырьками пара, а сама вода является промывочным и транспортным средством. Физический принцип метода заключается в использовании работы пузырьков пара, которые, попадая в поле низких температур, схлопываются (рис.1).

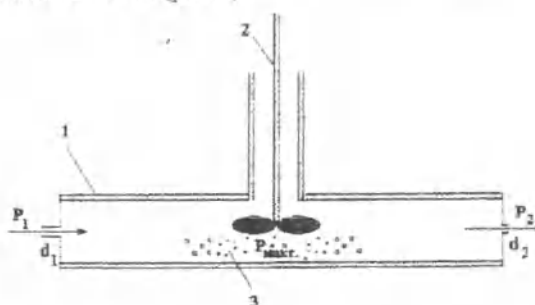


Рис. 1. Ротормный кавитатор: 1 – труба; 2 – ротор; 3 – пузырьки пара;  $P_1, P_2$  – постоянные значения давления на входе и выходе;  $d_1 > d_2$ ;  $P_2 > P_1$ .

В процессе кавитационной обработки происходит измельчение кремнеуглерода из рисовой шелухи до определенной дисперсности с безопасным и эффективным увеличением реакционной способности компонентов рисовой шелухи за счет уменьшения кристалличности целлюлозы и увеличения поверхности целлюлозы для доступной термической обработки.

Кремнеуглерод после кавитации был проведен также пиролизу при  $400^{\circ}\text{C}$ .

Для продуктов пиролиза рисовой шелухи до и после кавитации были установлены пористость по воде, ацетону и сорбционные свойства по йоду с использованием известных методик [12].

Пористость продуктов пиролиза рисовой шелухи по воде определены по следующей методике: ~ 10 г рисовой шелухи заливали 100 мл дистиллированной воды. Смесь кипятили в течение 15 мин, затем охлаждали до комнатной температуры. Обработанные таким образом образцы рисовой шелухи отфильтровывали через воронку

Таблица 1

Пористость и сорбционная активность рисовой шелухи после физико-химической обработки

№	Образец	Пористость по воде(%)	Сорбционная активность по йоду (%)	Пористость по ацетону(%)
1.	Кремнеуглерод из рисовой шелухи (после пиролиза)	1,29	36,5	80,4
2.	Кремнеуглерод из рисовой шелухи (после пиролиза и щелочной обработки)	1,34	48,32	78,40
3.	Кремнеуглерод из рисовой шелухи (после кавитации и пиролиза)	2,04	34,76	84,02
4.	Кремнеуглерод из рисовой шелухи (после кавитации, пиролиза и щелочной обработки)	3,03	44,16	70,18

Бюхнера и тут же взвешивали. Суммарную пористость вычисляли по формуле:

$$V_{\Sigma} = \frac{G_g - G_c}{G_c \rho_g}, \quad (1)$$

где  $G_g$  – вес влажной рисовой шелухи (г);  $G_c$  – вес сухой рисовой шелухи (г);  $\rho_g$  – плотность воды (г/см<sup>3</sup>).

Были определены пористости продуктов пиролиза рисовой шелухи по ацетону (ГОСТ 6217-52): рисовая шелуха предварительно высушивается до постоянного веса, высыпается во взвешенный сухой чистый мерный цилиндр емкостью 100 мл. Цилиндр с рисовой шелухой взвешивали с точностью до 0,01 г, затем наполняли ацетоном до постоянного уровня ацетона над слоем рисовой шелухи. Через 30 мин избыток ацетона сливали, и цилиндр с рисовой шелухой опять взвешивали.

Пористость по ацетону  $x$  (в объемн. %) вычисляли по формуле:

$$x = \frac{(G_{\text{ш}}^{\text{II}} - G_{\text{ш}}^{\text{I}}) \cdot 100}{\rho V}, \quad (2)$$

где  $G_{\text{ш}}^{\text{I}}$  – вес цилиндра с рисовой шелухой до пропитывания (г);  $G_{\text{ш}}^{\text{II}}$  – вес цилиндра с рисовой шелухой, пропитанной ацетоном (г);  $\rho$  – плотность ацетона при температуре опыта (г/см<sup>3</sup>);  $V = 100 \text{ см}^3$  – объем кремнеуглерода.

Сорбционная активность кремнеуглерода по йоду проведена по методу, описанному в МРТУ № 6-16-1003-67: навеску с высушенным кремнеуглеродом (500 мг) помещали в колбу, добавляли 100 мл 0,1 н. титрованного раствора йода, закрывали пробкой и периодически взбалтывали в течение 30 мин. Избыточный йод отбирали пипеткой 10 мл и титровали 0,1 н-раствором тиосульфата натрия.

Сорбционную активность кремнеуглерода по йоду  $F$  (%) вычисляли по формуле:

$$F = \frac{(V - V'') - 0,0127 - 100 - 100}{10G_y}, \quad (3)$$

Согласно вышеуказанными методикам, исследованы изменения свойств рисовой шелухи после различной физико-химической обработки.

Результаты вычислений по формулам (1–3) для кремнеуглерода после физико-химической обработки приведены в табл.1.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- наибольшая сорбционная активность наблюдается по йоду для образцов рисовой шелухи после щелочной обработки;
- пористость по воде увеличивается после кавитационной обработки рисовой шелухи, а по йоду уменьшается. Видимо, это связано с образованием нанопор в сорбенте из кавитационной рисовой шелухи;
- пористость по ацетону почти одна и та же для образцов из рисовой шелухи до и после кавитации;
- с использованием полученных результатов мы надеемся разработать технологию получения сорбентов с нанопорами, которые можно применять в области получения композиционных наноматериалов с наночастицами различных металлов.

#### Литература

1. Marshall W.E., Champagne E.T., Evans W.J. // J. Environ. Sci. Health., 1993. – V. 28 A. – № 9. – P. 1977–1992.
2. Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния. Под ред. А.А. Чуйко. – Киев: Наукова думка, 2003. – 415 с.



3. Borthakur P.C., Sarma P.C., Bhattacharya G.C. et al. // Chem. Age India. – 1975. – V.26. – № 8. – P. 628–630.
4. Kiyuzumi Y., Suzuki K., Shin S.J. // Shem. Soc. Jap. – 1989. – № 3. – P. 374–375.
5. Rawtani A.V., Rao M.S., Gokhale K.V. // Ind. and Eng. Chem. Res. – 1989. – V. 28. – № 9. – P. 1411–1413.
6. Сергиенко В.И., Земнухова Л.А. и др. /Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи // Росс. хим. журнал. – 2004. – Т. 48. – № 3. – С. 116–124.
7. Ляховкин Л. Мировое производство и генофонд риса. – Ханой, 1992. – 226 с.
8. Патент Великобритании № 1508825, 1978 г.
9. Шевелева И.В., Холамейдик А.Н., Войт А.В. и др. /Сорбенты на основе рисовой шелухи для удаления ионов Fe(III), Cu (II), Cd(II), Pb (II) из растворов // Химия растительного сырья. – 2009. – № 4. – С. 171–176.
10. Патент РФ № 2292305. – Способ извлечения ионов тяжелых металлов из водных растворов. – 2007 г.
11. Патент РФ № 2259875. – Сорбент для удаления нефти и нефтепродуктов из жидких сред и способ его получения из шелухи риса. – 2005.
12. Колышкин Д.А., Михайлова К.К. Активные угли, справочник. – 1972. – 55 с.

УДК:547 992 2:541/64+518/67

## Гибридные нанокмползнты на основе гуминовых кислот

А.А. ЗАРИПОВА – канд. хим. наук, доцент

Reception of magnetic hybrid nanosorbents on the basis of metals and humic acids, the analysis of chemical and physical activity these products.

В настоящее время повышенный интерес к наноразмерному состоянию металлов и оксидов обусловлен огромным потенциалом их использования в современных технологиях как важных классов магнитных материалов, катализаторов, нелинейно-оптических сред, биологически активных агентов.

Синтез наноразмерных частиц осуществляется за счет широкого ряда процессов: химического восстановления, термолиза, фотолиза, радиационной химии с использованием различных наностабилизирующих материалов, в основном синтетического происхождения: твердых матриц, водно-органических эмульсий, растворов макромолекул [1]. Применение доступных природных полимеров является перспективным, но мало исследованным направлением.

Использование в качестве стабилизатора частиц гуминовых кислот (ГК) может стать про-

стым и технологичным методом создания уникальных наноразмерных материалов широкого спектра действия.

Макромолекулярная природа, полифункциональный состав и стабилизирующий эффект полимерной молекулы обеспечивают гуминовым кислотам значительный потенциал в процессах формирования наноструктур.

Поскольку многообразие уникальных свойств наночастиц во многом определяется их размером, природой, формой и дисперсностью, изучение закономерностей образования нанокмползнтов на основе гуминовых кислот, возможностей регулирования их размерных характеристик при изменении условий синтеза будет способствовать созданию технологии направленного получения наноматериалов с заданными каталитическими, магнитными, оптическими, биологическими, сорбционными свойствами.



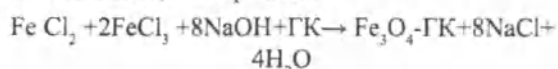
Целью настоящего исследования было получение биметаллсодержащих нанокompозитов на основе гуминовых кислот.

#### Объекты и методы исследования

Высокодисперсные гибридные нанокompозиты получали *in situ* в присутствии гуминовых кислот по методу Эльмора [2]. В случаях получения сложных ферритов ионы двухвалентного железа (II) могут быть полностью или частично замещены ионами других металлов.

#### Результаты и обсуждение

Нанокompозиты оксидов железа являются перспективным классом соединений как многофункциональные системы в новом морфологическом состоянии с новыми магнитными свойствами. Выявлено, что в реакции



гуминовые кислоты проявляют стабилизирующие свойства по отношению к зародышам кристаллической фазы оксидов железа на ранней стадии их возникновения, в состоянии наноразмерной дисперсности.

Установлена возможность регулирования количественного состава композитов (содержания М) при варьировании соотношений М (II), Fe(III)/ГК и способа введения реагентов в реакционную смесь (табл.1).

Таблица 1

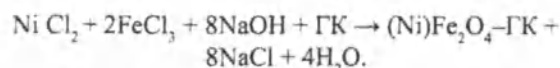
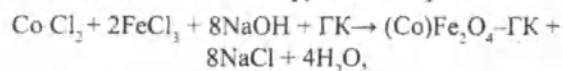
Элементный состав и выход биметаллсодержащих нанокompозитов на основе гуминовых кислот

№	Fe (%)	М (%)	Выход (%)
1	1,98	Fe – 0,45	82
2	2,38	Fe – 1,04	52
3	2,83	Fe – 1,08	69
4	2,15	Co – 1,28	83
5	1,80	Ni – 1,15	72

Рассмотрено влияние природы основания на содержание металла в структуре нанокompозита. Показано, что природа основания не влияет на степень выхода продукта и его свойства.

Для расширения ряда наноразмерных металлоксидных (магнитоактивных) композитов была проведена серия реакций совместного осаждения ионов переходных металлов: Fe(III) – Co(II), Fe(III)

– Ni(II) раствором щелочи в присутствии гуминовых кислот как стабилизирующей матрицы:



Изучение нанокompозитов методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) показало образование изолированных частиц относительно регулярной формы с размерами в интервале от 35 до 50 нм (рис. 1).

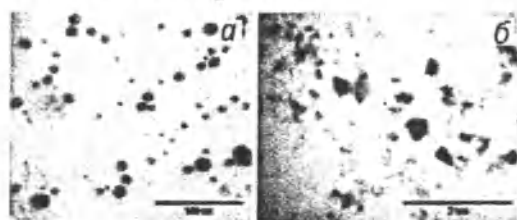


Рис. 1. ПЭМ наночастиц в составе нанокompозитов: а) 1,4 %, б) 12,5 %.

Металлическая фаза характеризовалась наиболее широким распределением по размерам и доля частиц диаметром от 15 до 35 нм немногим превышала 50%. Особенностью образования наночастиц явилось выраженное изменение морфологии в зависимости от количественного состава композита. Так, с увеличением содержания металла от 1,8 до 14,5%, в отличие от округлых частиц, появлялись структуры неправильной формы с широким диапазоном варьируемых размеров (от 38 до 125 нм). Принимая во внимание, что размер частиц металлов находится в интервале от 30 до 50 нм, а размер надмолекулярных образований композитов, определенных по данным СЭМ, составляет 200–600 нм, можно предположить, что внутри одной полисахаридсодержащей гранулы композита расположено несколько металлических ядер.

#### Литература

1. Александрова Е.И., Джардималиева Г.И., Розенберг А.С. и др. // Изв. АН. Сер. хим. – 1993. – 303 с.
2. Elmore W.C. // J. Phys. Rev. – 1938. – V. 54(4). – P. 309–310.

УДК: 539.232(575.2)(043.3)

## Самоорганизация углеродных наноструктур, формирующихся из импульсной плазмы в жидкости

Ж. К. ЖАСНАКУНОВ – канд. хим. наук

А.С. МАМЕТОВА – канд. хим. наук, доцент Ош ГУ

С.К. СУЛАЙМАНКУЛОВА – докт. хим. наук, профессор

Date about self-organization carbon nanostructures of impulse plasma in liquid.

Начало XXI века ознаменовалось революционным началом развития нанотехнологий и наноматериалов. Они уже используются во всех развитых странах мира в наиболее значимых областях человеческой деятельности (промышленности, информационной сфере, радиоэлектронике, энергетике, транспорте, биотехнологии, медицине и др.) [1].

В мировой научной литературе термин «наноуглерод» (nanocarbon) был введен для обозначения семейства нанообъектов, состоящего из различных типов фуллеренов (fullerenes), углеродных нанотрубок (carbon nanotubes), нанографита (nanographite) наноалмазов (nanodiamonds), углеродных «луковиц» (nano-onions) и стручков» (nano-beans). По существу, открылся целый мир углеродных наноматериалов, которые интересны как «кирпичи» для современных нанотехнологий [2].

В данной работе нами проанализированы результаты актуальных исследований самоорганизации углеродных наноструктур, формирующихся в результате воздействия импульсной плазмы, создаваемой в жидкой среде на твердое тело.

До настоящего времени процессы формирования углеродных наноструктур объяснялись с точки зрения различных моделей. Например, модели «султики», «сборки из колец» и «путь фуллерена» [3].

Результаты исследований углеродных наноструктур, полученных в импульсной плазме в жид-

кости (ИПЖ), показывают, что необходим дополнительный подход к особенностям структур и морфологии формирующихся фаз для более полной систематизации механизма их самоорганизации, т.е. актуальность нового подхода к самоорганизации углеродных наноструктур несомненна [4].

Управление процессами самоорганизации является важнейшей задачей на пути к формированию функциональных наноматериалов с заданными физико-химическими свойствами и разработке наноустройств на их основе [5].

Среди углеродных наноструктур фуллерены являются уникальным объектом для исследования эффектов самоорганизации.

Первым среди углеродных наноструктур был открыт фуллерен  $C_{60}$ , отличающийся наибольшей стабильностью и обладающий икосаэдрической симметрией ( $I_h$ ).  $C_{60}$  был назван фуллереном по имени архитектора и изобретателя Р. Бакминстера Фуллера, сконструировавшего геодезический свод, напоминающий структуру фуллерена  $C_{60}$ . В настоящее время понятие «фуллерены» применяется к широкому классу многоатомных молекул углерода ( $C_{20}$ ,  $C_{34}$ ,  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{76}$ ,  $C_{84}$ ,  $C_{90}$ ,  $C_{94}$  и др.) [6]. Все эти молекулы имеют структуру замкнутой поверхности, на которой находятся атомы углерода. Эта замкнутая поверхность выложена шестиугольниками и пятиугольниками. На рис. 1. представлено семейство таких молекул.

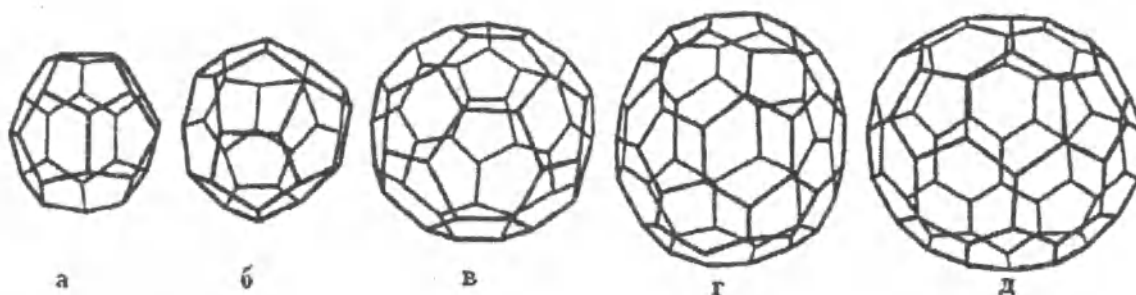


Рис. 1. Структура фуллеренов, составленных из пятиугольных и шестиугольных колец углерода. Число атомов углерода в фуллерене: 28 (а), 32 (б), 50 (в), 60 (г), 70 (д) [7].

Первое предположение, объясняющее формирование фуллеренов, заключалась в том, что с поверхности испаряющегося графита выбрасываются фрагменты монослоев, которые затем сворачиваются в сферическую молекулу [8]. Однако в дальнейшем эксперименты с использованием изотопов углерода показали, что рост фуллеренов происходит из моноатомного пара. Согласно экспериментальным данным, приведенным в работе [9], конденсация атомов углерода осуществляется следующим образом: после полного перемешивания атомов в плазме кластеры растут в виде линейных цепочек; при достижении ими размера десяти и более атомов цепочки замыкаются в более стабильные кольцевые структуры, которые затем сливаются в молекулы фуллеренов.

В капельной модели был предложен механизм образования фуллеренов из пересыщенного пара. В начальной стадии данного процесса-конденсации образуются наноразмерные зародыши. При понижении температуры они группируются в кластеры, увеличение размеров и усложнение структуры которых приводит к образованию фуллеренов. Таким образом, согласно капельной модели, образование углеродных молекул происходит в три стадии: образование зародыша в виде малых линейных кластеров и их разветвление, образование циклов и формирование двумерной поверхности, рост поверхности и ее замыкание в фуллереновые структуры [10].

В модели полициклических структур при  $N > 20$  ( $N$  – количество атомов углерода) образуются кластеры, структура которых интерпретируется как два связанных между собой кольца. При  $N > 30$  появляются кластеры из трех связанных колец. Относительное содержание таких полициклических структур растет с размерами и при

$N > 30$  начинает значительно превышать содержание простых колец. Предполагается, что рост крупных кластеров идет преимущественно путем коагуляции кольцевых структур. Авторами работы [11] рассматривается сворачивание в фуллерен структур, состоящих из трех соединившихся колец, которые, объединяясь, превращаются в сфероид. Получающийся фуллерен имеет эллипсоидную форму, и в нем есть смежные пятиугольники, также он может содержать семиугольные циклы. В дальнейшем происходит расположение пятиугольников по сфере (как в капельной модели) и, как следствие, уменьшение углового напряжения структуры [12].

Эксперименты проводили на установке, приведенной в работе [13]. Энергия электрического импульса устанавливалась с помощью конденсаторов, емкость которых могла меняться от 2 до 8 мкФ. Токоограничивающее сопротивление позволяет устанавливать ток короткого замыкания до 5 ампер. При сближении электродов выпрямитель от конденсатора отключается, и между электродами протекает искровой разряд за счет энергии, запасенной в конденсаторе. Исходным материалом для изготовления электродов служили графитовые стержни чистотой 99,8%. Электроды взвешивались до начала процесса и после, что позволяло рассчитывать выход продукта диспергирования. В качестве среды использовали химически чистый толуол.

Отделение фуллеренов от образующейся сажи и других компонентов углерода основано на растворимости фуллеренов в ароматических углеводородах. Детальный обзор о растворимости фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$  содержится в публикации [14, 15].

В результате диспергирования графитовых электродов в среде толуола получили черный

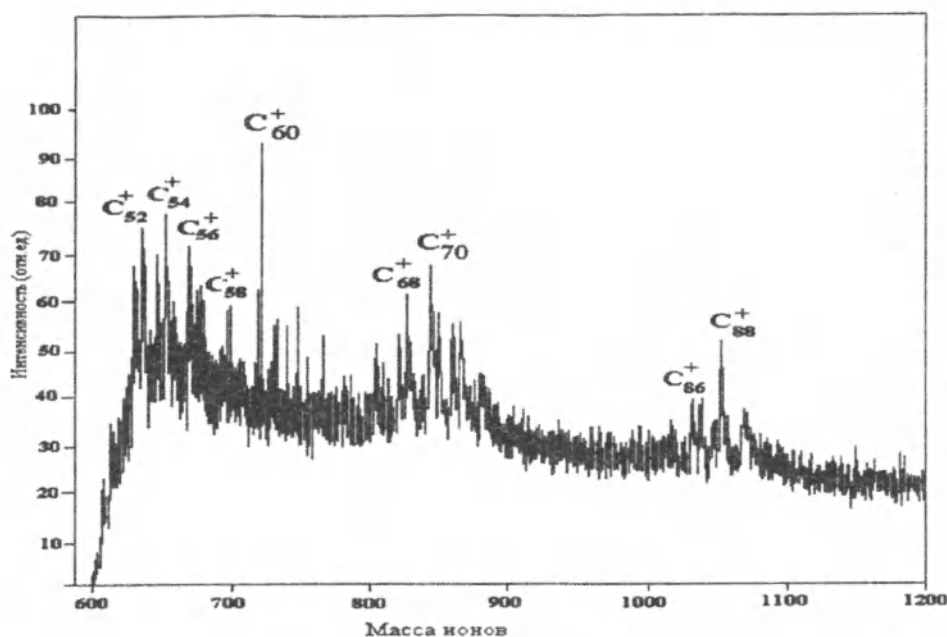


Рис. 2. Масс-спектр экстракта, полученный из импульсной плазмы в толуоле.

осадок на дне реактора, при этом цвет толуола изменяется и становится коричневым. Осадок отделялся от толуола фильтрацией [16–18].

Растворенные в толуоле углеродные фазы выделены в виде суммы выпариванием толуола в роторном испарителе при температуре 50°С. Полученный экстракт коричневого цвета промывали хлороформом для удаления толуола и сушили при комнатной температуре. Взвешенную порцию просушенного экстракта исследовали с помощью времяпролетной масс-спектрометрии [19].

Для исследования образца использовали масс-спектрометр MALDI TOF-MS spectrum was recorded on a Voyager RP (PerSeptiv Biosystem, Япония, Университет Кумамото). На рис. 2. представлен спектр, полученный при энергии лазера 30 эВ. Здесь на оси ординат отложены относительные значения концентраций ионов, а на оси абсцисс—величины, соответствующие массам ионов. Как видно из рис. 2, в экстракте присутствуют ионы вплоть до масс, соответствующих  $C_{90}$ . Следует заметить, что регистрируемые ионы принадлежат именно фуллереновым молекулам, так как разница в массе между соседними пиками равна 24 а.е.м. Эта разница является характерной «меткой» при масс-спектрометрических исследованиях фуллеренов и соответствует комплек-

су  $C_2$ , который является основной структурной единицей, теряемой фуллереном при различных видах воздействия на него [20]. Спектр экстракта показал наличие фуллереновых молекул:  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{88}$ ,  $C_{90}$  и димеров фуллерена  $(C_{60})_2$ . Видно, что самый интенсивный пик относится к фуллерену  $C_{60}$ . Кроме того, регистрируются интенсивные пики, соответствующие фрагментным ионам ( $C_{58}^+$ ,  $C_{56}^+$ ,  $C_{54}^+$ ) фуллерена  $C_{60}$ . Это связано с тем, что возбужденные лазером фуллерены стабилизируются посредством выброса молекулы  $C_2$  и в результате наблюдается набор пиков  $C_{k-2}^+$ ,  $C_{k-4}^+$ ,  $C_{k-6}^+$  ( $k=60/70$ ). Следует подчеркнуть также, что в масс-спектре нашего образца не сохраняется соотношение фуллеренов  $C_{60}/C_{70}$ .

По литературным данным, во всех экстрактах отношение  $C_{60}/C_{70}$  примерно равно 1/5 [21]. Также известно, что при сильной лазерной десорбции чистого фуллерена  $C_{60}$  происходит образование фуллерена  $C_{70}$ , но следует подчеркнуть, что появление пика фуллерена  $C_{70}$  происходит тогда, когда появляются пики димеров  $(C_{60})_2$ . Таким образом, основной канал образования фуллерена  $C_{70}$  состоит в образовании димера  $(C_{60})_2$  с последующим выбросом из димера  $C_{70}$  [22]. Из вышесказанного следует, что высокая концентрация ионов  $C_{70}^+$ ,  $C_{62}^+$  и  $C_{54}^+$  в образце связана с возможностью рас-

пада димера фуллерена ( $C_{60}$ )<sub>2</sub> на почти равные по массе осколки под действием лазерной десорбции. В масс-спектре нашего образца пики димеров фуллерена ( $C_{60}$ )<sub>2</sub> регистрируются на уровне шумов.

Таким образом, фуллерены самоорганизуются из углеродных кластеров, которые, являясь фрактальной системой, обладают свойствами самоподобия, а мерой порядка служит фрактальная размерность. Она спонтанно изменяется в точках неустойчивости системы, поэтому фрактальная размерность связана с механизмом агрегации частиц. При самоорганизации фуллеренов из углеродных кластеров на различных стадиях процесса реализуются различные механизмы «сборки» кластера. Переход от одного механизма к другому является процессом нелинейным. Это требует использования принципов синергетики как теории самоорганизующихся структур в условиях нелинейного поведения системы.

#### Литература

1. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2008. – 454 с.
2. Покровский В.В., Ивановский А.И. Новые наноформы углерода и нитрида бора // Успехи химии. – 2008. – Т. 77. – № 10. – С. 899–937.
3. Лозовик Ю.Е., Попов А.М. Образование и рост углеродных наноструктур – фуллеренов, наночастиц, нанотрубок и конусов // Успехи физ. наук. – 1997. – Т. 167. – № 7. – С. 751–774.
4. Sulaimankulova S., Omurzak E., Jasnakov J. et al. / New Preparation Method of Nanocrystalline Materials by Impulse Plasma in Liquid // J. Cluster science. – 2008. – V. 20. – № 1. – P. 37–49.
5. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы / Под. ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Физматлит, 2010. – 454 с.
6. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Фуллерены // Успехи физ. наук. – 1993. – Т. 163. – № 2. – С. 33–60.
7. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Фуллерены и структура углерода // Успехи физ. наук. – 1995. – Т. 165. – № 9. – С. 977–1009.
8. Kroto H.W., McKay K. The formation of quasi-icosahedral spiral shell carbon particles // Nature. – 1988. – V. 331. – P. 328–331.
9. Kroto H.W. The stability of the fullerenes  $C_n$ , with  $n = 24, 28, 32, 36, 50, 60$  and  $70$  // Nature. – 1987. – V. 329. – P. 529–531.
10. Тамиллин Ф.Н., Аврамов П.В., Варганов С.А. и др. / Возможная схема синтеза – сборки фуллеренов // Физика твердого тела. – 2001. – Т. 43. – № 5. – С. 936–943.
11. Алексеев Н.И., Дюжев Г.А. Статистическая модель образования фуллеренов на основе квантохимических расчетов 1. Наиболее вероятные предшественники фуллеренов // Журн. техн. физики. – 2001. – Т. 71. – № 5. – С. 67–70.
12. Frenklach M., Ebert L.B. Comment on the proposed role of spheroidal carbon clusters in soot formation // J. Phys. Chem. – 1988. – V. 92. – P. 561–563.
13. Асанов У.А. Физико-химические процессы в плазме искрового разряда, создаваемого в жидких диэлектриках. – Бишкек: Билим, 2001. – 403 с.
14. Ruoff R.S., Doris S. Tse, Malhotra R. et al. / Solubility of  $C_{60}$  in a variety of solvents // J. phys. chem. – 1993. – V. 97. – P. 3379–3383.
15. Елецкий А.В. Фуллерены в растворах // Теплофизика высоких температур – 1996. – Т. 34. – № 2. – С. 308–323.
16. Omurzak E., Jasnakov J., Sulaimankulova S. et al. / Synthesis method for nanomaterials by pulsed plasma in liquid // Proceedings of Symposium on the Shock Waves in Japan. – 2007. – P. 265–266.
17. Sulaimankulova S., Omurzak E., Jasnakov J. et al. / New Preparation Method of Nanocrystalline Materials by Impulse Plasma in Liquid // J. Cluster science. – 2008. – V. 14. – № 6. – P. 123–135.
18. Жаснакунов Ж.К. Исследование суммы фуллеренов, выделенной из фуллереновой сажи // Изв. НАН КР. – 2006. – № 4. – С. 60–63.
19. Laskin J., Behm J.M., Lykke K.R. et al. Time-resolved appearance energies for fragment ions from  $C_{60}$  // Chem. Phys. Lett. – 1996. – V. 4. – P. 345–347.
20. Cambell E.B., Ulmer G., Hertel I.V. Delayed ionization of  $C_{60}$  and  $C_{70}$  // Chem. Phys. Lett. – 1991. – V. 3. – P. 216–218.
21. Крестинин А.В., Моравский А.П. Кинетика процесса образования фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$  в реакторе с электродуговым испарением графитовых стержней // Хим. физика. – 1999. – Т. 18. – № 3. – С. 58–66.
22. Каратаев В.И. Анализ фуллеренов при помощи масс-рефлектора с высокой разрешающей способностью // Письма в ЖТФ. – 1993. – Т. 19. – № 15. – С. 65–70.



УДК 547.458.88:577.15(04)

## Получение иммобилизованных препаратов протеолитических ферментов (трипсина, $\alpha$ -химотрипсина)

Л.В.СЕРИКОВА – научный сотрудник

Э.М.ХУДАЙБЕРГЕНОВА – старший научный сотрудник

With the purpose of obtaining of immobilized enzyme preparations the conjugation of model enzymes (trypsin,  $\alpha$ -chemotrypsin) with dialdehyde of pectic acid was carried out.

### Введение

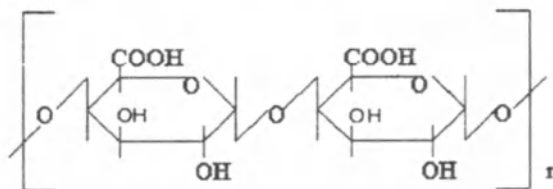
Наиболее распространенным путем стабилизации ферментных препаратов, особенно тех, которые предназначены действовать на нерастворимые субстраты, является их иммобилизация на водорастворимых носителях.

Перспективными носителями для иммобилизации ферментов представляются пектиновые вещества, относящиеся к ряду природных полисахаридов. В настоящей работе в качестве носителя для иммобилизации ферментов использован диальдегид пектовой кислоты. Пектин состоит из частично или полностью метоксилированных остатков полигалактуроновой кислоты. Методами химической модификации пектина получают его функционализированные производные. Наиболее выгодно использовать пектиновые вещества для изготовления ферментных препаратов лекарственного назначения, так как они сами обладают широким спектром терапевтического действия, биосовместимостью [1].

### Экспериментальная часть

Из свекловичного пектина была получена пектовая кислота (ПК) [2] (схема 1). Для получения пектовой кислоты свекловичный пектин (10г) обрабатывали 1л 0,1н NaOH в течение 12 часов для омыления эфирных групп. Затем полученный раствор пропускали через ионит КУ-2 в Н-форме в течение 2–3 часов. Скорость протекания раствора через ионит составляла 3–4 мл/мин.

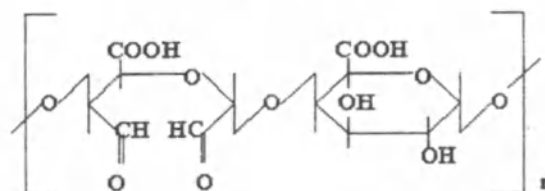
Схема 1



Обеззоленный раствор имел pH=3–4. Затем полученный раствор промывали в ацетоне. Выпавший осадок (пектовую кислоту) отфильтровывали и промывали ацетоном до отрицательной реакции на Cl<sup>-</sup>-ионы.

Из пектовой кислоты периодатным окислением получен диальдегид пектовой кислоты (ДАПК) [3] (схема 2). Йодная кислота – специфический окислитель гликольных группировок.

Схема 2



Для получения диальдегида пектовой кислоты в круглодонную колбу, снабженную мешалкой,

Таблица 1

Элементный состав ПК и ДАПК

Исследуемое вещество	Элементный состав		–CHO группы, %	–COOH группы, %	Зольность, %
	С	Н			
Пектовая кислота	34,76	5,06	–	18,00	3,44
Диальдегид пектовой кислоты	32,85	5,67	29,53	12,57	3,24

помещали 1 г пектовой кислоты и 0,3 г йодной кислоты в буферной смеси: 0,05М бура и 0,05М янтарная кислота (рН=4,0). Смесь перемешивали в течение 10–15 часов при 25°C в темноте. Реакцию останавливали добавлением 5%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Полученный продукт (диальдегид пектовой кислоты) из раствора осаждали холодным изопропиловым спиртом. Осадок отфильтровывали и промывали изопропиловым спиртом.

Определение альдегидных групп проводилось йодометрическим титрованием [4].

Полученные пектовая кислота и диальдегид пектовой кислоты были проанализированы на элементный состав, содержание функциональных (карбоксильных и альдегидных) групп, зольность.

ИК-спектры пектовой кислоты и диальдегида пектовой кислоты были сняты на приборе UR-10. Образцы готовили прессованием с бромистым калием (3 мг вещества на 300 мг KBr).

Термогравиметрическое исследование образцов проводилось в интервале температур от 0° до 1000°C для обоих образцов на дериватографе системы Пулик-Эрдей (Венгрия).

#### Результаты и их обсуждение

Результаты анализа полученных ПК ДАПК представлены в табл. 1.

При исследовании ИК-спектров пектовой кислоты (рис. 1) в высокочастотной области наблюдается широкая полоса поглощения с максимумом  $3420\text{ см}^{-1}$  и плечом при  $3330\text{ см}^{-1}$ . Эту полосу обычно относят к валентным колебаниям гидроксильных групп, участвующих в системе водородных связей. На низкочастотном крыле полосы  $\nu(\text{C}=\text{O}) = 1750\text{ см}^{-1}$ , при  $1730\text{ см}^{-1}$  проявляется поглощение воды, на которое накладывается асимметрическое колебание ионизированного карбоксила  $\nu_{\text{ас}}(\text{COO}^-) = 1630\text{ см}^{-1}$ . Полоса с максимумом при  $1420\text{ см}^{-1}$  связана с симметричными валентными колебаниями той же группы  $\nu_s(\text{COO}^-)$ . Слабое поглощение при  $955\text{ см}^{-1}$  обусловлено колебаниями возмущенного водородной связью гидроксила кольца  $\gamma(\text{OH})$ . Эта полоса наблюдается в спектрах всех производных пектовых веществ [5].

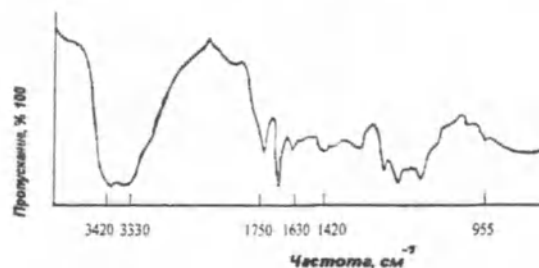


Рис. 1. ИК-спектры пектовой кислоты.

Термогравиметрический анализ (рис. 2) показал, что при нагревании образца пектовой кислоты все процессы, сопровождающие разложение вещества и окисление продуктов разложения, происходят в интервале температур от 80° до 600°C.

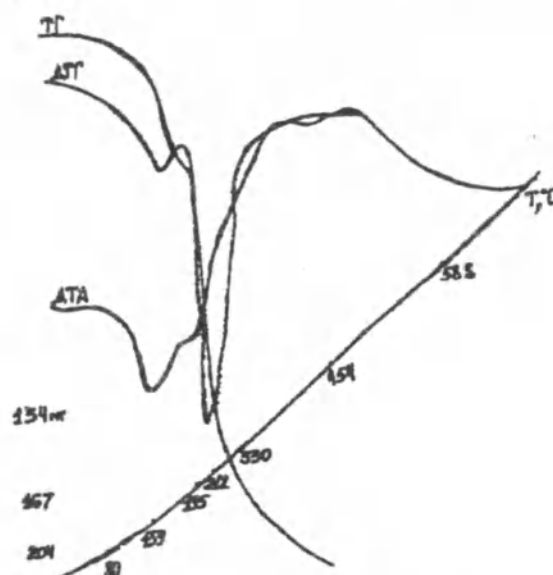


Рис. 2. Дериватограмма пектовой кислоты.

На кривой ДТА наблюдается два эндозффекта (139° и 195°C) и три экзозффекта (80°–180°C). Наблюдается потеря ~ 18% общей массы пектовой кислоты. Это связано с разрывом боковых цепей, дигидроксилированием и удалением их в

виде воды. В области второго эндотермического пика, которая простирается до 680°C, потеря массы составляет около 56%, что свидетельствует о высокой степени деструкции объекта исследования, сопровождаемой выходом в газообразную фазу образующихся продуктов.

На ИК-спектрах диальдегида пектовой кислоты (рис. 3) наблюдается полоса поглощения 3380 см<sup>-1</sup>, характерная для частот валентных колебаний ОН-групп в (-СНОН) и указывающая на присутствие внутримолекулярной водородной связи. В области 3050–3100 см<sup>-1</sup> появляются полосы поглощения, показывающие наличие сильных водородных связей. В области 3000–2500 см<sup>-1</sup> у ДАПК интенсивно выражена полоса поглощения, характерная для валентных колебаний -СН<sub>2</sub> и -СН-групп. Полоса поглощения 1640 см<sup>-1</sup> характерна для адсорбированной воды. Интенсивная полоса поглощения при 1605 см<sup>-1</sup> характерна для всех пектиновых веществ и относится к асимметричным колебаниям ионизированного карбоксилата ν<sub>as</sub>(COO<sup>-</sup>).

В низкочастотной области 1400–400 см<sup>-1</sup> наблюдается шесть полос поглощения. Широкая малоинтенсивная полоса 1240 см<sup>-1</sup> относится к частотам деформационного колебания вторичных спиртовых групп. Полосы поглощения при 1000–1200 см<sup>-1</sup> характерны для частот валентных колебаний С-О и С-С структур пектиновых производных [6].

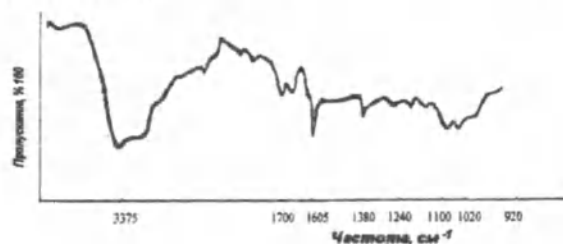


Рис. 3. ИК-спектры диальдегида пектовой кислоты.

При термогравиметрическом исследовании диальдегида пектовой кислоты (рис. 4) характер процессов, сопровождающих нагревание образца, аналогичен процессам образца пектовой кислоты.

Пики эндозффектов смещены в сторону низких температур и наблюдаются при 130° и 155°C. Это смещение составляет 9° и 40° соответственно. Энергия разрыва большинства связей основной цепи и остаточных фрагментов в образце диальдегида пектовой кислоты значительно меньше.

Второй эндотермический пик непрерывно переходит в мощный и растянутый в температурном интервале экзотермический эффект с перегибами и малоинтенсивными пиками при 356°, 463°, 500°C. Этот эффект связан с окислением продуктов разложения соединения и выделением в газовую фазу преимущественно CO<sub>2</sub>.

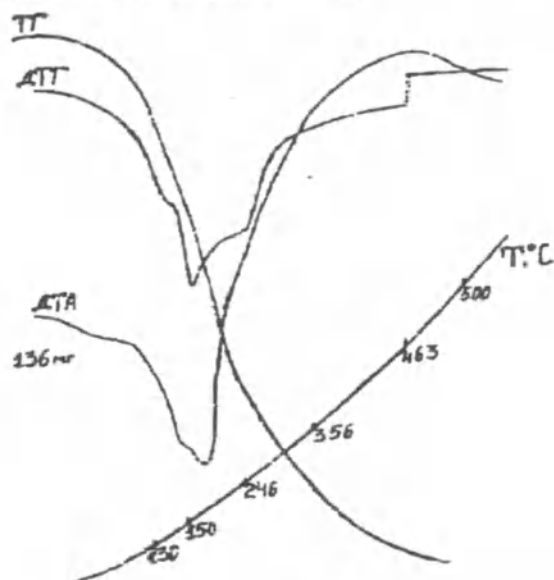
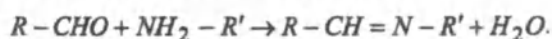


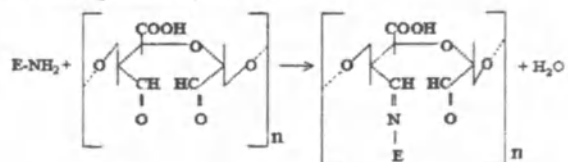
Рис. 4. Дериватограмма диальдегида пектовой кислоты.

Полученный диальдегид пектовой кислоты был использован в качестве носителя для иммобилизации α-химотрипсина и трипсина.

Известно, что взаимодействие альдегидных групп с аминными группами приводит к образованию альдоиминной связи по схеме:



Наличие альдегидных групп в окисленной форме пектовой кислоты позволяет провести конъюгирование за счет взаимодействия их с аминными группами фермента (трипсина или α-химотрипсина) по схеме:



Связанный с диальдегидом пектовой кислоты фермент отделяли от нативного геля-фильтрацией на колонке с сефадексом G-75. Раствор иммобили-

Таблица 3

Величины средневесовых молекулярных масс ( $M_w$ ) фракций для систем «диальдегид пектовой кислоты +  $\alpha$ -химотрипсин» и «диальдегид пектовой кислоты + трипсин»

№ фракции	$\alpha$ -химотрипсин		трипсин	
	Средневесовая молекулярная масса, Да	Доля, %	Средневесовая молекулярная масса, Да	Доля, %
1	59566	37,24	41733	36,72
2	34084	29,99	35216	30,45
3	22828	32,77	23052	32,83

лизированного фермента концентрировали на ротном испарителе.

За выходом продуктов иммобилизации следили спектрофотометрически по поглощению при 280 нм. В процессе работы использовали спектрофотометр СФ-46 (рис. 5–6).

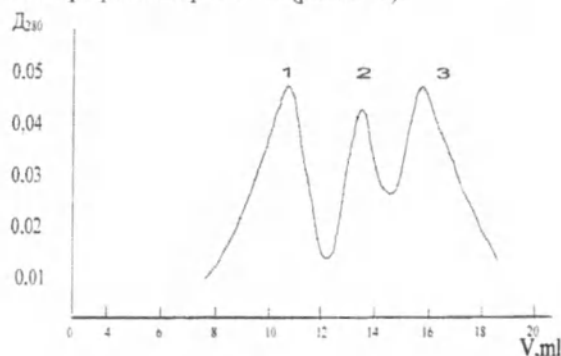


Рис. 5. Молекулярно-массовое распределение исследуемого раствора  $\alpha$ -химотрипсина: (1) –  $\alpha$ -химотрипсин, иммобилизованный на водорастворимом диальдегиде пектовой кислоты; (2) – диальдегид пектовой кислоты; (3) –  $\alpha$ -химотрипсин.

Значение средневесовой молекулярной массы, рассчитанной по формуле Детермана [7], позволяет сделать вывод о том, что третья фракция является нативным ферментом, не вступившим в реакцию (табл. 3).

Таким образом, нам удалось разделить иммобилизованный и нативный ферменты методом гель-хроматографии.

#### Заключение

Из свекловичного пектина получена пектовая кислота, которая затем путем химической модификации преобразована в диальдегид пектовой кислоты. Полученный диальдегид пектовой кислоты использовался в качестве носителя для получения водорастворимых ферментных

препаратов. Получены иммобилизованные формы протеолитических ферментов (трипсина,  $\alpha$ -химотрипсина).

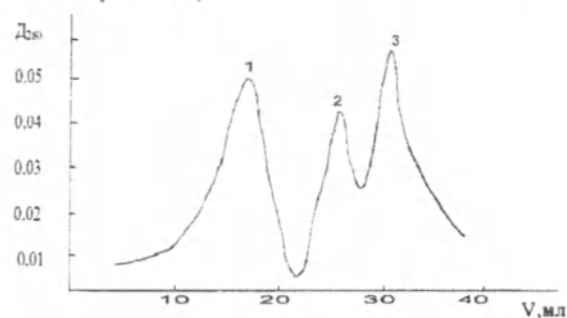


Рис. 6. Молекулярно-массовое распределение исследуемого раствора трипсина: (1) – трипсин, иммобилизованный на водорастворимом диальдегиде пектовой кислоты; (2) – диальдегид пектовой кислоты; (3) – трипсин.

#### Литература

1. Шелухина Н.П., Абаева Р.Ш., Аймухамедова Г.Б. Пектин и параметры его получения. – Фрунзе, 1987. – 120 с.
2. Тенникова Т.Б. // Хим. фарм. журнал. – Т.11. – № 7. – 1977.
3. Шипунова О.В., Мошквич С.А. и др. Иммобилизация изониазида на пектиновых веществах // Изв. АН КазССР, 1990. – Серия хим. – № 2.
4. Аймухамедова Г.Б., Ашубаева З.Д., Умаралиев Э.А. Химическая модификация пектиновых веществ. – Фрунзе: Илим, 1972. – 110 с.
5. Филиппов М.П. Инфракрасные спектры пектиновых веществ. – Кишинев: Штиница, 1978.
6. Аймухамедова Г.Б., Ашубаева З.Д., Шелухина Н.П., Попов Е.М. Ик-спектроскопия пектиновых производных // Изв. АН КССР, 1967. – № 2.
7. Детерман Г. Гель-хроматография. – М.: Мир, 1970. – 252 с.

УДК 547.917

**Фруктоолигосахариды из клубней E.Cristatus**

Г.А. БАКИРОВА – соискатель

К.ТУРДУМАМБЕТОВ – доктор химических наук

Р.А.ГОНЧАРОВА – научный сотрудник

In this work we are studied fructooligosugaridy give off from spind an extract from roots of E. Cristatus. From a comples mix fructooligosugaridys dioided on homoqeneous fractions and also studied their physical and chemical characterictic of methods of acid hydrolysis, of paper chromatographiy, oxidations on disintegration Smita and IK- spectroscopy.

Ранее из клубней Eremurus Cristatus были выделены глюкоманнаны из водных экстрактов [1]. В этой работе мы занимались изучением фруктоолигосахаридов, выделенных из спиртового экстракта.

Свежие клубни E. Cristatus собраны в окрестностях с. Стрельникова в фазе плодоношения. Измельченные свежезаготовленные корни экстрагировали сначала кипящим 96%-м, затем 82%-м этиловым спиртом. По данному методу [2] получили сумму фруктоолигосахаридов. Согласно бумажной хроматографии (БХ), фруктоолигосахариды представляют собой смесь, состоящую из остатков фруктозы (основное пятно), глюкозы и серии Д – фруктоолигосахаридов с  $R_f = 1,0; 0,36; 0,72; 0,67; 0,52$  и  $0,43$ , образующих гомологический ряд.

Из хроматографических данных можно сделать вывод, что эти сахара обладают различной растворимостью, которая имеет закономерность, присущую для членов полимергомологических рядов. При сравнении с истинными свидетелями были идентифицированы фруктоза, глюкоза, сахароза, трисахарид, тетрасахарид. Далее было выяснено, что каждый последующий член этого ряда отличается от предыдущего одним фруктозным остатком и, надо полагать, что эти остатки

соединены фруктозной связью  $2 \rightarrow 1$ , как это имеет место в высшем полимере этого ряда – инулине (глюкофруктане) [3].

Таким образом, первым гомологом ряда олигосахаридов, содержащихся в растениях E. Cristatus, является дисахарид, затем следует трисахарид, тетрасахарид, пента- и гексасахара. Глюкоза обязательно входит в состав молекулы глюкофруктана и других олигосахаридов этой группы. Глюкоза и фруктоза в свободном виде могут отсутствовать в спиртовом экстракте.

Сумму фруктоолигосахаридов анализировали методом гель-фильтрации [4], в результате чего получили пять фракций (рис. 1).

Сахара разделяли на колонке (1,4x60) с сефадексом G-15. Фруктоолигосахариды элюировали водой, фракции контролировали фенолсерным [5] методом. Элюаты, соответствующие пикам однородных индивидуальных фруктозанов, объединяли, упаривали и после отработки ацетоном получили белые порошкообразные сахара.

Для получения однородной фракции глюкофруктана его разделяли на колонке сефадекса G-15, элюируя водой и получили пять фракций фруктоолигосахаридов (1–5). По данным гель-фильтрации, все фракции оказались однородными (рис. 2).



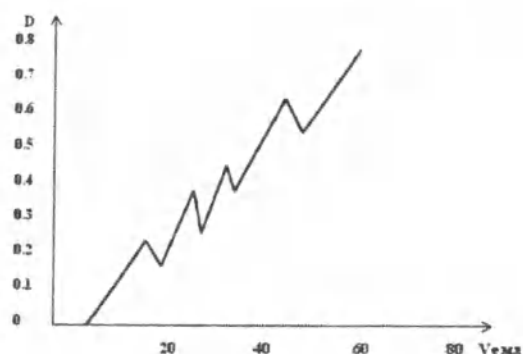


Рис. 1. Гель-фильтрация фруктоолигосахаридов на сефадексе G-15.

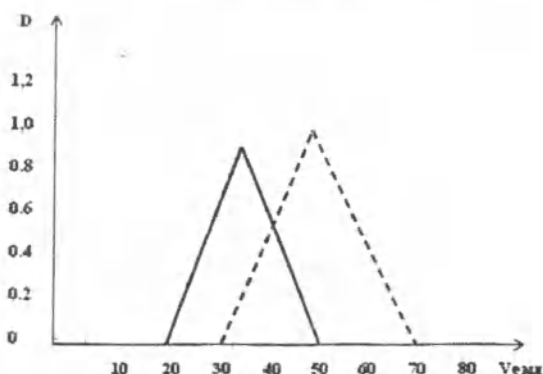


Рис. 2. Гель-фильтрация фракций фруктоолигосахаридов 4-5 на сефадексе G-15 (М.в. Ф-4 – 1250, М.в. Ф-5 – 1000).

Для дальнейшего изучения были взяты фракции 4 и 5, так как они составляют основную часть фруктоолигосахаридов. При гель-фильтрации на сефадексе G-25 определили молекулярную массу с помощью калибровочной кривой (рис. 2), построенной на основе декстранов с истинными свидетелями с молекулярной массой 10000, инулина (5600) и раффинозы (504). Молекулярная масса полученных продуктов составляет 1250 и 1000, что характерно для фруктозы и глюкозы (глюкофруктозанов), характеристика которых приведена в табл. 1.

В ИК-спектрах фракций 4 и 5 имеются полосы поглощения при  $3600\text{--}3200\text{ см}^{-1}$  (гидроксильная группа),  $945\text{ см}^{-1}$  (колебания фуранозного кольца),  $885\text{ см}^{-1}$  (колебания  $\beta$ -гликозидной связи),  $825\text{ см}^{-1}$  (колебания гексапиранозного кольца), характерные для  $2\rightarrow1$  связи [5] и подобные полосам поглощения инулина.

Для определения типа связи в глюкофруктозанах их метилировали по методу Хакомори [6]. В результате получили 84% выхода перметиля-

тов, которые после формолиза с последующим кислотным гидролизом с использованием метода тонкослойной хроматографии идентифицировали с известными образцами свидетелей 3,4,6-три-О-Ме-Д-фруктозу, 1,3,4,6-тетра-О-Ме-Д-фруктозу и 2,3,4,6-тетра-О-Ме-Д-глюкозу. Данные метилирования были подтверждены результатами периодатного окисления [7]. Окисление проводили при комнатной температуре 0,25М раствором периодата натрия. Окисление проводилось в течение 120 часов и при этом на моносахаридное звено израсходовался 1моль периодата натрия. В продуктах распада по Смитсу методом бумажной хроматографии обнаружили глицерин. Присутствие глицерина свидетельствует о наличии в глюкофруктозанах  $\beta$ -( $2\rightarrow1$ ) связи. Это указывает на то, что изучаемый глюкофруктозан является глюкофруктозаном типа инулина, состоящим из фруктофуранозных и глюकोпиранозных остатков, которые соединены между собой линейно.

Указанные олигосахариды из растений рода *E. Cristatus* выделены впервые.

Таблица 1

Характеристика глюкофруктозанов

№ фракции	Моносахаридный состав, %		Глюкофруктан	Конфигурация и тип связи	Мол. вес	СП	Строение
	фруктоза	глюкоза					
4	87	13	F <sub>6</sub> G	$\beta$ -2 $\rightarrow$ 1	1250	6	$\Gamma^* \rightarrow \Phi^* \rightarrow [\Phi]_3 \rightarrow \Phi$
5	84	16	F <sub>5</sub> G	B-2 $\rightarrow$ 1	1000	5	$\Gamma^* \rightarrow \Phi \rightarrow [\Phi]_2 \rightarrow \Phi$

где  $\Gamma^*$  – глюкопиранозил,  $\Phi^*$  – фруктофуранозил,

4 – гептафруктоолигосахарид, 5 – гексафруктоолигосахарид.

### Экспериментальная часть

**Выделение фруктоолигосахаридов.** Измельченные свежезаготовленные корни обрабатывают этиловым спиртом (96%) при соотношении 1:8, нагревают на водяной бане в течение 1 часа. Экстракт отфильтровывают, сырье экстрагируют дважды 82%-м этанолом. Все спиртовые экстракты объединяют и упаривают до половины объема, обрабатывают активированным углем при 65–70°C в течение 10 мин, несколько раз фильтруют. Прозрачный раствор упаривают при 35–40°C до густого сиропа. Сироп обрабатывают при комнатной температуре в соотношении 1:8 изопропиловым спиртом, затем ацетоном, эфиром. Олигосахарид держат в вакуум-эксикаторе. Олигосахариды представляют собой порошок слегка желтоватого цвета, легко распыляющийся на воздухе.

**Кислотный гидролиз олигофруктозанов.** Навеску (0,02 г) олигосахаридов растворяют в 5 мл 0,5%-й соляной кислоты и гидролизуют на кипящей водяной бане в течение 45 мин. Гидролизат нейтрализуют карбонатом кальция, отфильтровывают и концентрируют под вакуумом. Хроматографию гидролизата проводят на бумаге «Ленинградская средняя» FN-12 в системе н.бутанол-пиридин-вода (6:4:3), для обнаружения используют проявитель кислый-анилин-фталат. На хроматограммах, кроме глюкозы и фруктозы, обнаружены следы и пятна других веществ.

**Препаративное разделение олигофруктозанов.** Фруктоолигосахарид (5 г) растворяют в 100 мл воды, пропускают через сефадекс G-25 (1,8x65), элюируют водой. Элюенты собирают по 2 мл. Разделение олигосахаридов проводят фенол-серным методом. В результате было получено пять фракций. Каждую фракцию собирают отдельно и упаривают досуха. Полученные порошки промывают ацетоном, эфиром, сушат в вакуум-эксикаторе.

**Определение молекулярных масс олигофруктозанов.** Образцы олигосахаридов и сахарозы (М.в.-360), рафинозы (М.в.-504) и инулина (М.в.-5600) по 0,02 г растворяют в 2 мл воды, вносят в колонку (1,8x65) с G-50. Элюенты собирают по 2 мл. Молекулярный вес отдельных фракций определяют фенол-серным методом.

**Метилирование по Хакомори.** Навеску (0,02 г) олигофруктозанов растворяют в 2 мл диметилсульфоксиде (ДМСО). Отдельно растворяют (0,01 г) гидроксида натрия в 2 мл ДМСО при температуре 40–50°C до появления зелено-синего

цвета, затем объединяют его с раствором глюкофруктана и выдерживают при перемешивании на магнитной мешалке в течение 5–6 ч. в токе азота. Далее прибавляют 1 мл йодистого метила и оставляют в темноте на 10–12 ч. Смесь разлагают добавлением 3–4 капель 10%-го раствора гипосульфита натрия и диализируют. Раствор экстрагируют 4 раза по 5 мл хлороформа, объединяют все экстракты и концентрируют до сиропа. Полноту метилирования контролируют методом ТСХ (система хлороформ : метанол (9:1), реагент – конц.  $H_2SO_4$  и ИК-спектроскопией (отсутствие валентных колебаний гидроксильных групп). Для достижения исчерпывающего метилирования операцию повторяют дважды.

**Формолиз и гидролиз перметилатов.** Полностью метилированный продукт концентрируют до сиропа, добавляют 5 мл муравьиной кислоты и нагревают на кипящей водяной бане в течение одного часа. Далее прибавляют метанол и упаривают досуха. Остаток гидролизуют в 2,5 мл 0,5 н серной кислоты в течение 5 ч на кипящей водяной бане. После нейтрализации карбонатом бария до нейтральной реакции смесь фильтруют и фильтрат концентрируют до сиропа. Метилированные продукты анализируют методом ТСХ (система н.бутанол-пиридин-вода, реагент – анилинфталат). Во всех фракциях были идентифицированы следующие метилированные сахара: 2,3,4,6-тетра-О-метил-Д-глюкоза – следы, 3,4,6-три-О-метил-Д-фруктоза – основной продукт и 2,3,4,6-тетра-О-метил-Д-фруктоза.

**Периодатное окисление и распад по Смитту.** Навеску (0,2 г) образца глюкофруктана растворяют в 50 мл воды, добавляют 10 мл 0,25 М раствора периодата натрия. Смесь выдерживают в темноте при комнатной температуре при постоянном перемешивании. Через сутки отбирают пробу на анализ. Расход периодата натрия определяют титрованием 0,01 н раствором тиосульфата натрия. Через 120 ч расход периодата натрия прекращается и далее не меняется.

Выделившуюся муравьиную кислоту оттитровывают 0,01 н едким натром. По окончании периодатного окисления избыток периодата-иона удаляют боргидридом натрия. Фильтруют и полученную смесь подвергают диализу, затем нейтрализуют на катионите КУ-2 ( $H^+$ -форма) до нейтральной реакции. Раствор концентрируют под вакуумом, прибавляют 2,4 мл 0,5 М серной кислоты и гидролизуют на кипящей водяной бане в течение 4 часов. После гидролиза смесь нейтрализуют карбонатом бария,

фильтруют, концентрируют в вакууме. Остаток анализируют с помощью бумажной хроматографии (система н.бутанол-пиридин-вода 6:4:3) и проявляют проявителем анилинфталатом.

#### *Литература*

1. Турдумамбетов К., Бакирова Г.А., Усубалиева Г. Глюкоманнаны растений *Eremurus Cristatus*. // Химический журнал Казахстана. – 2007. – № 4. – С. 123–130.
2. Афанасьева Е.М. Полисахариды некоторых видов *Eremurus*// Растительные ресурсы. – 1972. – № 8. – В.2. – С. 192–199.
3. Турдумамбетов К. Олигосахариды и пектиновые вещества *Cousinia Severtzovi* // Известия НАН КР. – 2004. – № 4. – С. 66–69.

4. *Dubeis M., Gilles K.A. Hamilton J.* Colorimetric method for determination of Sugare and related Substances // *Anal.Chem.* – 1956, –V. 28. – № 3, – P. 350–356.
5. *Verstracken L.M.Y.* Infrared spectra of some 2-kestoses// *Anal.Chem.* –1964. – V. 36. – № 6. – P. 1040–1044.
6. *Hakomori S.A.* Rapid permethylation of glucolipid and polysaccharides, catalyzed by methyl Sulfinyl carbanion in dimetul sulfoxide. // *J.Biochem. (Tokyo)*. 1964. V.55. P. 205–208.
7. *Tomada M., Saton N.* Conctituents of the Radix of *Asparagus cochinchinensis*. I. Isolation and characteristic of oligosaccharides. // *Chem. Pharm. Bull.* 1974. V.22. № 10. P. 2306–2307.