

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

**СОВРЕМЕННЫЕ
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

№4, 2011

Электронная версия
www.fr.rae.ru
12 выпусков в год
Импакт фактор РИНЦ (2009)=0,020

Журнал основан в 2003 г.
ISSN 1812–7320

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

М.Ю. Ледванов

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь

М.Н. Бизенкова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н., профессор	Антонов Александр Владимирович	Обнинск
д.т.н., профессор	Беляев Владимир Львович	Санкт-Петербург
д.ф.-м.н., профессор	Бичурин Мирза Имамович	Великий Новгород
д.т.н., профессор	Гилёв Анатолий Владимирович	Красноярск
д.т.н., профессор	Грызлов Владимир Сергеевич	Череповец
д.т.н., профессор	Захарченко Владимир Дмитриевич	Волгоград
д.т.н., профессор	Корячкина Светлана Яковлевна	Орел
д.т.н., профессор	Крупенин Виталий Львович	Москва
д.т.н., профессор	Литвинова Елена Викторовна	Орел
д.т.н., профессор	Нестеров Валерий Леонидович	Екатеринбург
д.т.н., профессор	Пен Роберт Зусьевич	Красноярск
д.т.н., профессор	Петров Михаил Николаевич	Красноярск
д.т.н., профессор	Попов Федор Алексеевич	Бийск
д.т.н., профессор	Пындак Виктор Иванович	Волгоград
д.т.н., профессор	Салихов Мухаммет Габдулхаевич	Йошкар-Ола
д.т.н., профессор	Важенин Александр Николаевич	Нижний Новгород
д.т.н., профессор	Арютов Борис Александрович	Нижний Новгород
д.т.н., профессор	Гоц Александр Николаевич	Владимир
к.ф.-м.н.	Капитонова Тамара Афанасьевна	Якутск

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учредитель – Академия Естествознания
123557, Москва,
ул. Пресненский вал, 28
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-15598
ISSN 1812–7320

АДРЕС РЕДАКЦИИ
440026, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3
Тел. редакции (8412) 56–17–69
Факс (8412) 56–17–69
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать 20.07.2011

Формат 60x90 1/8
Типография
ИД «Академия Естествознания»
440000, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3

Технический редактор
Кулакова Г.А.
Корректор
Сватковская С.В.

Усл. печ. л. 9,5
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2011/4
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

ИД «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Геолого-минералогические науки

ШОШОНИТОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ ГОРНОЙ ШОРИИ: ГЕОХИМИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ <i>Гусев А.И., Гусев А.А.</i>	7
ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ГИГАНТСКИХ МАГМО-РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ СИСТЕМ <i>Гусев А.И., Гусев Н.И.</i>	12
ДВА ТИПА ТЕТРАДНОГО ЭФФЕКТА ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ШОШОНИТОВЫХ ГРАНИТОИДАХ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД <i>Гусев А.А., Гусев А.И., Гусев Н.И., Гусев Е.А.</i>	17
САЛАИРО-АЛТАЕ-ТУВИНСКИЙ УРОВЕНЬ СТРАТИФОРМНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ТИПА SEDEX <i>Гусев А.И.</i>	23

Технические науки

ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ: РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТ <i>Герасимов С.А.</i>	28
О ВОЗДЕЙСТВИИ БЕСТОКОВОГО ЭЛЕКТРОСИГНАЛА НА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ДАТЧИКИ <i>Касьянов Г.Т.</i>	32
СТАТИКО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА – ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД УПРОЧНЕНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН <i>Кокорева О.Г.</i>	35
МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РОСТОМ ЧИСЛЕННОСТИ МОЛЛЮСКА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЕМ АКТИВНЫХ ОБМОТОК СТАТОРА АГРЕГАТА ВОЛЖСКОЙ ГЭС <i>Лазарева Н.Г., Паршев С.С., Костин В.Е., Силаев А.А., Соколова Н.А.</i>	38
НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ХОДОВЫХ ВИНТОВ НЕСООСНЫХ ВИНТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ <i>Лодыгина Н.Д., Лазуткина Н.А.</i>	41
ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА МОЛКОМБИНАТЕ <i>Остроух Е.Н., Бычков А.А., Золотарев А.А.</i>	45
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕДПРОЕКТНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОЦЕССА ФАСОВКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ <i>Сердобинцев Ю.П., Макаров А.М.</i>	48
К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-СТЕКЛОВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА <i>Стородубцева Т.Н., Стородубцев С.А., Федянина Н.В.</i>	51

ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ СЛОИСТЫХ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ
ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Тышкевич В.Н., Евстигнеев А.И., Худяков К.В. 58

Физико-математические науки

УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАВИТАЦИИ (Ч. I)

Борисов Ю. А. 61

Экологические науки

ДИНАМИКА АВАРИЙ ПО ПРИЧИНЕННОМУ УЩЕРБУ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЬ»

Булавинцева А.Д., Мазуркин П.М. 64

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 68

CONTENTS
Geologo-mineralogical sciences

SHOSHONITIC GRANITOIDS OF MOUNTAIN SHORIA: GEOCEMISTRY, PETROLOGY, AND FLUID REGIME <i>Gusev A.I., Gusev A.A.</i>	7
PETROLOGY-GEOCHEMICAL CRITERIES AND FLUID REGIME OF GIANT MAGMO-ORE-METASOMATIC GOLD SYSTEMS <i>Gusev A.I., Gusev N.I.</i>	12
TWO TYPES TETRAD-EFFECT OF FRACTIONATION RARE EARTH ELEMENTS IN SHOSHONITIC GRANITOIDS OF CAUCAZIC MINERAL WATERS <i>Gusev A.A., Gusev A.I., Gusev N.I., Gusev E.A.</i>	17
SALAIRO-ALTAIE-TUVINSKII LEVEL STRATIFIORMING DEPOSITS OF TYPE SEDEX <i>Gusev A.I.</i>	23

Technical sciences

THE SINGLE CONDUCTOR TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY: CALCULATION AND MEASUREMENTS <i>Gerasimov S.A.</i>	28
THE IMPACT OF CURRENT-FREE ELECTRO SIGNAL ON INSTRUMENTATION AND SENSORS <i>Kasyanov G.T.</i>	32
STATIC PULSE PROCESSING – INNOVATIVE METHOD OF HARDENING SURFACE HEAVY DUTY MACHINERY PARTS <i>Kokoreva O.G.</i>	35
MODEL OF MANAGERIAL PROCESS BY GROWTH OF NUMBER OF THE MOLLUSC FOR THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF COOLING OF ACTIVE WINDINGS CTATOPA OF THE UNIT OF THE VOLGA HYDROELECTRIC POWER STATION <i>Lazareva N.G., Parshev S.S., Kostin V.E., Silaev A.A., Sokolova N.A.</i>	38
STRESS STATE OF LEAD SCREW OF MISALIGNED SCREW MECHANISMS <i>Lodigina N.D., Lazutkina N.A.</i>	41
OPTIMIZATION OF ECOLOGICAL COSTS ON MILK SYN <i>Ostroukh E.N., Bychkov A.A., Zolotarev A.A.</i>	45
UPGRADING OF PACKING PROCESS PRE-PROJECT OF LOOSE MATERIALS IN THE INFORMATION TECHNOLOGY ENVIRONMENT <i>Serdobintsev Yu.P., Makarov A.M.</i>	48
THE QUESTION OF INCREASING THE STRENGTH OF COMPOSITE MATERIAL <i>Storodubtseva T.N., Storodubtsev S.A., Fedyanina N.V.</i>	51
EFFECT OF POROSITY ON THE STRENGTH OF THE LAYERED SHELL MOLDS FOR INVESTMENT CASTING <i>Tyshkevich V.N., Evstigneev A.I., Hudyakov K.V.</i>	58

Physical and mathematical sciences

RESEARCH WORK OF THE LAW OF UNIVERSAL GRAVITATION (PART I)

Borisov Y.

61

Ecological sciencesDYNAMICS OF CAUSED DAMAGE EMERGENCIES AT THE LINEAR PART
OF «TRANSNEFT» MAIN PIPELINES*Bulavintseva A.D., Mazurkin P.M.*

64

RULES FOR AUTHORS

68

УДК 552.3

ШОШОНИТОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ ГОРНОЙ ШОРИИ: ГЕОХИМИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ

Гусев А.И., Гусев А.А.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены геологические, петрографические, геохимические и петрологические данные по шошонитовым гранитоидам Леспромхозного массива Горной Шории. На диаграммах монцогаббро, монзониты и сиениты массива локализируются в поле шошонитовой серии. В монцогаббро и монзонитах проявлен тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов М-типа. Фракционированию при формировании пород подвержены многие элементы, что выявляется по соотношениям Y/No, Eu/Eu*, La/Lu, Zr/Hf, Sr/Eu. Флюидный режим шошонитовых гранитоидов охарактеризован по количественным данным фугитивностей и парциальных давлений O₂, H₂O, CO₂, соотношениям logfHf/fHCl. Вычислены концентрации плавиковой кислоты во флюидах по биотитовому геофториметру. На основе приведенных данных шошонитовые гранитоиды Леспромхозного массива следует исключать из тельбесского комплекса и выделять в качестве самостоятельного.

Ключевые слова: шошонитовые гранитоиды, геохимия, петрология, тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов, флюидный режим, фугитивность, парциальное давление

SHOSHONITIC GRANITOIDS OF MOUNTAIN SHORIA: GEOCHEMISTRY, PETROLOGY, AND FLUID REGIME

Gusev A.I., Gusev A.A.

The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru

Geological, petrographic, geochemistry and petrologic data quoted on shoshonitic granitoids of Lespromkhozny massive of Mountain Shoria. Monzogabbro, monzonite and sienite of massive localized in shoshonitic series on figures. Tetrad-effect of fractionation rare earth elements of M-type display in Monzogabbro and monzonite. Many elements exposed to fractionation at forming rocks that it discovered on ratio Y/No, Eu/Eu*, La/Lu, Zr/Hf, Sr/Eu. Fluid regime of shoshonitic granitoids characterized on quantitative data of fugacity and partial pressure O₂, H₂O, CO₂, and ratio of logfHf/fHCl. The concentration of HF acid in fluids calculated on biotite geoflourimeter. Shoshonitic granitoids of Lespromkhozny massive necessary excluded from telbesskii complex and detach as in one's capacity as in the capacity of independent.

Keywords: shoshonitic granitoids, geochemistry, petrology, tetrad effect fractionation rare earth elements, fluid regime, fugacity, partial pressure

Шошонитовые гранитоиды выявляются во многих районах Алтае-Саянской складчатой области [5]. Имеются они и в пределах Горной Шории в области распространения скарново-железородных месторождений этого региона. К их числу относится Леспромхозный массив, расположенный в верховьях ключа Восточный Леспромхозный. Предшественники, изучавшие этот массив, включали его в различные комплексы или выделяли в качестве самостоятельного.

Актуальность проведенных исследований определяется необходимостью создания геолого-генетической модели Леспромхозного массива, основанной на современных аналитических данных с использованием информации по геохимии, петрологии и флюидному режиму магматитов, слагающих этот массив.

Морфологически массив представляет собой дайкообразное тело широтного простирания длиной до 1,5 км и шириной до 100 м. Массив приурочен к разлому в ядре антиклинальной складки, сложенной доломитами венда, песчаниками ордовика и туфами кислого состава. Леспромхозный массив сопровождается дайками шошони-

тового типа – спессартитов, керсантитов, что характерно для шошонитовых серий. Из пострудных даек отмечены сиенит-порфиры, эссексит-долериты и лабрадоровые порфиры. В составе массива выделяются монцогаббро, монзониты и сиениты. С массивом связано скарново-магнетитовое Леспромхозное месторождение. По данным В.М. Клярковского [2], возраст флогопита из сфалерит-магнетитовых руд Леспромхозного месторождения составляет 396 млн лет.

Монцогаббро (10%) сложены плагиоклазом (50–70%), варьирующим по составу от лабрадора № 50–60 до битовнита № 75–80. Он образует короткопризматические индивиды, местами слабозональные. Клинопироксен (10–30%) идиоморфен, образует призмочки, редко неправильные зёрна. По оптическим показателям диагностируется салит-авгитом ($N = 1,705–1,715$; $N^p = 1,680...1,694$; $2V = 50...53^{\circ}$; $cN_g = 41...43^{\circ}$). В большинстве случаев он свежий и лишь местами замещается по периферии зёрен бурой роговой обманкой и листочками биотита. Ромбический пироксен уступает по распространённости клинопироксену. Диагностируется гиперстеном ($N_g = 1,704...1,717$;

$N_p = 1,685...1,704$; $-2V = 52...65^\circ$; $CN_g = 0...5^\circ$). Амфибол представлен бурой роговой обманкой. Калиевый полевой шпат редок (не более 5%). Он ксеноморфен и нередко корродирует все минералы. Биотит (1–15%) образует чешуйки и агрегаты листочков, нередко замещается хлоритом, эпидотом, лейкоксеном.

Монцитоны обычно встречаются в эндоконтакте массива. Они сложены плагиоклазом, пироксеном, калиевым полевым шпатом, биотитом. Имеют отчётливую монцитонитовую структуру. Из аксессуариев отмечены сфен, магнетит, апатит.

Преобладающими являются сиениты. Это розовато-серые породы, состоящие из калиевого полевого шпата (55–65%), плагиоклаза (15–25%), роговой обманки (10–15%), пироксена и биотита. Аксессуары включают сфен, апатит, магнетит, редко – циркон. Калиевый полевой шпат представлен микроклин-пертитом прожилково-пятнистого типа ($N_p = 1,519$; $-2V = 84^\circ$; $N_m \perp (001) = 11...15^\circ$, $N_g \perp (001) = 78...84^\circ$).

$N_p \perp (001) = 79...82^\circ$). Пироксен диагностируется салит-авгитом ($N = 1,704...1,705$; $N_p = 1,684-1,686$, $CN = 44^\circ$, ${}^g 2V = 55^\circ$, $f(\text{железистость}) = 20\%$). Амфибол представлен густо окрашенной буровато-зелёной иногда с голубоватым оттенком роговой обманкой ($N = 1,698$; $N = 1,683$; $CN = 14...17^\circ$, $-2V = 80^\circ$, $f = 58...60\%$). Она, как правило, ксеноморфна с корродированными краями. Структура сиенитов чаще всего аллотриоморфнозернистая с элементами монцитонитовой. Текстура нередко такситовая из-за сильно варьирующих размеров зёрен калиевого полевого шпата и неравномерного распределения его и темноцветных минералов.

Химический состав породных типов массива сведен в табл. 1. По сумме признаков все породы Леспромхозного массива следует относить к шошонитовой серии: резкое преобладание калия над натрием, высокие содержания Ва, Sr, высокие нормированные отношения La/Yb_N , колебания которых составляют от 2,5 до 12,3, высокая сумма щелочей $K_2O + Na_2O$ (более $> 8\%$).

Таблица 1

Представительные анализы породных типов Леспромхозного массива (оксиды – масс. %, элементы – г/т)

Оксиды и элементы	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	46,9	52,15	54,35	55,21	56,08	57,11	58,01
TiO ₂	0,92	0,55	0,36	0,38	0,29	0,29	0,38
Al ₂ O ₃	16,2	18,9	18,83	18,5	17,09	17,22	18,37
Fe ₂ O ₃	0,92	1,8	2,4	1,61	1,64	1,8	1,05
FeO	8,72	6,0	3,18	4,49	3,63	4,01	3,3
MnO	0,24	0,20	0,13	0,11	0,14	0,11	0,14
MgO	5,05	2,8	1,4	2,0	0,83	1,03	1,9
CaO	10,25	7,0	5,5	4,21	3,2	3,55	3,02
Na ₂ O	2,56	3,64	1,9	2,79	1,7	2,28	5,02
K ₂ O	3,12	4,2	8,73	7,62	10,94	9,7	7,33
P ₂ O ₅	0,47	0,22	0,2	0,2	0,25	0,12	0,11
Сумма	99,3	99,4	99,8	99,0	99,5	99,4	99,97
Cr	47	35	30	32	30	60	55
V	165	150	100	75	70	80	65
Ni	24	22	18	12	5	4	5
Co	23	21	12	10	8	10	9
Cu	52	50	35	34	50	55	50
Zn	95	84	80	90	100	115	100
Pb	11	10	20	35	25	28	30
Ag	0,07	0,06	0,2	0,25	0,2	0,25	0,25
Sn	3	4	6	6	8	9	10
Mo	3	3	4	8	4	4,5	5,0
Be	1,4	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,5
Zr	145	150	130	125	115	100	120

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Hf	4,8	4,7	5,0	5,5	12,6	12,8	13,0
Nb	4,2	4,3	4,5	4,5	4,8	4,4	4,5
Ta	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1
Sr	475	503	620	650	700	750	800
Rb	95	100	120	140	145	165	170
Ba	487	507	755	750	1750	1800	1870
Ga	14	13	11	10	12	11	10
P	1500	1400	950	940	800	800	850
Ge	1,1	1,2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
Li	11	12	10	10	11	12	14
Sc	17	20	10	10	11	12	12
Y	14	15	10	9	6	7	6
La	14	16	17	20	46	50	53
Ce	42	44	45	48	58	65	70
Pr	8,5	9,0	9,3	9,5	15	17	20
Nd	21	22	20	26	30	35	41
Sm	6,8	6,6	6,5	6,7	6,8	7,0	7,1
Eu	1,71	1,67	1,65	1,6	1,4	1,3	1,2
Gd	6,9	6,6	6,6	6,5	6,1	6,0	6,0
Tb	1,2	1,1	1,2	1,1	0,94	0,92	0,91
Dy	5,5	5,3	5,2	5,0	4,0	4,5	4,2
Ho	1,3	1,4	1,3	1,4	1,2	1,1	1,0
Er	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0
Tm	0,7	0,6	0,6	0,8	0,4	0,5	0,4
Yb	3,6	3,4	3,3	3,4	2,8	3,0	2,8
Lu	0,7	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,4
La/Yb _N	2,5	3,11	3,4	3,9	10,9	11,0	12,3

Примечание. Анализы (силикатный анализ на главные компоненты, методы ICP-MS и ICP-AES – на остальные элементы) выполнены в лаборатории ИМГРЭ (г. Москва); 1, 2 – монцогаббро; 3, 4 – монцониты; 5, 6, 7 – сиениты.

Для монцонитов и сиенитов наблюдается многократное против кларка накопление Co, Cu, Ag, Sn, Mo, Hf. О сильном дифференцированном распределении редкоземельных элементов в этих же породах свидетельствуют повышенные нормированные отношения La/Yb_N, колеблющиеся от 3,4 до 12,3 (см. табл. 1).

На классификационной диаграмме (рис. 1) породы Леспромхозного массива локализируются в поле шошонитовой серии, занимая поля абсарокита, банакита, шошонита. Именно по этой причине нет оснований включать Леспромхозный массив в состав тельбесского комплекса, как это предложено В.Л. Хомичёвым [3], а выделять его из тельбесского в самостоятельный комплекс.

На диаграмме Ce/Yb – Ta/Yb все фигуративные точки пород также локализируются в поле шошонитовой серии (рис. 2).

В распределении редкоземельных элементов в породных типах массива выявлен

тетрадный эффект фракционирования лантаноидов, относящийся к М-типу. Характерно, что тетрадный эффект выявлен не в более эволюционированных сиенитах, а в монцогаббро и монцонитах более ранних фаз, что является необычным фактом. Значения тетрадного эффекта фракционирования и некоторые показательные соотношения элементов приведены в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, тетрадный эффект в монцогаббро и монцонитах варьирует от 1,13 до 1,25, превышающий пороговое значение 1,1, указывающее на М-тип тетрадного эффекта. Сравнение некоторых соотношений элементов с таковыми в хондрите показало, что фракционирование в породах произошло не только в составе редких земель, но и в таких соотношениях, как Y/Ho, Eu/Eu*, Zr/Hf, которые значительно меньше чем в хондрите (табл. 2), а отношения La/Lu и Sr/Eu намного выше, чем в хондрите.

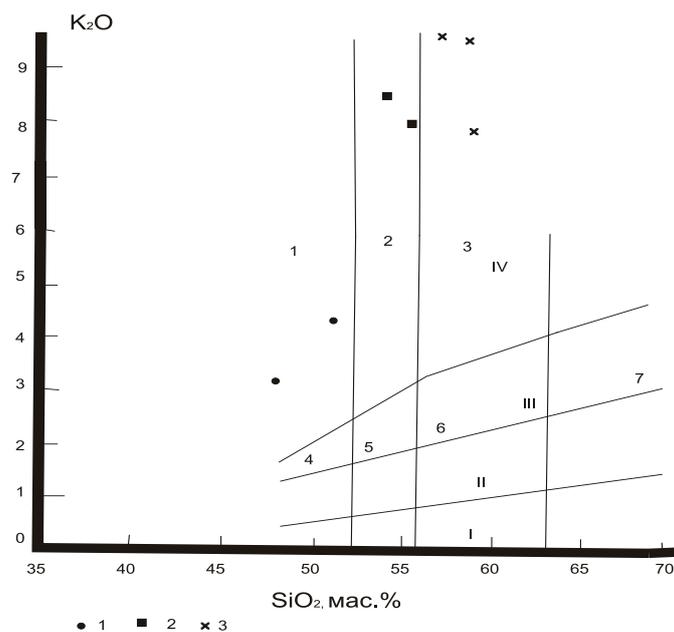


Рис. 1. Диаграмма $K_2O - SiO_2$ по [8] для пород Леспромхозного массива. Поля пород: 1 – абсарокит; 2 – шошонит; 3 – банакит; 4 – высоко-К базальт; 5 – высоко-К андезибазальт; 6 – высоко-калийевый андезит; 7 – высоко-К дацит по [8]. Серии пород: I – толеитовая; II – известково-щелочная; III – высококалийевая известково-щелочная; IV – шошонитовая. Породы Леспромхозного массива: 1 – монцогаббро; 2 – монцониты; 3 – сиениты

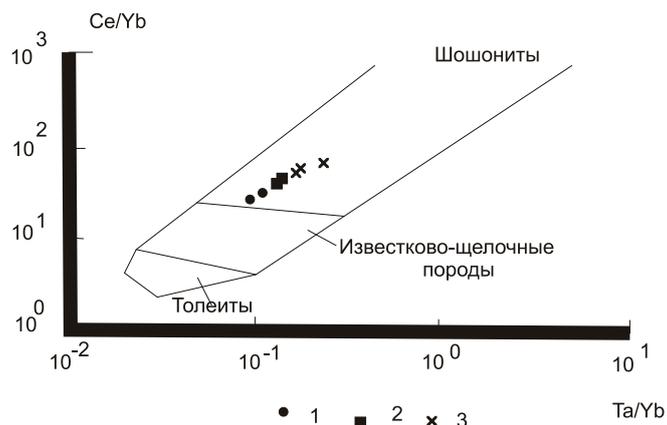


Рис. 2. Диаграмма $Ce/Yb - Ta/Yb$ для шошонитовой серии пород Алтая. Поля пород выделены по [7]. Остальные условные обозначения как на рис. 1

Таблица 2

Отношения химических элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в породных типах Леспромхозного массива

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта	1	2	3	4	5	6	7	Хондрит
Y/No	11,0	10,7	7,7	6,4	5,0	6,4	6,0	29,0
Eu/Eu*	0,055	0,056	0,056	0,053	0,047	0,044	0,04	0,32
La/Lu	20,0	26,7	24,3	25,0	115,0	100,0	132,5	0,975
Zr/Hf	30,2	31,9	26,0	22,7	9,1	7,8	9,2	36,0
Sr/Eu	279,5	301,2	375,7	406,2	500,0	576,9	666,7	100,5
TE _{1,3}	1,24	1,18	1,25	1,13	0,95	0,99	1,01	-

Примечание. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ по В. Ирбер [6]. Eu* = $(Sm_N + Gd_N)/2$. Значения РЗЭ нормированы по хондриту по [4]. 1, 2 – монцогаббро; 3, 4 – монцониты; 5, 6, 7 – сиениты.

Для породных типов Леспромхозного массива определены некоторые параметры флюидного режима, приведенные в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что кристаллизация пород Леспромхозного массива протекала в узком интервале температур 750–760 °С. Фугитивность кислорода повышалась от монцогаббро к монцонитам и сиенитам и закономерно снижался коэффициент восстановления флюидов от 0,15 до 0,09. Парциальное давление воды во флюидах снижалось от 1,2 до 1,0 кбар. Уменьшение

парциального давления углекислоты происходило в этом же направлении от монцогаббро к сиенитам. Фугитивность воды менялась незакономерно. То же самое можно сказать и об изменении отношений $\lg f_{\text{HF}}/\lg f_{\text{HCl}}$. Однако от ранней фазы к поздней (от монцогаббро к сиенитам) наблюдается закономерное увеличение плавиковой кислоты во флюидах, указывающее на более благоприятные условия рудообразования и перспективы именно сиенитовой фазы для скарново-магнетитового оруденения.

Таблица 3

Некоторые параметры флюидного режима при формировании пород Леспромхозного массива

Параметры флюидного режима	1	2	3
T °С	750	760	760
$\lg f_{\text{O}_2}$	-15,9	-4,2	-2,1
$f_{\text{H}_2\text{O}}$	0,995	0,985	1,05
$p_{\text{H}_2\text{O}}$	1,2	1,15	1,0
p_{CO_2}	2,0	1,85	1,5
$\lg f_{\text{HF}}/\lg f_{\text{HCl}}$	-1,9	-1,4	-2,0
$K_{\text{вос}}$	0,15	0,12	0,09
M_{HF}	1,05	1,5	1,55

Примечание. T °С – температура кристаллизации; $\lg f_{\text{O}_2}$ – логарифм фугитивности кислорода; f_{HF} , $f_{\text{H}_2\text{O}}$ – фугитивности плавиковой кислоты и воды (в кбар); $p_{\text{H}_2\text{O}}$, p_{CO_2} – парциальное давление воды и углекислоты (в кбар); $K_{\text{вос}}$ – коэффициент восстановления флюидов; M_{HF} – концентрации плавиковой кислоты во флюидах в моль/дм³ по [1]. Породы Леспромхозного массива: 1 – монцогаббро; 2 – монцониты; 3 – сиениты.

Таким образом, в Горной Шории имеются шошонитовые гранитоиды, примером которых является Леспромхозный массив, сложенный щелочными монцогаббро, монцонитами, сиенитами, которые резко отличаются от известково-щелочных пород тельбесского комплекса, в состав которого ранее включались шошонитовые гранитоиды региона. Породы Леспромхозного массива (монцогаббро и монцониты) проявляют тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов, что играет важную роль в переносе металлов во флюидах. Флюидный режим формирования породных типов шошонитовой серии имел аномальные параметры по фугитивностям, парциальным давлениям кислорода, воды, углекислоты. Важную роль в генерации и магматитов, и связанного с ними оруденения играют комплексы фтора во флюидах (концентрации плавиковой

кислоты во флюидах были довольно высокими).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксюк А.А. // Петрология. – 2000. – Т. 10, №6. – С. 630–644.
2. Клярковский В.М. Геохронология горных областей юго-западной части обрамления Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1972. – 258 с.
3. Хомичёв В.Л., Кужельная Е.В., Хомичёва Е.С. Эталон тельбесского габбро-гранитоидного комплекса (Горная Шория). – Новосибирск, 1997. – 230 с.
4. Anders E., Greevesse N. // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – Vol. 53. – P. 197–214.
5. Gusev A.I. European Journal of Natural History. – 2011. – № 1. – P. 41–45.
6. Irber W. // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1999. – Vol. 63, P. 489–508.
7. Pearce J.A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R.S. (ed.). Andesites. – Wiley, Chichester, 1982. – P. 525–548.
8. Peccerillo A., Taylor S.R. // Contrib. Mineral. Petrol. – 1976. – Vol. 58. – P. 63–81.

УДК 552.11: 552:551:550.42

ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ГИГАНТСКИХ МАГМО-РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ СИСТЕМ

¹Гусев А.И., ²Гусев Н.И.

¹Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина,
Бийск, e-mail: anzerg@mail.ru;

²Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Санкт-Петербург

Приведены петролого-геохимические критерии формирования гигантских магмо-рудно-метасоматических золоторудных систем и рассмотрен их флюидный режим. Акцентировано внимание на важной роли астеносферно-литосферной нестабильности, в результате которой возникают глубинные магмо-флюидодинамические системы. Последние, поднимаясь вверх, распадаются на сильно флюидизированные интрузивные составляющие, генерирующие гигантские золоторудные месторождения. Среди них выделены два типа: золото-черносланцевые с платиноидами и вольфрамом, парагенетически связанные с сильно контаминированными и редуцированными гранитоидами, и жильные золото-сульфидно-кварцевые с вольфрамом, связанные с сильно редуцированными гранитоидами, приуроченными к зеленосланцевым поясам типа Абитибиде. Приведены данные по изотопам стронция и неодима.

Ключевые слова: астеносферно-литосферная нестабильность, магмо-флюидодинамические системы, флюидный режим, золото, вольфрам, платиноиды, изотопы стронция и неодима

PETROLOGY-GEOCHEMICAL CRITERIES AND FLUID REGIME OF GIANT MAGMO-ORE-METASOMATIC GOLD SYSTEMS

¹Gusev A.I., ²Gusev N.I.

¹The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru;

²A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersberg

Petrology-geochemical criteries of forming giant magmo-ore-metasomatic gold systems quoted and fluid regime discern. On the important role astenospheric-litospheric nonstable accept at that result deep magmo-fluid-dinamic systems arise. They go up then disintegrate on strong fluidization intrusive systems and then generate giant gold deposits. Two types deposits detached: gold black shists with platinum metals and tungstan, that paragenetic link with strong contamination and redused granites and lode gold-sulfide-quartz deposits with tungstan link with strong reduce granites that they time to green stone belts of type Abitibi. New data on isotopes strontium and neodimium quoted.

Keywords: astenospheric-litospheric nonstable, magmo-fluid-dinamic systems, fluid regime, gold, tungstan, platinum metals, isotopes Sr and Nd

Критерии глубинности формирования и их флюидный режим играют важнейшую роль в генерации различных месторождений, в том числе и золоторудных. По этим фундаментальным проблемам проводятся дискуссии, отражающие нерешённость указанных проблем в окончательном виде. Цель исследования – выявить петролого-геохимические критерии и оценить параметры флюидного режима гигантских золоторудных магмо-рудно-метасоматических систем с использованием новых данных.

Факторы глубинности магмо-рудно-метасоматических систем целиком определяются импактным выбросом в литосферу мощнейших ингредиентов магмо-флюидодинамических систем, генерированных глубокими сферами Земли (астеносферой, глубокими горизонтами верхней мантии). Такой сценарий влияния литосферного контроля формирования крупных провинций, вмещающих гигантские месторождения золота (Хоумстейк, Мурунтау, Ашанти, Тэлфер, Голден Майд, Сухой Лог и другие) обрисован в работах [9, 12]. При этом все

месторождения золота они отнесли к орогенному типу. Вероятно не все объекты следует рассматривать орогенными, так как многие из них формировались в период активного функционирования плюмов, порождавших рудогенерирующие магматиты, несущие изотопные метки и геохимические признаки верхней мантии, а гранитоиды – нередко с анорогенными характеристиками. Как считают многие из указанных авторов основными критериями формирования таких провинций (типа зеленокаменного пояса Абитибиде, провинции Восточного Голдфилда и других) являются:

1 – нестабильность астеносферы, которая порождает мощную инъекцию тепла и флюидного потока, которые и создают энергетический источник, создающий гигантские месторождения золота. По данным Ф.Л. Летникова, астеносферный слой имеет в основном флюидную природу, отступление его верхней границы обусловлено дегазацией Земли и «осушением» мантийного субстрата за счет выноса флюидных и ряда петрогенных компонентов в верхние

горизонты литосферы [6]. Это одна сторона функционирования астеносферы. Другая, не менее важная, рудообразующая сторона, целиком определяющаяся мощностью флюидных потоков, их составом и агрессивностью в отношении экстракции рудообразующих элементов. Следует учитывать и аномальные давления, возникающие в этих глубинных флюидах при проникновении в астеносферу разломов. Считается, что в океанической литосфере на границе с астеносферой (40–50 км) давление составляло $P = 13,2 \dots 20$ кбар. Для зрелой архейской литосферы в случае формирования зеленокаменного пояса Абитибиде на глубинах ~ 180–200 км оно могло достигать 59–66 кбар [6].

На наш взгляд, можно согласиться с основными положениями предлагаемого сценария канадских геологов [9, 11, 12], за исключением обстановки плюмтектоники, играющей в некоторых регионах решающую роль в возбуждении астеносферно-литосферной нестабильности и генерации крупных магмо-флюидодинамических систем [7], эволюция которых в процессе подъё-

ма в верхние зоны литосферы приводит к распаду сложных магмо-флюидодинамических систем с образованием рудогенерирующих магматитов (разнообразных по составу и не обязательно только гранитоидов), подъёму термального фронта, мощного потока флюидов и в благоприятных условиях – формированию гигантских месторождений золота [3]. Доминирующая часть геологических и геохимических данных больше свидетельствует об океанически-спрединговых обстановках формирования Южного Абитибиде (с общими запасами гигантских месторождений золота более 11,8 тыс. т) с участием плюмовой составляющей [10]. Важная роль плюмтектоники отводится нами и в формировании рудогенерирующего магматизма и золотого оруднения супергигантского месторождения Мурунтау (Узбекистан с запасами золота более 5,2 тыс. т) [5]. На влияние астеносферы на формирование месторождения Мурунтау указывают многочисленные дайки лампрофиров, являющиеся прямыми показателями астеносферного происхождения.

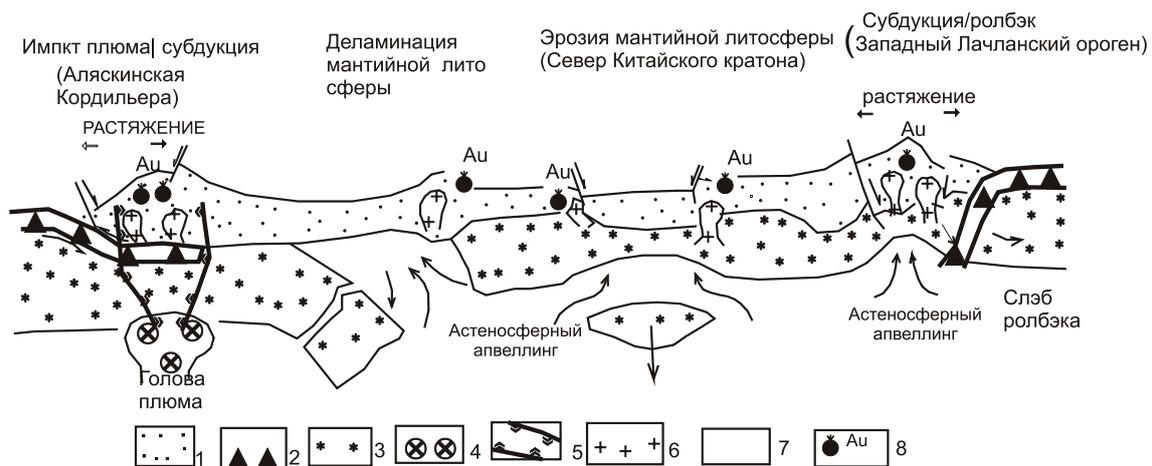


Рис. 1. Возможные сценарии астеносферно-литосферной нестабильности, выступающей в роли триггера генерации магмо-флюидодинамических систем, внезапного экстенсивного корового плавления, создающих гигантские месторождения золота по [9, 12] с добавлениями автора:
 1 – стабилизированный кратон; 2 – океаническая кора; 3 – литосферная мантия;
 4 – импакт плюма; 5 – магмо-флюидодинамические системы; 6 – золотогенерирующие магматиты; 7 – астеносфера; 8 – месторождения золота

2 – перед становлением гигантского месторождения золота должен быть небольшой период становления океанической коры (50–70 млн т) с примитивными значениями ϵNd , низкими отношениями $^{87}Sr/^{86}Sr$ и содержащими значительные рассеянные концентрации золота и серы. Как правило, золото и сера находятся в рассеянных количествах пирита и других сульфидов океанических осадков [9].

По нашим данным, источником значительной части золота и других металлов, помимо осадков океанической коры, является мантийный.

Интрузивный магматизм в рудных полях гигантских месторождений часто весьма разнообразен: от долеритов до лейкогранитов с обязательным присутствием лампрофировых даек. При этом часты штоки и крупные гранитоидные массивы. Про-

верка некоторых рудогенерирующих гранитоидов изучаемых объектов показала, что для таких гигантских месторождений, как Мурунтау, Сухой Лог, Олимпиада и ряда месторождений мирового класса (Бакырчик и другие), для гранитоидов характерны слабая контаминация коровым материалом и высокая восстановительная или редуцированная обстановка, выявляемые по составу биотитов рудогенерирующих гранитоидов, минералого-геохимическим параметрам и другим признакам [2].

В последние годы некоторые исследователи и по другим минералого-геохимическим параметрам выделяют специальный класс редуцированных гранитоидов, с которыми связаны гигантские и крупные месторождения золота [12, 13]. Ранее С. Ишихара такие гранитоиды относил к ильменитовой серии [15] глубинных магм.

Нами на основании собственных анализов биотитов рудогенерирующих гранитоидов и собранных в опубликованной литературе построена диаграмма, основанная на составе биотитов гранитоидов, на которой выделены поля мелких (I), средних и крупных месторождений (II) и гигантских месторождений золота (III) (рис. 2). Гигантские месторождения образуют 2 разобщённых кластера: 1 – золото-черносланцевые месторождения с повышенными вольфрамом и платиноидами, парагенетически связанные с сильно контаминированными и редуцированными гранитоидами; 2 – жильные золото-сульфидно-кварцевые месторождения, парагенетически связанные с гранитоидами с сильной редукцией (восстановленностью) среды (рис. 2). Первые локализуются среди теригенно-черносланцевых разрезов, а вторые – среди зеленокаменных пород и гранитов.

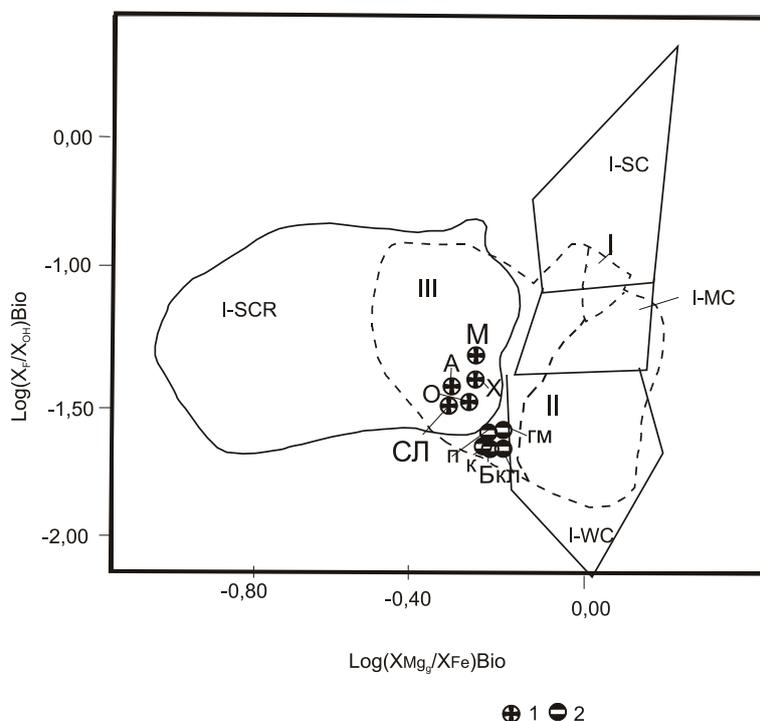


Рис. 2. Диаграмма $\log(X_{Mg}/X_{Fe}) - \log(X_F/X_{OH})$ в биотитах золотогенерирующих гранитоидов. Петрогенетические типы гранитоидов по [8]: I-WC – слабо контаминированные, I-MC – умеренно-контаминированные, I-SC – сильно контаминированные, I-SCR – сильно контаминированные и редуцированные. Поля золоторудных систем: I – мелких месторождений; II – средних и крупных месторождений, III – гигантских месторождений. Золото-черносланцевые месторождения с повышенными вольфрамом и платиноидами, связанные с сильно-контаминированными и редуцированными гранитоидами: М – Мурунтау, X – Хоумстейк, А – Ашанти, СЛ – Сухой Лог, О – Олимпиада; золото-кварцевые месторождения с повышенным вольфрамом, связанные с сильно редуцированными гранитоидами: ГМ – Голден Майл, КЛ – Кирклэнд Лэйк, К – Колар, П – Поркьюпан, Б – Берёзское

Проведено исследование изотопов неодима и стронция из гранитоидов и шеелита месторождения Мурунтау (табл. 1).

Анализ табл. 1 показывает, что значения изотопов неодима eNd и соотношения изо-

топов $^{87}Sr/^{86}Sr$ в гранитоидах значительно выше, а в шеелитах – намного ниже, хотя по времени формирования вольфрамат кальция кристаллизовался позднее гранитов. Эта картина распределения изотопов в гра-

нитах и шеелитах объясняется нами неоднократным подтоком более поздних флюидов, имевших иные соотношения изотопов. Вероятно, это связано с общей нестабиль-

ностью астеносферы, её флюидного режима, связанных с влиянием плюма и подтока более глубоких трансмагматических восстановленных флюидов.

Т а б л и ц а 1

Изотопы стронция и неодима в гранитоидах и шеелитах месторождения Мурунтау

Граниты Сардаринского массива		Шеелиты рудных прожилков	
Значения изотопов неодима eNd	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Значения изотопов неодима eNd	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
1,9	0,70521	1,7	0,7014
2,3	0,70532	1,6	0,7012
2,4	0,70443	1,7	0,7011

Параметры флюидного режима для рудогенерирующих гранитоидов типичных представителей золото-черносланцевого оруденения и жильно-золото-сульфидно-кварцевого, приуроченного к зеленокаменному поясу приведены в табл. 2.

Для обоих типов МРМС реставрируются очень высокие значения общего давления

при их кристаллизации, а также флюидов, что свойственно абиссальной фации глубинности становления рудогенерирующих гранитоидов. Характерны более высокие значения восстановленности флюидов и концентрации M_{HF} в постгранитных дайках, указывающие на подток более глубоких трансмагматических флюидов при их формировании.

Т а б л и ц а 2

Некоторые параметры флюидного режима гигантских золоторудных МРМС

Параметры флюидного режима	1	2	3	4	5
T °C	910	920	900	890	900
fO ₂	-13,3	-14,8	-12,4	-13,6	-14,3
fH ₂ O	2355	2456	3225	3116	3872
pH ₂ O	2450	2345	2820	2610	3550
pCO ₂	2560	3100	2950	2390	3728
lgfHF/lgfHCl	-2,1	-1,7	-2,25	-2,14	-1,55
K _{вос}	0,65	0,67	0,71	0,77	0,85
M _{HF}	0,012	0,076	0,023	0,084	0,112

Пр и м е ч а н и е. T °C – температура кристаллизации; lg fO₂ – логарифм фугитивности кислорода; fHF, fH₂O – фугитивности плавиковой кислоты и воды; pH₂O, pCO₂ – парциальное давление воды и углекислоты; K_{восст} – коэффициент восстановленности флюидов; M_{HF} – концентрации плавиковой кислоты во флюидах в моль/дм³ по [1]; МРМС Киркленд Лейк 1 – Интрузия, дайка гарнит-порфира; МРМС Мурунтау: 3 – гранодиориты Сардаринского массива, 4 – дайка сиенитов, 5 – дайка гранодиорит-порфиров.

Давление в очаге системы при формировании лейкогранитов и даек оценено в пределах 6...9 МПа (по соотношениям Al^{VI} к Al^{IV} в биотитах), указывающее на абиссальную фацию магматитов [4].

Таким образом, для формирования гигантских магно-рудно-метасоматических золоторудных систем важное значение имели не только показатели восстановленности среды, но и степень контаминации корового материала. В случае плюмовой природы в системах наблюдаются резкие колебания изотопов стронция и неодима, вызванные неоднократным подтоком более глубоких и вос-

становленных флюидов. По этой же причине в поздних дайках наблюдаются более высокие значения восстановленности флюидов и высокие концентрации плавиковой кислоты. В целом для МРМС характерны высокие общие давления, свойственные абиссальной фации глубинности при их генерации.

Выделены два типа гигантских золоторудных МРМС, различающиеся в магмогенерирующей части степенью контаминации корового материала, а в рудной части по составу: 1 – золото-черносланцевые МРМС с платиноидами и вольфрамом с сильной контаминацией черносланцевого субстрата; 2 –

жильные золоторудные МРМС, приуроченные в основном к зеленосланцевым поясам (типа Абитиби) и рудовмещающим сильно восстановленным гранитоидам, имеющим золото-вольфрамовый состав в рудной части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксюк А.М. // Петрология. – 2002. – Т.10, №6. – С. 630–644.
2. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск: Изд-во СТУ, 2003. – 308 с.
3. Гусев А.И., Гусев Н.И. // Региональная геология и металлогения. – Санкт-Петербург, 2005. – №23. – С. 119–129.
4. Гусев А.И. Связь поверхностных структур Земной коры с глубинными: XIV Международная конференция. – Петрозаводск, 2008. – С. 159–161.
5. Гусев А.И., Коробейников А.Ф. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315, № 1. – С. 11-18.
6. Летников Ф.Л. // Вестник ОГТГН РАН. – 1999. – № 4(10). – С. 5–20.
7. Соколов Б.А., Старостин В.И. // Смирновский сборник. – 1997. – С. 100–130.
8. Ague I.I., Brimhall G.H. // Bull. Geol. Sci. Amer. – 1988. – Vol. 100, №6. – P. 891-911.
9. Bierlein F.P., Groves D.I., Goldfarb R.J., Dube B. // Miner. Deposita. – 2006. – V. 40, №7. – P. 874–886.
10. Condie K.C. // Tectonophysics. – 2000. – Vol. 322, № 2. – P. 153–162.
11. Gardoll S. // Ore Geol. Rev. . – 2001. – Vol. 18, № 1. – P. 1–75.
12. Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S. // Ore Geol. Rev. – 2001. – Vol 18, № 1. – P. 1–75.
13. Hart C.J.R., Mair J.L., Goldfarb R.J., Groves D.I. // Transaction of the Roayl Society of Edinburgh: Earth Science. – 2005. – Vol. 95, № 3. – P. 339–356.
14. Hart C.J.R. Reduced Intrusion-Related Gold Systems. – Yukon, Canada, 2009. – 77 p.
15. Ishihara S. // Econom. Geology 75 th Anniversary Volume. – 1981. – P. 458–484.

УДК 550.42:554 : 552.11

ДВА ТИПА ТЕТРАДНОГО ЭФФЕКТА ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ШОШОНИТОВЫХ ГРАНИТОИДАХ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

¹Гусев А.А., ¹Гусев А.И., ²Гусев Н.И., ³Гусев Е.А.

¹*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск, e-mail: anzerg@mail.ru;*

²*Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Санкт-Петербург;*

³*ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург*

Приведены данные о проявлении двух типов тетрадного эффекта фракционирования редкоземельных элементов. Обосновано проявление W и M типов тетрадного эффекта фракционирования различными параметрами флюидного режима высоко эволюционированных лейкогранит-порфиров. Приведены данные, подтверждающие отнесение гранитоидов кавминводского комплекса к шошонитовому типу гранитоидов. Показаны особенности влияния тетрад-эффекта на характер распределения в породах различных элементов и его влияния на оруденение.

Ключевые слова: шошонитовые гранитоиды, тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов, флюидный режим, фугитивность, парциальное давление

TWO TYPES TETRAD-EFFECT OF FRACTIONATION RARE EARTH ELEMENTS IN SHOSHONITIC GRANITOIDS OF CAUCAZIC MINERAL WATERS

¹Gusev A.A., ¹Gusev A.I., ²Gusev N.I., ³Gusev E.A.

¹*The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail6: anzerg@mail.ru;*

²*A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersberg;*

³*VNIIOceangeology, Saint-Petersberg*

Data about two types tetrad-effect fractionation rare earth elements discern. Manifestation of W and M types tetrad-effect fractionation rare earth elements proved by parameters of fluid regime in high evolution leicogranite-porphyrhes. Data discern confirming of carry granitoids of kavminvodskii complex to shoshonitic type granite. Peculiarities influence tetrad-effect on character of distribution in rocks different elements and it influence on ore mineralization demonstrated.

Keywords: shoshonitic granitoids, tetrad effect fractionation rare earth elements, fluid regime, fugacity, parcial pressure

Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов играет большую роль в характере распределения многих элементов в породах. Цель исследования заключается в показе уникальных шошонитовых гранитоидов Кавказских Минеральных Вод, в которых одновременно проявлены два типа тетрад-эффекта фракционирования редкоземельных элементов – W и M.

Лакколиты и редкие дайки кавминводского комплекса неогенового возраста сложены породами трёх фаз: граносиенит-порфирами, гранит-порфирами, лейкогранит-порфирами. В наиболее крупных лакколитах распределение фазовых разновидностей зонально. При этом наиболее эволюционированные поздние фазы лейкогранит-порфиров локализуются на периферии лакколитов и в виде выступов и сателлитов, показывая обратную зональность по [13]. Известно, что обратная зональность массивов проявляется тогда, когда более эволюционированные порции магмы локализуются на периферии; контакты между фазами и фациями контрастные с дискордантными текстурами. Такая зональность проявляется в том случае, когда скорость становле-

ния массивов малая и предыдущие фазы внедрения успевают закристаллизоваться и тогда более поздние фазы внедряются на периферию плутонов с образованием обратной зональности. В глубинном очаге создавались условия для появления высоко эволюционированных и флюидизированных лейкогранит-порфиров. Аналогичная картина наблюдается в лакколитах Айского ареала в Горном Алтае в составе габбромонзонит-сиенит-гранит-лейкогранитовой серии пород, где также проявлен тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов [2].

Представительные анализы составов последовательных фаз кавминводского комплекса приведены в табл. 1.

Состав породных типов кавминводского комплекса близок к шошонитовым гранитоидам, для которых характерны следующие особенности [7]: 1 – биотит относится к железистому флогопиту с небольшой долей эстонита и высокими отношениями Mg/(Mg + Fet) и Fe³⁺ / Fe²⁺ +. Амфибол относится к эденитовой роговой обманке и магнезиальному гастингиту с некоторой долей эденита и высокими отношениями

Mg/(Mg + Fet) и Fe^{3+}/Fe^{2+} . Породы показывают содержание SiO_2 от 52,77 до 71,85% и высокую сумму щелочей $K_2O + Na_2O$ (более > 8%, в среднем 9,14%), K_2O/Na_2O (более >1, в среднем 1,50) и Fe_2O_3/FeO (0,85–1,51, в среднем 1.01) и низкое со-

держание TiO_2 (0,15–1,12%, в среднем 0.57%). Содержания Al_2O_3 варьируют от 13,01 до 19,20% и весьма переменны. Гранитоиды обогащены LILE, LREE и летучими компонентами, такими как F, B, P.

Таблица 1

Представительные анализы породных типов кавминводского комплекса
(оксиды в %, элементы в г/т)

Оксиды, элементы	1	2*	3	4*	5*	6	7*	8	9*	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO_2	68,3	66,2	71,85	72,50	71,75	72,8	72,9	73,3	72,6	73,4	73,6
TiO_2	0,30	0,38	0,31	0,08	0,10	0,07	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04
Al_2O_3	14,96	15,4	14,76	14,70	14,98	14,75	14,98	14,43	14,91	14,89	14,95
Fe_2O_3	1,32	2,40	0,74	1,06	1,30	1,20	0,47	0,41	0,25	0,30	0,28
FeO	0,62	0,43	0,50	0,10	0,10	0,12	0,30	0,33	0,25	0,31	0,33
MnO	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03
MgO	1,10	1,36	0,32	0,15	0,19	0,17	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04
CaO	1,80	1,39	0,55	0,35	0,42	0,40	0,04	0,44	0,69	0,30	0,42
Na_2O	4,32	4,21	4,80	4,35	4,22	4,32	5,21	5,22	5,31	4,89	4,98
K_2O	5,30	6,77	5,32	4,60	4,69	4,98	4,89	4,20	4,50	4,97	5,03
P_2O_5	0,34	0,38	0,28	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,03	0,05	0,04
Ga	20	21	30	29	28	29	36	35	34	34	32
Rb	271	231	425	436	602	564	602	564	510	610	612
Sr	1154	1177	254	273	408	423	105	96	93	108	105
Y	16	17	11	5	5	6	5	4	6	6	5
Zr	165	179	123	110	148	132	125	124	110	106	109
Nb	15,1	16,4	12,7	21,2	26,2	22,5	54,5	34,5	30,6	40,3	41,7
Mo	0,6	0,5	0,5	0,6	0,2	0,4	0,3	1,5	0,3	1,0	0,8
Cs	23	22	25	65	41	45	110	72	90	94	98
Ba	2431	2362	204	265	524	487	59	45	56	60	61
La	63,1	62,7	17,8	6,0	12,5	4,2	2,5	2,6	1,1	1,0	0,9
Ce	118,2	116,8	33,4	15,0	32,4	11,2	6,3	6,1	4,2	5,1	5,5
Pr	11,8	12,0	4,2	1,5	2,9	1,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
Nd	43,2	45,3	13,7	5,2	9,9	4,7	2,1	2,0	1,4	1,8	2,0
Sm	7,3	7,7	2,2	0,9	1,7	1,8	0,5	0,6	0,3	0,4	0,3
Eu	1,2	1,6	0,38	0,24	0,40	0,32	0,11	0,10	0,06	0,06	0,07
Gd	4,6	5,19	2,1	0,72	1,22	1,4	0,36	0,34	0,30	0,65	0,66
Tb	0,55	0,52	0,16	0,30	0,37	2,3	0,06	0,03	0,06	0,31	0,35
Dy	2,3	2,4	0,78	0,59	0,93	1,2	0,33	0,31	0,38	0,60	0,62
Ho	0,4	0,41	0,32	0,13	0,19	0,11	0,09	0,09	0,09	0,12	0,12
Er	1,23	1,25	0,42	0,41	0,54	0,31	0,32	0,31	0,31	0,40	0,39
Tm	0,13	0,12	0,08	0,07	0,09	0,13	0,06	0,06	0,06	0,08	0,07
Yb	1,2	1,01	0,65	0,53	0,59	0,69	0,55	0,22	0,50	0,45	0,38
Lu	0,14	0,15	0,10	0,10	0,12	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10
$\sum P3Э$	271,3	274,1	87,3	36,7	68,8	35,9	18,7	17,1	15,2	17,6	17,0
Hf	4,5	5,17	6,5	5,92	6,48	5,5	8,23	8,06	6,74	8,10	8,12
Ta	1,21	1,25	1,8	1,60	1,50	1,65	6,0	4,1	8,6	7,2	7,3
W	4,1	3,6	2,8	6,4	1,4	4,6	6,0	4,1	6,9	7,1	7,0
Tl	4,1	3,5	5,1	3,8	4,2	4,1	7,9	5,3	6,9	7,1	7,0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pb	143	151	154	233	187	205	263	257	209	212	211
Bi	0,9	0,8	2,1	2,1	2,1	2,2	4,1	0,7	7,1	4,5	5,2
Th	46	47	50	48	54	52	32	23	13	20	21
U	16	15	24	15	13	14	24	31	17	16	15
Li	38,2	37,4	75	150,0	43,4	45,8	210	76,3	201,4	203	205
Be	16,1	15,1	34	25,2	24,4	24,5	21,5	36,1	40,0	41	43
B	37,5	36,3	11	66	28,4	30,6	129	63	249	155	178
Sc	5,4	5,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,1	1,1	1,1	1,2	1,0
V	45,7	49,8	23	18,8	22,5	20,4	17,4	17,7	13,7	12,5	13,3
Cr	17,4	18,9	6,7	7,5	8,7	5,6	7,0	5,2	11,0	6,5	7,0
Co	4,5	4,7	1,4	0,4	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
Ni	14,5	15,1	6,5	3,8	5,2	4,2	4,7	5,3	5,8	4,7	4,4
Cu	9,3	8,4	3,5	4,9	1,5	3,3	12	32	12	15	14
Zn	31,1	33,0	43	29,9	92,1	54,6	23,5	23,2	35,2	24,6	26,2
La/Yb _N	35,1	41,5	18,2	7,6	14,1	3,05	6,9	7,8	1,53	1,51	1,57

Примечание. 1 – граносиенит-порфир (г. Змейка); 2 – граносиенит-порфир (гора Верблюдка); 3 – гранит-порфир (гора Бештау); 4, 5, 6 – лейкогранит-порфиры (Козьи Скалы); 7*, 8, 9*, 10, 11 – Лейкогранит-порфиры (гора Бык) * – анализы заимствованы из работы [4].

На классификационных диаграммах все породные типы попадают в поле шшонитов. По соотношениям калия и натрия это весьма наглядно видно (рис. 1).

По соотношениям рассеянных элементов они также локализуются в поле шшонитовых гранитоидов (рис. 2). Самая ранняя фаза граносиенит-порфиров располагается вблизи границы щелочной и вы-

соко калиевой известково-щелочной и шшонитовой серий пород. Характерно, что лейкогранит-порфиры горы Бык образуют самостоятельное кучное поле фигуративных точек на канонической диаграмме, что связано с особенностями состава наиболее флюидизированных лейкогранитов, находящихся на наиболее высоком вертикальном уровне.

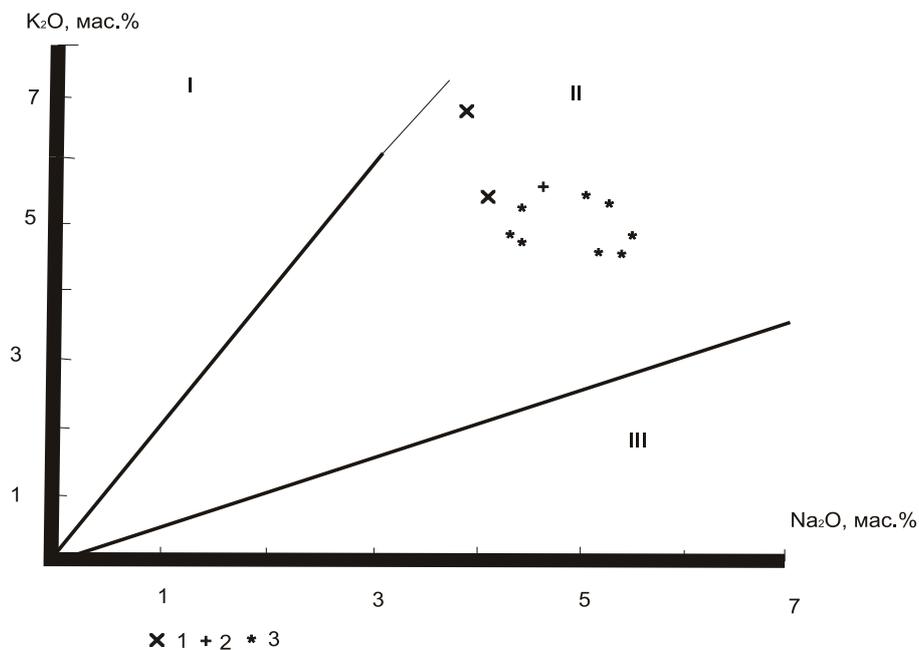


Рис. 1. Диаграмма $K_2O - Na_2O$ для пород шшонитовой серии Кавказских Минеральных Вод. Поля пород: I – ультракальциевые, II – шшониты, III – известково-щелочные [12].
Породы кавминводского комплекса: 1 – граносиенит-порфиры 1-й фазы; 2 – гранит-порфиры 2-й фазы; 3-й – лейкогранит-порфиры 3 фазы

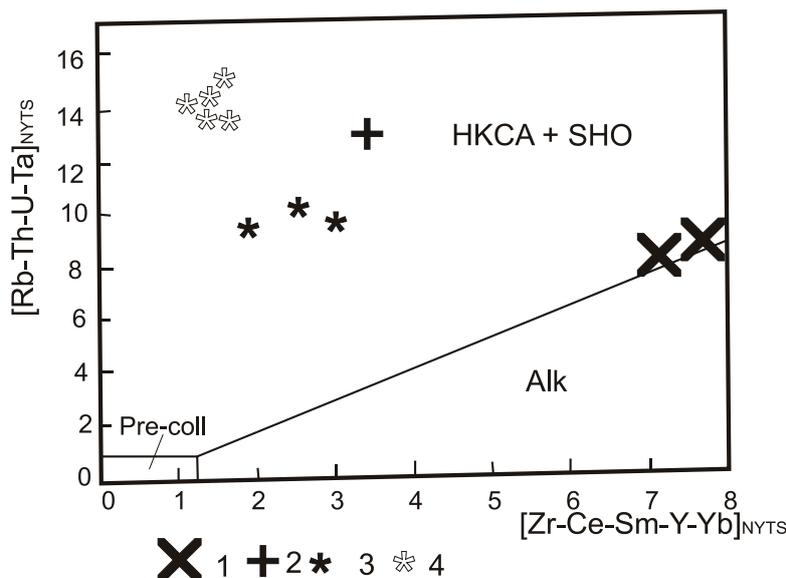


Рис. 2. Диаграмма Rb-Th-U-Ta - Zr-Ce-Sm-Y-Yb для гранитоидов кавминводского комплекса. Поля на диаграмме: в прямоугольном поле по [9] – Pre-Coll – доколлизийного известково-щелочного магматизма; в поле слева сверху – HKCA+SHO – высоко-калиевого известково-щелочного и шшонитового магматизма; в поле справа внизу – ALK – щелочного магматизма. Породы кавминводского комплекса: 1 – граносиенит-порфиры, 2 – гранит-порфиры, 3 – лейкогранит-порфиры (Козьи Скалы), 4 – лейкогранит-порфиры (г. Бык)

В породах кавминводского комплекса снижение суммы РЗЭ (редкоземельных элементов) от ранней фазы к заключительным лейкогранит-порфирам коррелируется с уменьшением нормированных к хондриту отношений La/YbN (см. табл. 1). Нами изучено распределение РЗЭ в породах и

выявлены два типа тетрадного эффекта распределения лантаноидов. Программа для расчёта значений тетрадного эффекта составлена А.А. Гусевым [3]. Значения тетрадного эффекта и некоторые показательные соотношения элементов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Отношения химических элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в гранит-порфирах и лейкогранит-порфирах кавминводского комплекса

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Хондрит
Y/Ho	34,7	38,4	26,3	54,5	55,5	44,4	66,7	50,0	41,7	29,0
Eu/Eu*	0,039	0,064	0,045	0,043	0,055	0,058	0,044	0,026	0,034	0,32
La/Lu	178,0	60,0	65,7	38,2	27,8	28,9	12,2	8,3	7,5	0,975
Zr/Hf	18,9	18,6	22,8	24,0	15,2	15,0	16,3	13,0	13,4	36,0
Sr/Eu	668,4	1137,5	1020	1321,8	328,1	685,7	1550	1800	1500	100,5
TE _{1,3}	1,54	1,34	1,28	2,67	0,85	0,72	1,24	1,68	1,73	-

Примечание. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ по В. Ирбер [8]. Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2. Значения РЗЭ нормированы по хондриту по [8]. 1 – гранит-порфир (г. Бештау); 2, 3, 4 – лейкогранит-порфиры (Козьи Скалы); 5, 6, 7, 8, 9 – лейкогранит-порфиры (г. Бык).

Соотношения таких элементов, как Y/Ho, La/Lu, Sr/Eu, намного превышают такие соотношения элементов в хондритах. Отношения же Eu/Eu*, Zr/Hf значительно меньше, чем в хондритах, что указывает на значительную дифференцированность породных типов.

Фракционирование РЗЭ при тетрадном эффекте происходит при участии сложных комплексных соединений фтор-комплексов таких металлов, как U, Th, Mo, W, Be [6].

А. Масуда с соавторами [10] выявили 2 типа тетрадного эффекта: W (вогнутая

кривая распределения) и М (выпуклая кривая распределения РЗЭ). В морской воде, грунтовых водах, известняках, других осадочных породах обнаруживается W-тип тетрадного эффекта [10]. Тетрад-эффект М-типа обнаруживается чаще всего в высоко эволюционированных гранитоидных системах на поздних стадиях дифференциации, при гидротермальных изменениях и в различных типах минерализации. М-тип тетрадного эффекта, по литературным данным, выявлен в лейкогранитах во многих регионах. С учётом аналитической погрешности ISP-ms (масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой), тетрад-эффект считается значимым при $TE_i > 1,1$ (М-тип) или $TE_i < 0,9$ (W-тип) [11]. С этих позиций в породах кавминводского комплекса выделяется оба типа тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ: М и W. Характерно присутствие двух типов тетрадного эффекта в

лейкогранит-порфирах г. Бык, что связано с двумя причинами: тетрадный эффект типа М проявлен в лейкогранит-порфирах благодаря высокой активности и концентрации фтора во флюидах, имевшего глубинный трансмагматический характер поступления в глубинный очаг. А развитие W-типа тетрадного эффекта, вероятно, связано с высокой долей вадозных вод и их поглощением в процессе становления и кристаллизации лейкогранит-порфиров г. Бык.

Другая примечательная особенность проявления тетрадного эффекта заключается в том, что вблизи рудных тел г. Бык и в районе штольни месторождения урана Козьих Скал наблюдаются наиболее высокие значения тетрадного эффекта (1,73 и 2,67, соответственно) (см. табл. 2), что связано с аномальными параметрами флюидного режима в точках отбора проб. Некоторые параметры флюидного режима сведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры флюидного режима гранитоидов кавминводского комплекса

Фазы гранитоидов	T °C	fO ₂	fH ₂ O	pH ₂ O	pCO ₂	y	lgfHF/ lgfHCl	K _{вос}	(pH ₂ O + pCO ₂)/pH ₂ O	M _{HF}
Граносиенит-порфир г. Змейка	810	0,23	960	1015	1230	189,8	-1,55	0,25	2,21	-2,11
Граносиенит-порфир г. Верблюдка	800	0,20	950	1010	1220	189,6	-1,59	0,26	2,21	-2,12
Гранит-порфир г. Бештау	750	0,15	515	965	930	190,6	-1,35	0,23	1,96	-2,15
Лейкогранит-порфир г. Бык	740	0,12	920	980	995	189,6	-1,19	0,30	2,20	-1,85
Лейкогранит-порфир г. Бык	720	0,11	520	1320	1680	188,2	-1,1	0,31	2,37	-1,25

Примечание. T °C – температура кристаллизации пород; lg fO₂ – логарифм фугитивности кислорода; fH₂O – фугитивность воды; pH₂O, pCO₂ – парциальное давление воды и углекислоты; lgfHF/ lgfHCl – отношение фугитивностей плавиковой и соляной кислот; K_{восст} – коэффициент восстановления флюидов; (pH₂O+pCO₂)/pH₂O – отношение суммы парциальных давлений воды и углекислоты к парциальному давлению воды; M_{HF} – концентрации плавиковой кислоты во флюидах в моль/дм³ по [1]; y – потенциал ионизации биотита по В.А. Жарикову. Фугитивности и парциальные давления даны в килобарах.

Температура кристаллизации пород кавминводского комплекса варьировала в широком интервале – от 720 до 810 °C. При этом самые низкие температуры кристаллизации связаны с высокой обводнённостью и флюидонасыщенностью массива г. Бык. Лейкогранит-порфиры с температурой кристаллизации 740 °C соответствуют породе, где проявлен М-тип тетрад-эффекта. Этому типу отвечают условия с наиболее высокими значениями и парциальных давлений воды и углекислоты и более восстановленный режим. W – типу тетрад-эффекта отвечает лейкогранит-порфир с обильным поглощением вадозных вод магматогенными флюидами, о чём свидетельствуют самые

высокие показатели парциальных давлений воды и углекислоты. Этой ситуации отвечают наиболее высокие отношения суммы парциальных давлений воды и углекислоты к парциальному давлению воды. Этот высокий показатель указывает на возможность взрывного характера образования пород. В целом становление пород кавминводского комплекса происходило при высоком общем давлении, превышающем 3 кбара.

Таким образом, проявление двух типов тетрадного эффекта фракционирования редкоземельных элементов обусловлено различной ролью фтора в магматогенных флюидах и ассимиляцией вадозной воды при становлении массива г. Бык, где и про-

явлены оба типа тетрад-эффекта. Для флюидов с проявлением тетрадного эффекта характерны наиболее высокие значения восстановленности флюидов, высокие показатели концентраций фтора во флюидах. Аномальные параметры флюидного режима магматогенных флюидов проявлены вблизи рудных тел, что указывает на влияние на оруденение повышенных концентраций плавиковой кислоты и воды при редуцированной обстановке. Последняя может быть связана с более восстановленными трансмагматическими флюидами, поступавшими в глубинный очаг. Не исключено, что более высокая восстановленность флюидов может быть обусловлена контаминацией корового материала, обогащённого углеродом.

В целом, по нашему мнению, формирование шощонитовой серии пород кавминводского комплекса происходило с участием плюмовой составляющей, на что указывает крупная мантийная астенолинза аномально разогретого и разуплотнённого материала, контролируемая Транскавказским поперечным разломом, на глубинах 20–30 км. На влияние мантийного плюма может указывать и наличие в Центральном сегменте Большого Кавказа выявленное аномальное глубинное строение с образованием блока коро-мантийной смеси над растущим мантийным диапиром. Мантийный диапир способствовал в процессе своего подъёма и развития генерации громадных

объёмов мантийных флюидов, высоко флюидизированных магматических комплексов, различной степени контаминации мантийными магмами корового материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксюк А.А. Петрология. – 2000. – Т.10, №6. – С. 630–644.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М. Петрология и рудоносность Белокурихинского комплекса Алтая. – Бийск: БПГУ, 2008. – 195 с.
3. Гусев А.И., Гусев А.А. // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 5. – С. 45–49.
4. Носова А.А., Сазонова Л.В., Докучаев А.Я., Греков И.И., Гурбанов А.Г. // Петрология. – 2005. – Т. 13, № 2. – С. 139–178.
5. Anders E., Greevesse N. Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – Vol. 53. – P. 197–214.
6. Bau M. Contrib. Mineral. Petrol. – 1996. – Vol. 123. – P. 323–333.
7. Jiang Y.H., Jiang S.Y., Ling H.F., Zhou X.K., Rui X.J., Yang W.Z. Lithos. – 2002. – Vol. 63. – P. 165–183.
8. Irber W. Geochim. Cosmochim. Acta. – 1999. – Vol. 63. – P. 489–508.
9. Liegeois J.P., Navez J., Hertogen J., Black R. Lithos. – 1998. – Vol. 45. – P. 1–28.
10. Masuda A., Ikeuchi Y. Geochim. J. . – 1979. – Vol. 13. – P. 19–22.
11. Monecke T., Kempe U., Monecke J., Sala M., Wolf D. Geochim. Cosmochim. Acta. – 2002. – Vol. 66, №7. – P. 1185–1196.
12. Turner S., Arnard N., Lin J., Rogers N., Hawkesworth C., Harris N., Kelley S., Van Kalstern P., Deng W.J. Petrol. – 2001. – Vol. 37. – P. 45–71.
13. Vigneresse J.L. Ore geology Reviews. – 2007. – Vol. 30. – P. 181–216.

УДК 553.3/4

САЛАИРО-АЛТАЕ-ТУВИНСКИЙ УРОВЕНЬ СТРАТИФОРМНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ТИПА SEDEX

Гусев А.И.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены новые данные по широкому распространению стратифицированного свинцово-цинково-серебряного оруденения SEDEX, приуроченного к венд-кембрийскому уровню Алтая, Салаира, Тувы и Горной Шории. Образование руд связано с эксгалиционно-осадочным процессом, приуроченным к палеовпадинам. Соотношение изотопов серы указывает на увеличение тяжёлого изотопа серы за счёт сульфатов морской воды. К основным рудообразующим металлам иногда присоединяются значительные концентрации золота и платиноидов.

Ключевые слова: стратиформное оруденение, венд-кембрийский уровень, свинец, цинк, серебро, золото, платиноиды

SALAIRO-ALTAIE-TUVINSKII LEVEL STRATIFORMING DEPOSITS OF TYPE SEDEX

Gusev A.I.

A new data quoted on broad expansion stratiform lead-zinc-silver ore mineralization type SEDEX, accustoming to Vendium-Cambrian stratigraphic level of Altay, Salair, Tuva, Mountain Shoria. Forming of ores link with exhalation-sedimentary processes, training to paleobasins. Ratio of isotopes sulfur point on increase hard isotope sulfur for count sulfate sea water. Pronounced concentrations of gold and platinum metals attach sometimes to basic ore forming metals.

Keywords: stratiform ore mineralization, Vendium-Cambrian level, lead, zinc, silver, gold, platinum metals

Стратиформное оруденение типа SEDEX в углеродисто-кремнисто-сланцевых разрезах дают супергигантские месторождения свинца, цинка, серебра [3,4]. Достаточно отметить, что комплексные месторождения этого типа (Ред Дог на Аляске) содержат объекты мирового класса с суммарными запасами и ресурсами цинка свыше 140 млн т. (средние содержания в рудах цинка – 16,6%, свинца – 4,6%). Львиную долю свинцово-цинковых руд в мировом балансе составляют месторождения типа SEDEX [1]. Венд-кембрийский уровень развития вулканогенных, терригенно-вулканогенных и кремнисто-углисто-вулканогенных образований Горного Алтая, Салаира и Тувы распространены в регионе широко и вмещают многочисленные проявления слоистых руд в терригенно-сланцевых, кремнисто-углеродисто-карбонатных разрезах. Процессы типа SEDEX с образованием стратиформного оруденения в регионе отмечаются в проявлениях, относящихся к типичным объектам свинцово-цинково-серебряного, серноколчеданного и золото-черносланцевого.

Цель настоящего исследования – провести сравнительное изучение всех объектов в регионе, в составе которых отмечаются продукты процессов типа SEDEX, и классифицировать их в рамках существующих представлений. Прогнозно-поисковый комплекс месторождений типа SEDEX имеет специфические особенности и предполагает значительную роль в нём картирования

аутигенной и диагенетической минерализации в рудовмещающих металлотектах и их использование для палеореконструкций с выделением благоприятных локальных палеовпадин с признаками эксгалиций на морское дно.

Остановимся на кратком обзоре проявлений указанных типов.

Шлаттер-Катунское полиметаллическое проявление расположено в правом борту р. Катунь (Горный Алтай), юго-восточнее с. Быстрянка на г. Рудник. Рудовмещающий металлотект представлен углисто-кремнисто-глинисто-карбонатным разрезом эдиганской (V- C_1) и метабазальтами манжерокской свит (C_1). Проявление представлено слоистыми, полосчатыми, линзовидно-полосчатыми рудами в углеродистых силицитах и глинистых сланцах, обогащённых карбонатным материалом, и локализуется среди образований эдиганской свиты. Густая вкрапленность пирита, реже сфалерита, галенита, халькопирита образует обогащённые прослой и гнезда, местами сопровождаемые кварц-баритовыми оторочками мощностью до 1–2 см. Мощность обогащённых прослоев варьирует от 1 до 20 см. Мощность зоны с такими рудами от 2 до 12 м. Отмечаются 3 генерации пирита. Самая ранняя представлена неправильными зёрнами и линзочками мучнистого пирита, имеющего микроглобулярное строение. Вторая генерация локализуется по периферии линзочек микроглобулярного пирита и представлена метакристаллами кубиче-

ского габитуса, иногда сопровождающиеся тонкостебельчатым кварцем и удлинёнными чешуйками гидробиотита. Третья генерация дисульфида железа отмечается в прожилках кварца, кварца с карбонатом и представлена кубическими и пентагон-додекаэдрическими кристалликами. Мощность прожилков варьирует от 2 до 8 мм. Местами отмечается микроплоччатость рудных слоёв, указывающая на складчатость и метаморфизм первичных эксгалационно-осадочных накоплений сульфидов. Со стороны лежачего бока рудной залежи отмечаются конкреции сидерита размерами от 0,5 до 3,5 см, содержащие пирит и пирротин. Редко наблюдаются мелкие септарии размером до 3,5 см, сложенные сидеритом, баритом с пиритом, пирротинном, редко галенитом и сфалеритом. Сфалерит, галенит и халькопирит присутствуют в виде вкрапленности и гнезд также и в слоях пирита в ритмично-слоистых рудах. Содержания элементов в рудах составляют: цинка – от 0,05 до 1,5%, свинца – от 0,08 до 3,5%, меди – от 0,03 до 0,4%, серебра от 15° до 1560 г/т.

Со стороны висячего бока стратиформной залежи наблюдается жила кварца мощностью 1,5 м, содержащая вкрапленность и линзочки пирита, галенита, редко сфалерита, халькопирита. Содержания металлов в жиле: свинца – 3,75–6,87%, серебра – 65–1620 г/т, цинка – 0,2–0,8%, меди – 0,1–0,2%. Вероятно, жила представляла собой подводный канал для эксгалаций на морское дно, залеченное впоследствии кварцевой жилой.

Солонцовое медно-цинковое проявление расположено в правом борту р. Ангуреп (Салаирский край) и приурочено к пачке углеродистых кремнисто-карбонатных сланцев верхней толщи ангурепского полиметаморфического комплекса (PZ₁). Представлено зоной вкрапленных и реже массивных слоистых сульфидных руд, претерпевших метаморфизм. Пирит, пирротин, редко сфалерит, галенит, арсенопирит и халькопирит образуют линзовидные и полосчатые агрегаты среди углеродистых кремнисто-карбонатных сланцев. Сульфиды сопровождаются гнездами и прожилками кварца, барита, анкерита. Выше слоистых руд отмечаются согласные линзы барита мощностью от 0,2 до 1,8 м. Местами в барите отмечаются прожилки кварца с вкрапленностью галенита. Содержания цинка от 0,1 до 1,5%, свинца от 0,2 до 2,8%, меди от 0,05 до 0,5%. Пачка оруденелых пород прослеживается на 4 км по простиранию и сопровождается ореолами цинка, бария, меди, марганца, серебра, мышьяка.

На территории юго-западной части Тувы в 60–70 годы было выявлено весьма

перспективное стратиформное полиметаллическое оруденение. Перспективное проявление *Сарыгиматейское* выявлено в 1956 г. Проявление приурочено к северо-восточному крылу Сарыгиматейской антиклинали в месте её осложнения флексурным перегибом и сменой широтного простирания на юго-восточное. Центральная часть проявления сложена толщей светлых, серых, желтоватых слоистых, плитчатых мраморов курайской свиты (Є₁). Простирание толщи 280–300°. Она смята в крутые складки с размахом крыльев в сотни метров. В северо-восточной и юго-восточной частях проявления на толще карбонатных пород залегают переслаивающиеся тонко косослоистые, рассланцованные алевропесчаники, алевролиты, известковые алевролиты и песчаники с прослоями серых, тёмных известняков. В юго-восточной части в тектонических блоках появляются ортосланцы и отдельные линзы рассланцованных долеритовых порфиринов (Є₁). Полиметаллическое оруденение приурочено к пачке серых до тёмно-зеленовато-серых песчаных алевролитов с прослоями алевритистых кварцевых песчаников, отдельными горизонтами светло-серых и тёмных мраморизованных известняков. Мощность пачки около 100–120 м. По простиранию она прослежена на 5 км. Отложения балхашской свиты шириной 0,5–3 км прослеживаются на расстоянии более 20 км и в западном направлении уходят в пределы Горного Алтая.

В пределах Белатр-Сарыгиматейской полиметаллической рудной зоны выделяются 3 подзоны: Центральная, Восточная и Западная.

Центральная подзона протягивается в северо-западном (290–300°) направлении вдоль правого борта р. Сарыг-Ыйматы на 2 км при ширине около 100–110 м и пространственно совпадает с выходами рудовещающей пачки. В юго-восточной части подзоны выявлено рудное тело №1 (северное). Прослеженная длина тела около 600 м, мощность не менее 24 м. Канавы не вышли из рудного тела. Руды сложены тонкозернистыми, тонкослоистыми сфалерит-галенитовыми образованиями, интенсивно окисленными. Мощность первичных слоёв сульфидов варьирует от долей мм до первых мм, протяжённость от 0,5 до 3 см. Они группируются в визуально различные слоики существенно галенитового или сфалеритового состава. Микроскопические исследования показали последовательность выделения сульфидов: пирит 1 – галенит 1 + сфалерит 1 – сфалерит 2 + галенит 2. Вмещающие породы метаморфизованы и превращены в сланцы серицит-мусковит-

кварц-хлоритовые с обильной насыщенностью рудными минералами (галенитом, сфалеритом, пиритом, редко пирротин). Содержания свинца колеблются от 0,5 до 12,6%, цинка от 0,3 до 4,6%. На мощность 14 м средние содержания элементов составляют: свинца 5,21%, цинка – 2,78%. С рудным телом совпадает отрицательная аномалия естественного поля интенсивностью (–100) – (–250 мВ) протяжённостью 1750 м и шириной 80–200 м. Рудное тело сопровождается 4 ореолами свинца (0,1–1%), цинка (0,04–0,06%), бария (0,2–0,4%) от 300 до 600 м в поперечнике в аномальную зону протяжённостью около 2,5 км при ширине от 200 м до 1 км.

Восточная рудная подзона протягивается в юго-восточном направлении от водораздела руч лагерного и Аржан на 200 м при ширине 100–300 м. В северо-западной части подзоны выделено рудное тело №2, приуроченное к контакту пачки светлых известняков с пачкой тёмных, часто переслаивающихся косослоистых песчаников и алевролитов, локализуясь в последних. Рудное тело имеет пластовый характер протяжённостью 14 м и мощностью 1,8 м. Фланги рудного тела перекрыты осыпями. Рудное тело окислено и имеет зональное строение. Лежащий бок выполнен оолитообразными агрегатами каламина. Центральная часть сложена кварц-баритовой и барит-целестиновой массой с целестином и вкрапленностью галенита. Висячий бок выполнен розовым кальцитом, смитсонитом с оторочкой натёчных корок пирролюзита и лимонита. Текстуры руд – вкрапленные и полосчато-вкрапленные. На продолжении рудного тела обнаружены обломки массивных мелко-тонкозернистых галенит-сфалеритовых руд (типа свинчаков), окисленных с поверхности, а также выходы коренных окисленных руд размерами 1×0,5 м. Общая протяжённость пластового тела с учётом свалов и отдельных выходов руд составляет 350 м. Содержания компонентов в рудном теле №2 составляют (%): свинца от 1,17 до 8,08 (среднее 4,59), цинка – 21, меди – 0,12, индия – 0,1, кадмия – 0,0025, серебра – 0,0015. Рудному телу соответствует отрицательная аномалия ЕП интенсивностью до 300–600 мВ протяжённостью 2,5 км при ширине 250–300 м. В юго-восточной части рудной подзоны к восточному флангу аномалии ЕП тяготеет первичный ореол свинца и цинка с содержанием более 1%. В эпицентре аномалии при проходке 2 канав вскрыты 3 пласта мощностью 20–30 м рассланцованных тонко-косослоистых алевропесчаников с убогим стратиформным оруденением колчеданного типа (пирротин,

реже халькопирит и сфалерит) с содержанием до 0,8–1% меди. *Западная рудная подзона* располагается в междуречье Сарыг-Ыматгы- Борт-Адыр. Подзона выделяется по серии литохимических и шлиховых ореолов и потоков рассеяния свинца и цинка, а также по отдельным находкам вторичных полиметаллических руд при ширине около 700 м и протяжённости до 2 км. Подзоне соответствуют 19 ореолов свинца (0,1–1%), цинка (0,08–0,1%), бария (0,1–0,2%) размерами от 50×50 м до 2500×300 м. Ореолы не проверялись.

Выходы балхашской и курайской свиты протягиваются на территорию Горного Алтая до пос. Акташ в северо-западном направлении, а также на территорию Монголии – в юго-восточном. Общая протяжённость рудовмещающей курайской свиты составляет 180 км при средней ширине выходов 2 км. На этой площади выделяется Акташ-Сарыгиматейская рудная зона со стратиформным оруденением в терригенных комплексах типа SEDEX (аналог – филизчайский тип на Кавказе). Удельная рудоносность суммы свинца и цинка филизчайского типа для ранга рудного района составляет 0,0425 млн/км². Для Акташ-Сарыгиматейской рудной зоны площадью 360 км² и коэффициенте геологического подобия 0,7 прогнозные ресурсы свинца и цинка категории Р₃ составят: 360·0,0425·0,7 = 10,7 млн т, что соответствует одному крупному запасам месторождению.

Серноколчеданное проявление Нижнекуюсское расположено в правом борту р. Катунь (Горный Алтай), приурочено к кремнисто-черносланцевым образованиям эдиганской свиты (кремнисто-глинистые сланцы с прослоями силицилитов). Наблюдаются 3 зоны серноколчеданной минерализации на интервале 200–250 м. Первая зона шириной 37 м имеет субширотное простирание и представлена линзами и гнездами пирита первой генерации, тонким переслаиванием пирита «мучнистого» и кремнистых углеродистых сланцев (вплоть до рудного флиша). Размеры гнезд и линз от 0,5×1,5 до 3×7 см. Вторая генерация пирита представлена метакристаллами пирита кубического габитуса размерами до 1,5 мм, образующими такие же по размерам гнезда и линзы. Метаморфогенный пирит в прослоях образует микроплойчатость. Местами он ассоциирует с пирротинном в виде вкрапленности и линзочек. Третья генерация пирита приурочена к кварцевым прожилкам мощностью от 1–3 мм до 3–5 см и гнездам. Внутри зоны ближе к центру отмечается зона брекчии и милонитизации мощностью до 3 м. В брекчии обломки представлены

кремнистыми сланцами, силицилитами с густой вкрапленностью пирита и пирротина. Изредка ближе к висячему боку зоны отмечаются конкреции сидеритового и сидерит-пиритового состава размерами от 0,5 до 2 см. Пирит в конкрециях кубического габитуса, как правило, имеет зональное строение. В центре кристаллов пирита изредка наблюдается глобулярный дисульфид железа с углеродистой матрицей, а по периферии – кристаллическая разность без углеродистой составляющей, образующая тонкую каёмку.

Две другие зоны мощностью до 5–12 м расположены севернее первой. Они имеют принципиально аналогичные состав, строение и залегание. В целом содержание пирита в зонах варьирует от 5 до 25%, редко отмечаются массивные линзы пирита размерами 10×40 см. Проявление имеет типичное экскаляционно-осадочное происхождение в углеродисто-кремнисто-терригенных разрезах типа SEDEX.

«Мучнистый пирит» представляет собой наиболее раннюю генерацию дисульфида железа и образует микроглобулярную структуру. Он тесно ассоциирует с карбонатом и углеродистым веществом. Как правило, повышенные концентрации пирита первой генерации позитивно коррелируют с магнезиально-железистым карбонатом и тонко рассеянным углеродистым веществом. С более поздними тремя генерациями пирита ассоциируют сульфиды и золото, редко – платиноиды.

Сходная минерализация наблюдается в кембрийских терригенно-углеродистых сланцах Сиинско-Коуринской золоторудной зоны в Горной Шории. Также наблюдаются повышенные концентрации платины, палладия, родия. Золото, преимущественно, находится в сульфидах. В пирите его концентрации колеблются от 2 до 18,7 г/т, в арсенопирите от 95 до 140 г/т. Реже встречается свободное золото размерами от 0,01 до 2 мм. Рудные зоны сопровождаются березитами, фельдшпатолитами и комплексными геохимическими аномалиями Au, As, Sb, Pb, Zn, Cu. В пирите 1 генерации, имеющем фрамбоидальную микроструктуру, величина $\delta^{34}\text{S}$ варьирует от +12,13 до +12,21 ‰. Вероятно, увеличение в составе серы концентраций тяжёлого изотопа происходило за счёт сульфатов морской воды. В метаморфогенном пирите 3 генерации $\delta^{34}\text{S}$ соотношение составляет 18,17 ‰, что, вероятно, связано с заимствованием тяжёлого изотопа серы из подстилающих пород. Аналогичное золото-черносланцевое оруденение развито в прогнозируемых Сокпанды-Чичкитерекском, Устюбино-Каянчинском рудных узлах и Учекском рудном поле.

Сунгайская рудоносная зона в Салаире приурочена к венд-кембрийскому стратиграфическому уровню. Стратифицированные вкрапленные и слоистые сульфидные руды имеют специфические особенности. Иногда они образуют своеобразный «рудный флиш», в котором прослойки сульфидов образуют полосы мощностью 0,5–2 см, чередующиеся с полосами углисто-глинисто-кремнистых сланцев такой же мощности. Нередко силикатные прослойки хлоритизированы и эпидотизированы. Нижнекембрийский уровень приурочен к океаническим разрезам, формировавшимся в обстановках, близких к современным симаунтам, а нижнедевонский – к бассейнам седиментации трансформной континентальной окраины, генерированным в процессе рифтогенного растяжения. Слоистые сульфидные руды локализуются в чёрных углисто-глинистых сланцах с содержанием $\text{C}_{\text{орг}}$ от 2 до 5%, реже – свыше 5%. Сульфиды представлены пиритом нескольких генераций, пирротинном, реже – сфалеритом, халькопиритом, спорадически – арсенопиритом. Они ассоциируют с кварцем, баритом, доломитом, иногда – афросидеритом и скаполитом. Наличие последнего указывает на высокие концентрации хлора в составе экскаляций. Мощности горизонтов слоистых руд варьируют от 5 до 70 м. Такие руды характеризуются повышенными концентрациями Au (0,05 – 15 г/т), Cu (0,03 – 0,6%), Zn (0,03 – 0,9%), Pt (0,02 – 1,12 г/т), Pd (0,05 – 0,34 г/т), Rh (0,05 – 0,23 г/т). Отмечаются аномальные содержания Pb, W, Mo, V, Ag, Co, Ni. Золото приурочено к кварцу и углестому материалу. Оно также присутствует в сульфидах в тонкодисперсной форме в количествах от 0,8 до 6,4 г/т. Углисто-глинисто-кремнистые сланцы, вмещающие слоистые руды, имеют молекулярные отношения S/C от 0,14 до 0,16, обнаруживая близкие значения этого показателя в пелагических осадках Чёрного моря, образовавшихся в условиях сероводородного заражения придонных вод. Аутигенный пирит I генерации представлен фрамбоидами с низкопорядоченным композиционным типом строения. Соотношение изотопов серы ($\delta^{34}\text{S}$) фрамбоидального пирита варьирует от +10,76 до +12,21 ‰, близкие к таковым в экскаляционно-осадочных месторождениях типа SEDEX. Установлена значительная релаксация и ремобилизация золота и платиноидов в процессе метаморфизма и наложения гидротерм. Увеличение концентраций благородных металлов в таких процессах на участках Ушпа (Горный Алтай), Сунгай (Салаир) происходит в 1,8 и более раз относительно первоначальных содержаний

в рудах. Проведено моделирование фракционирования изотопов серы, содержаний золота и других элементов в процессе ремобилизации всех компонентов слоистых руд. Установлена положительная корреляция содержаний золота и платиноидов на этапах метаморфизма и позднего гидротермального процессов. Установлена высокая мобильность благородных металлов при этих процессах. Повышенная золотоносность слоистых руд региона указывает на то, что палеоокеанский и островодужный рудогенез в разрезах венда – нижнего кембрия мог формировать и самостоятельное золотое оруденение типа Эксиал Симаунт и Южное Эксплорер Ридж, обнаруженные на Галапагосских симаунтах, где оно ассоциируется с проявлениями колчеданов эксгальционного типа и марганцевым оруденением [2]. Характерно, что многие проявления стратифицированных руд с повышенной золотоносностью описываемого региона АССО ассоциируют с марганцевым оруденением, также широко распространённым в обстановках океанического дна (Сунгай, Ушпа, Сия). Многие участки развития золотоносных эксгальционно-осадочных слоистых

руд региона сопровождаются россыпями золота (Сунгай, Сия, Кубань).

Таким образом, в регионе проявлено стратиформное оруденение SEDEX довольно широко и имеет различное наполнение металлами – от серноколчеданного с незначительными содержаниями благородных и цветных металлов до комплексных свинцово-цинково-серебряных с медью и существенно золото-черносланцевых с повышенными концентрациями платиноидов и золота. Во всех случаях главный рудоконтролирующий фактор накопления эксгальционно-осадочной основы сводится к наличию локальных палеовпадин со своеобразным восстановительным режимом осадконакопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goofellow W.D., Lydon J.W., Turner R.J.W. Mineral Deposit Modeling. – Canada, 1995. – P. 201–252.
2. Hannington M.D., Peter J.M., Scott S.D. / Economic Geol. – 1986. – Vol. 81, № 8. – P. 1867–1883.
3. Kelley K., Johnson C., Leach D. // 32-nd IGC Florence. – 2004 – Scientific Sessions: abstracts (part.1). – P. 656.
4. Large R.R., McGoldrick P.J // Journal of Geochemical Exploration. – 1998. – Vol. 63, №1. – P. 37–56.

УДК 533.31

ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ: РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Герасимов С.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: gsim1953@mail.ru

Работа представляет собой подробное описание процедуры расчета так называемой «вилки Авраменко», дополненной конденсаторами небольшой емкости, моделирующими ток смещения между нагрузкой и корпусом генератора синусоидального напряжения низкой частоты. Экспериментальная зависимость величины падения напряжения на нагрузке от частоты не является линейной. Это – единственная особенность, которая находится в противоречии с результатами расчета.

Ключевые слова: незамкнутый проводник, нелинейные цепи, передача электрической энергии

THE SINGLE CONDUCTOR TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY: CALCULATION AND MEASUREMENTS

Gerasimov S.A.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: gsim1953@mail.ru

The work is a description in detail of a calculating procedure of the so-called «Avramenko's fork» with condensers of small capacitance modeling the displacement current between the earth of generator and the load. The experimental dependence of the output voltage versus the frequency is not linear. This is the only feature that is in contradiction with calculation results.

Keywords: unclosed single conductor, nonlinear circuits, electric energy transmission

В настоящей статье подробно, теоретически и экспериментально, анализируется работа устройства, схема которого представлена на рис. 1. Это – модель так называемой «вилки Авраменко», которая, как полагают, позволяет обеспечить передачу электрической энергии по одному незамкнутому проводнику [1]. Несмотря на известную популярность темы [2], какие-либо более или менее серьезные расчеты, в той или иной мере относящиеся к данному устройству, до настоящего времени не проводились. Известное наиболее подробное и последовательное рассмотрение [3], лишённое разного рода домыслов и необоснованных утверждений, в наибольшей степени интерпретирует результаты Н. Тесла и потому к данному варианту «однопроводной передачи энергии» имеет косвенное отношение. Причина отсутствия результатов теоретического описания понятна: традиционные методы расчета не позволяют рассматривать незамкнутые токи [4]. Именно по этой причине расчетная модель дополнена двумя емкостями C_1 и C_2 , моделирующими токи смещения между корпусом генератора G и нагрузкой C и R . В экспериментальной установке конденсаторы C_1 и C_2 , разумеется, отсутствуют. Известные экспериментальные результаты [5, 6] пока не позволяют достаточно достоверно выяснить, какой из двух механизмов «однопроводной передачи энергии» [2, 7] имеет место.

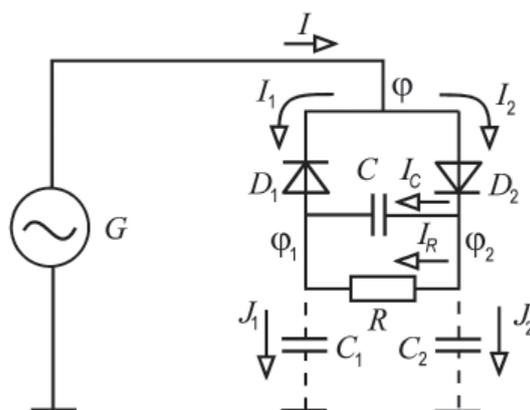


Рис. 1. Модель «однопроводной передачи энергии»

1. Расчет

Источником переменного напряжения

$$\phi = U_m \cos \omega t$$

является генератор G . Пусть $I_1 = I_1 \{\phi - \phi_1\}$ и $I_2 = I_2 \{\phi - \phi_2\}$ – токи, текущие через диоды D_1 и D_2 . Типичная вольт-амперная характеристика реального диода показана на рис. 2. Удачной аппроксимацией этой характеристики является зависимость

$$I_2 = \begin{cases} 40(\phi - \phi_2)^7; & \phi - \phi_2 > 0 \\ 0 & \phi - \phi_2 \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

для разности потенциалов, измеренной в вольтах, а для тока – в амперах. Поскольку

токи через диоды выражениями, аналогичными в уравнении (1), определены, то это позволяет записать разность потенциалов на нагрузке, представляющей собой параллельное включение емкости C и резистора R :

$$\frac{1}{C} \int I_C dt = \phi_2 - \phi_1, \quad (2)$$

$$RI_R = \phi_2 - \phi_1, \quad (3)$$

где потенциалы ϕ_1 и ϕ_2 связаны с токами J_1 и J_2 , текущими через емкости «смещения» C_1 и C_2 , следующими выражениями:

$$\frac{1}{C_1} \int J_1 dt = \phi_1, \quad (4)$$

$$\frac{1}{C_2} \int J_2 dt = \phi_2. \quad (5)$$

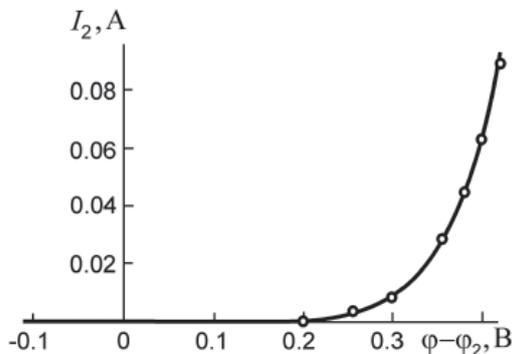


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика диода и ее аппроксимация (1) (сплошная кривая). Точки – эксперимент

Очевидно:

$$J_1 = I_C + I_R + I_1, \quad (6)$$

$$I_2 = I_C + I_R + J_2. \quad (7)$$

Подстановка (4) и (6) или (5) и (7) в (2) с учетом (3) позволяет записать систему дифференциальных уравнений

$$C \frac{d\phi_1}{dt} - (C_2 + C) \frac{d\phi_2}{dt} + I_2 \{\phi - \phi_2\} - \frac{1}{R} (\phi_2 - \phi_1) = 0, \quad (8)$$

$$C \frac{d\phi_2}{dt} - (C + C_1) \frac{d\phi_1}{dt} + I_1 \{\phi - \phi_1\} + \frac{1}{R} (\phi_2 - \phi_1) = 0, \quad (9)$$

составляющих основу численного расчета токов и напряжений с начальными условиями: $\phi_1(0) = 0$; $\phi_2(0) = 0$.

Пример выходного сигнала в виде разности потенциалов на емкости C , она же – падение напряжения на резисторе R , показан на рис. 3. Однако в большей степени интерес представляет зависимость среднего или эффективного падения напряжения на нагрузке R от значений емкостей «смещения» C_1 и C_2 . На первый взгляд может показаться, что подобное изображенному на рис. 3, будет происходить и при $C_1 = C_2 = 0$, поскольку $C_1 \ll C$ и $C_2 \ll C$. Это не оправдалось: единственным результатом решения системы дифференциальных уравнений (8), (9) является нулевая разность потенциалов $\phi_2 - \phi_1$, поскольку сумма $I_2 \{\phi - \phi_2\} + I_1 \{\phi - \phi_1\} = 0$ уравнений (8) и (9) при $C_1 = C_2 = 0$ имеет единственное решение $\phi_2 - \phi_1 = 0$. Более того оказалось, что среднее значение падения напряжения на нагрузке U_R от величин C_1 и C_2 при фиксированной частоте входного сигнала $\omega = 2\pi f$ зависит линейно с очень высокой точностью и в очень широком диапазоне значений емкостей C_1 , C_2 и емкостей нагрузки C (рис. 4).

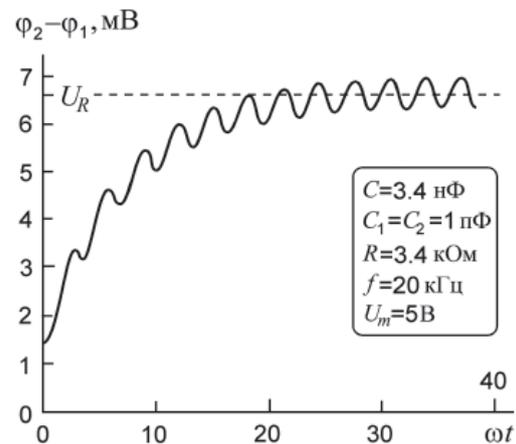


Рис. 3. Форма выходного сигнала как функция времени

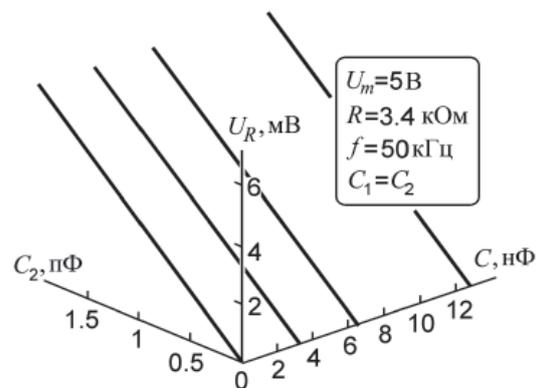


Рис. 4. Постоянная составляющая выходного сигнала как функция емкостей смещения C_1 и C_2 при различных C

К сожалению, значение емкостей смещения C_1 и C_2 нам не известны. Нет возможности и их измерить. Диапазон же до 2 пФ появился неслучайно. Он является результатом экспериментального моделирования системы [5], к сожалению, оставляющего ряд вопросов открытыми. Поэтому чуть ли не единственной возможностью продолжения становится изучение влияния измеряемых параметров устройства и входного напряжения на величину выходного сигнала.

2. Эксперимент

Зависимость выходного напряжения U_R от амплитуды входного U_m нелинейна и должна быть нелинейной, а сравнивать две линейности, экспериментальную и расчетную, – вовсе не следует. Остается единственная возможность – подробно изучить зависимость среднего или эффективного значения выходного напряжения U_R от частоты синусоидального напряжения генератора. При этом следует быть чрезвычайно аккуратным: к диодам ДЗ11, вольт-амперная характеристика которых представлена на рис. 2, применимо понятие частотной характеристики, то есть зависимости выходного выпрямленного напряжения от частоты входного синусоидального напряжения. При этом имеет смысл учитывать частотную характеристику диодов в диапазоне тех значений частот и U_R , при которых проводится расчет. Оказалось, что в диапазоне частот $f < 50$ кГц, выходное напряжение от частоты зависит крайне слабо, правда, при использовании магнитомеханического измерительного прибора М273/21 с ценой деления 10^{-7} А/дел и входным сопротивлением 1,6 кОм (рис. 5). Длина линии «однопроводной передачи энергии» – 0,9 м. Источником синусоидального напряжения служил генератор ГЗ-36А.

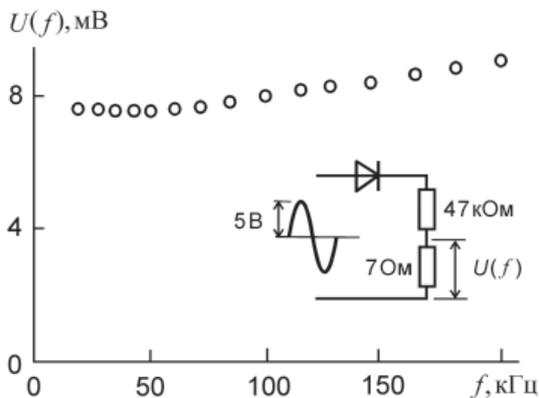


Рис. 5. Частотная характеристика диодов

Результат оказался неожиданным, вообще говоря, противоречащим другим данным [5, 6] и создающим проблемы. А именно, экспериментальная зависимость постоянной составляющей выходного напряжения от частоты оказалась нелинейной (рис. 6). Причем это происходит во всем диапазоне емкостей нагрузки C , правда, при сопротивлении R , отличающемся от соответствующих значений, при которых получены предыдущие результаты [5, 6]. Важно отметить, что расчетная зависимость выходного напряжения от частоты линейна с очень высокой степенью точности. Попытка подобрать значения C_1 и C_2 , более или менее точно отвечающие экспериментальным данным, обречена на неудачу. Различия между экспериментальными и расчетными результатами в ряде случаев составляют 50% и более.

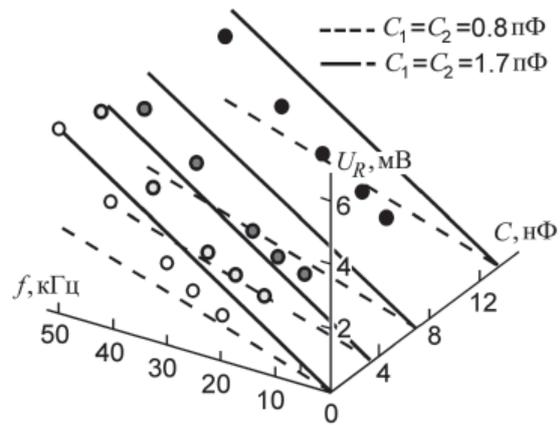


Рис. 6. Выходное напряжение, частота и емкость нагрузки. Точки – экспериментальные результаты; линии – результат расчета

Есть еще одно обстоятельство, которое обязательно следует отметить. Может возникнуть подозрение, что частотная нелинейность выходного сигнала обусловлена неидентичностью полупроводниковых приборов, используемых в экспериментальной проверке. Чтобы отказаться от этой гипотезы, в расчетной схеме достаточно изменить коэффициенты в выражении (1) для одного из диодов, скажем процентов на 10. Это не влияет на линейный характер зависимости выходного напряжения от частоты сигнала генератора. Получается, что причина такой нелинейности пока остается непонятной, что дает возможность считать, что, судя по всему, работают оба механизма: челночной передачи энергии [3, 7] и обусловленный существованием паразитных емкостей C_1 и C_2 ,

моделирующих токи смещения. Утверждать же это с абсолютной достоверностью было бы недальновидно, но и отвергать челночную передачу энергии [7] пока нет никаких оснований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраменко С.В. Способ питания электротехнических устройств и устройство для его осуществления // Патент 2108649 С1 RU. Бюлл. изобр. 1998. № 10. С. 319.

2. Тесла Н. Лекции. – Самара.: Издательский Дом «Агни», 2008. – 312 с.

3. Barrett T.W. Tesla's Nonlinear Oscillator-Shuttle-Circuit (OSC) Theory. // Annales de la Fondation Louis de Broglie. – 1981. – Vol. 16, № 1. – P. 23–41.

4. Заев Н.Е. Однопроводная ЛЭП. // ИР. – 1994. – № 10. – С. 8–9.

5. Герасимов С.А., Добрицкий С.В. О моделировании передачи электрической энергии по незамкнутому проводнику // Вопросы прикладной физики. – 2003. – №9. – С. 99–100.

6. Герасимов С.А., Колесников Г.А. О проводимости линии однопроводной передачи электрической энергии // Техника и технология. – 2006. – №2. – С. 17–19.

7. Герасимов С.А., Попова М.Д. По одному проводу // Учебная физика. – 2009. – №4. – С. 22–26.

УДК 537.8

О ВОЗДЕЙСТВИИ БЕСТОКОВОГО ЭЛЕКТРОСИГНАЛА НА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ДАТЧИКИ

Касьянов Г.Т.

Общественная лаборатория «Вихревая электроэнергетика», Иркутск, email: geodim@yandex.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований «неадекватного» воздействия разомкнутых электрических цепей, находящихся под напряжением, на широко распространённые измерительные приборы и датчики. Воздействие может существенно ухудшать помехоустойчивость аппаратуры. Для объяснения такого явления вводится понятие «энергоемкость сигналов», физический смысл которого раскрывается опытным путём.

Ключевые слова: незамкнутые цепи, бестоковый сигнал, устройства связи, энергоемкость сигналов

THE IMPACT OF CURRENT-FREE ELECTRO SIGNAL ON INSTRUMENTATION AND SENSORS

Kasyanov G.T.

Public Laboratory «Vortex electroenergetics», Irkutsk, email: geodim@yandex.ru

The results of experimental studies of «inadequate» exposure of open circuits under voltage on the widespread instrumentation and sensors are introduced. Impact significantly impairs the noise-immunity of equipment. To explain this phenomenon we introduce the concept named «energy intensity signals», the physical meaning of which is revealed by experience.

Keywords: open circuit, current-free signal, communication devices, energy intensity signals

О некоторых физических свойствах бестокового или однопроводного электросигнала мы сообщали в работах [1, 2]. Уточним: под бестоковым сигналом мы имеем в виду сигнал в виде электрического напряжения повышенной частоты, распространяющегося по незамкнутой цепи. По сути, такой сигнал является проявлением так называемого «радиантного электричества», с которым работал Н. Тесла.

Экспериментальные исследования этого сигнала привели нас к весьма интересным результатам.

В работе [1] было отмечено сильное влияние синусоидального напряжения частотой 25 кГц, передаваемого по одиночному проводу, на измерительные приборы магнитоэлектрической системы. Так, например, при длине провода 11 м прибор Ц4315, включённый в конце провода и работающий в режиме измерения переменного тока на шкале 2,5 А, показывает после включения генератора, находящегося в другом помещении и соединённого с началом провода, ток 2,4 А. Провод находится под переменным напряжением 1000 В, сам измерительный прибор, кроме как к проводу, ни к чему более не подсоединён. Цепь не замкнута, поэтому тока в таком проводе и соответственно в самом приборе быть не должно. Вероятно, мы наблюдаем реакцию измерительного прибора на вращающееся магнитное поле, сопровождающее (в соответствии с уравнениями Максвелла) изменения электрического поля, создаваемого в нашем эксперименте вокруг одиночного провода с помощью генератора.

Существует также сильное взаимодействие и между однопроводной системой передачи переменного напряжения (без тока) и измерительными приборами электронного типа, работающими с помощью аналого-цифровых преобразователей. Например, в наших опытах мультиметр VC9208, подключённый к концу одиночного провода длиной 35 м, на шкале 750 В переменного напряжения показывает 1300 В после того, как на другом конце провода включается упомянутый генератор переменного напряжения величиной 1000 В и частотой 25 кГц. Столь неадекватные показания мультиметра, превышающие даже выходное напряжение генератора сигнала (измеренное двухпроводным способом!), мы склонны объяснять тем, что бестоковый сигнал, возможно, имеет большую, по сравнению с обычным электросигналом (сопровождающимся током), «энергоемкость», поэтому выделение в измеряющем приборе большего количества энергии и приводит к увеличению его показаний. Чуть ниже мы попытаемся объяснить, что имеем в виду под «энергоемкостью» сигнала.

После отключения генератора мультиметр восстанавливает штатный режим работы.

Кстати заметим, что по техническим документам мультиметр VC9208 имеет полосу пропускания частот всего 400 Гц и на частоту 25 кГц вообще реагировать не должен. Однако известно, что в незамкнутых цепях закон Ома не работает (ввиду отсутствия в них тока), поэтому на вопрос о фильтрации или подавлении каких-либо

частот переменного напряжения прибором, соединённым с цепью лишь одним контактом, однозначно ответить нельзя. Требуется дополнительные исследования.

Конечно, утверждение о разных «энергёмкостях» электросигнала с током и бестокового требует тщательной детальной проверки. В том числе – экспериментальной. Частично такие исследования у нас проводятся. Опишем один из опытов, проясняющих суть этого предположения.

Известно со времён Н.Теслы, что с увеличением частоты генерации интенсивность бестоковых (т.е. однопроводных) сигналов возрастает. С нашей точки зрения это явление следует объяснять тем, что интенсивность бестокового сигнала синусоидальной формы зависит не только от амплитуды напряжения сигнала, но ещё и от скорости изменения мгновенного напряжения, т.е. от его производной по времени. Фактически – от произведения амплитуды на частоту. Для подтверждения этого предположения мы использовали в следующем опыте в качестве генератора бестокового сигнала генератор Г4-1А, который на калиброванном выходе даёт сигнал величиной не более 1 В, но с частотой до 26 МГц. Предполагалось, что при малом напряжении сигнала, но большой его частоте произведение амплитуды на частоту будет достаточно велико для того, чтобы бестоковый сигнал проявил себя. В качестве приёмника сигнала использовался низкочастотный измерительный прибор Ц4315 (рабочая полоса частот до 20 кГц).

Выбор оказался правильным, Ц4315 вполне надёжно реагировал на работу генератора.

К выходу Г4-1А, работавшего в поддиапазоне частот от 12 до 26 МГц с величиной сигнала 1 В, был подключён одиночный провод – один из щупов Ц4315 длиной 1,3 м (рис. 1), другим своим концом щуп был соединён с прибором. Второй щуп такой же длины висел в воздухе, выполняя роль шлейфа. Прибор работал в режиме измерения переменного напряжения на шкале 1000 В.

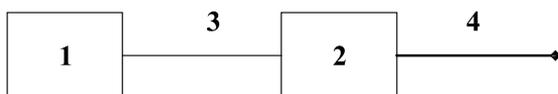


Рис. 1. 1 – генератор Г4-1А, 2 – тестер Ц-4315, 3, 4 – щупы

При включении генератора Г4-1А на частоте 12 МГц стрелка прибора отклонилась от нуля. При увеличении частоты прибор увеличивал свои показания и в итоге зашкалил, отчего величину генерируемого сигнала пришлось постепенно уменьшать

регулируемым аттенуатором на выходе генератора. На граничной частоте 26,7 МГц величина выходного сигнала была уменьшена до 0,22 В (показания аттенуатора), лишь тогда Ц4315 показал ровно 1000 В.

При отключении щупа от выходного разъёма работающего генератора стрелка Ц4315 возвращается в нулевое положение, т.е. связь генератора и приёмника через пространство в условиях проведения опыта отсутствует.

Столь мощная реакция измерительного прибора магнитоэлектрической системы на бестоковый сигнал малой амплитуды, но высокой частоты, подтверждает наше предположение о том, что энергия, получаемая прибором от бестокового электросигнала, определяется не только амплитудой этого сигнала, но и его частотой. В этом смысле можно говорить, что бестоковый сигнал обладает большей «энергёмкостью», чем сигнал с током.

Здесь можно к месту припомнить, что кванты электромагнитных колебаний (например, фотоны) энергетически «тяжелее» именно при увеличении частоты.

Обнаружившееся влияние незамкнутых цепей, заряжаемых переменным синусоидальным напряжением, на простые и надёжные в работе с токовыми сигналами измерительные приборы вызвало у экспериментатора определённые вопросы. Например: вокруг одиночных проводов, входящих в состав незамкнутых цепей, при работе генератора бестокового сигнала образуются квазистатические электрические поля. Сохраняется ли столь же мощное влияние бестокового сигнала на работающую с током аппаратуру через такие электрические поля?

В связи с этим был экспериментально исследован простейший случай: мультиметром VC9208 измерялось напряжение электросети 220 В 50 Гц на шкале 750 В с помощью щупов длиной в один метр; на определённом расстоянии от мультиметра располагался генератор синусоидального напряжения величиной 1000 В с частотой 25 кГц, одиночным проводом его выход был соединён с вертикально расположенной металлической пластиной размерами 40×20 см, играющей роль уединенного плоского конденсатора, заряжаемого и разряжаемого напряжением генератора. Таким способом создавалось вокруг пластины квазистатическое электрическое поле. Мультиметр, измеряющий напряжение электросети, располагался на фиксированном расстоянии от этого конденсатора. Щупы, включённые в сеть, – на более дальнем.

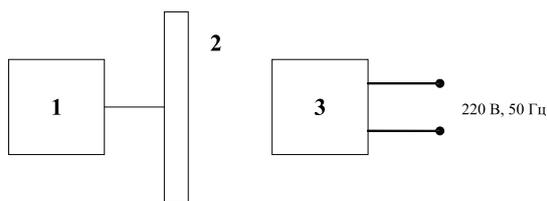


Рис. 2. 1 – генератор бестокового сигнала;
2 – плоский уединенный конденсатор;
3 – вольтметр VC 9208

Сделаем здесь небольшое необходимое пояснение.

Существуют ГОСТы по кондуктивным помехам (помеха, наводимая в соединительных проводах через общее сопротивление между проводами и источником помехи). В них определяется [3, 4], в каком конкретно частотном диапазоне какую методику следует использовать для введения помех в соединительные провода при проверке электро- и радиоаппаратуры на устойчивость к кондуктивным помехам. В диапазоне частот от нуля до 150 кГц [3] емкостная связь считается, как правило, малосущественной и помеха вводится от генератора помех в соединительные провода, кабели и линии испытуемой аппаратуры не через пространство, а через RC-цепи (R – сотни Ом, С – единицы микроФарад).

Наш опыт был проведен в гораздо более жестких условиях: связь генератора помех и испытуемой аппаратуры (измеряющий напряжение сети VC9208) осуществлялась через пространство, или, выражаясь языком электротехники, через конструктивную ёмкость между уединённым плоским конденсатором и конструкцией мультиметра, при этом данная ёмкость имела практически величину нескольких пикоФарад.

Результаты измерений таковы:

напряжение сети, измеряемое с помощью VC9208, равно 223 В;

далее включался генератор с сигналом 1000 В (частота 25 кГц) и при расстоянии между мультиметром и плоским конденсатором, равном 20 см, мультиметр показывал напряжение 683 В;

при расстоянии 30 см – 420 В;

на расстоянии 40 см – 300 В;

на полуметровом расстоянии – 256 В.

Последующие эксперименты показали, что излучение от уединённого конденсатора без особых потерь проходит также и через

стенные (толщина 15 см) железобетонные панели соседнего лабораторного помещения и продолжает столь же катастрофически влиять на испытуемый прибор – мультиметр VC9208, измеряющий напряжение сети.

Вольтметр, измеряющий вместо 223–256 В и выше, должен считаться не выполняющим свою СУЩЕСТВЕННУЮ функцию (терминология [5]) и, следовательно, не прошедшим испытания на помехоустойчивость в описанных выше условиях. Причиной этого в нашем случае является квазистатическое электрическое поле, изменяющееся с частотой 25 кГц и действующее на вольтметр через пространство.

Отсюда, между прочим, следует, что с помощью незамкнутых электроцепей можно создавать помехи, которые без искусственных устройств связи (таковые используются в испытаниях аппаратуры на помехоустойчивость в частотном диапазоне до 80 МГц) и на низких частотах способны тестировать измерительные приборы: электронные датчики напряжения, тока, температуры и др. через пространство, а не через сосредоточенные емкостные элементы, и, значит, в условиях, более приближённых к реальным.

В Гостовском перечне наиболее вероятных источников кондуктивных помех [3] генераторов бестокового сигнала, естественно, нет. Но они реально могут возникнуть, как говорится, из ничего, при возникновении многих нештатных ситуаций во время работы аппаратуры (ситуаций как случайных, так и искусственно созданных), и этот факт, как нам представляется, следует учитывать при эксплуатации сложных и дорогостоящих электронных систем любого назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касьянов Г.Т. Тесловский однопроводный ток, его физические свойства и способы использования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010 – №5 – С. 35–40.
2. Касьянов Г.Т. Генерация тепловой энергии в однопроводной электросхеме // Современные наукоёмкие технологии. – 2011. – №2. – С. 36–39.
3. Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 0 до 150 кГц: ГОСТ Р 51317.4.16–2000.
4. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведённым радиочастотными электромагнитными полями: ГОСТ Р 51317.4.6–99.
5. Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения: ГОСТ Р 51522–99.

УДК 621.8

СТАТИКО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА – ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД УПРОЧНЕНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Кокорева О.Г.

*Муромский институт ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет», Муром,
e-mail: kaftexmex@yandex.ru*

Предложенный для практического использования в производстве новый метод статико-импульсного упрочнения тяжело нагруженных поверхностей имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с применяемыми в настоящее время. Отличительная особенность метода – это комбинированная обработка, в процессе которой обеспечиваются необходимые характеристики качества поверхностного слоя обрабатываемой детали, а также необходимая твердость и остаточное напряжение сжатия за счет применения упрочняющих технологий. Данный способ упрочнения является одним из наиболее эффективных, энергосберегающих и легко реализуемым в производстве.

Ключевые слова: упрочнение, характеристики качества поверхностного слоя, тяжело нагруженная поверхность, напряжение, статико-импульсная обработка, поверхностно пластическая деформация

STATIC PULSE PROCESSING – INNOVATIVE METHOD OF HARDENING SURFACE HEAVY DUTY MACHINERY PARTS

Kokoreva O.G.

Murom Institute GOU VPO «Vladimir State University», Murom, e-mail: kaftexmex@yandex.ru

Proposed for practical use in the production of a new method for the static-pulsed hardening of heavily loaded surfaces has a number of significant advantages over currently used. A distinctive feature of the method – it is a combined treatment, during which ensured the necessary quality characteristics of the surface layer of the work piece, and the necessary hardness and residual compressive stress due to application of reinforcement technology. This method of reinforcement is one of the most effective, energy-efficient and easily implemented in production.

Keywords: hardening characteristics of the surface layer quality, heavy-duty surface tension, static-pulse processing, surface plastic deformation

Для получения заданного качества поверхности деталей используется комбинированная обработка, в процессе которой одним проходом обеспечивается упрочнение основного несущего слоя на требуемую глубину, а другим – высокая твердость тонкого поверхностного слоя и большие остаточные напряжения сжатия. Для создания гетерогенных слоев приходится использовать трудоемкие технологические приемы, вводить в технологический процесс дополнительные операции. Усложнение технологического процесса сильно ограничивает область применения наукоемких упрочняющих технологий, делает их непривлекательными для реального производства.

Одним из наиболее эффективных, энергосберегающих и легко реализуемых в производстве способов повышения качества поверхностного слоя является деформационное упрочнение деталей в процессе обработки поверхностным пластическим деформированием. Использование поверхностно-пластической деформации (ППД) в качестве самостоятельного метода или в сочетании с другими способами позволяет добиться наилучших результатов. Тем не менее вследствие недостаточной глубины упрочнения и невысокой управляемости процесса известные статические и дина-

мические способы находят ограниченное применение.

В результате выполненного теоретического и экспериментального комплекса исследований установлено, что резервы повышения эффективности обработки ППД кроются в изменении способа сообщения энергии в очаг деформации. Разработан способ статико-импульсной обработки, сочетающий в себе достоинства статических и динамических способов ППД.

За счет использования ударных систем с промежуточным звеном появилась возможность резко увеличить количество энергии, сообщаемой в очаг деформации в процессе статико-импульсной обработки (СИО), что позволило в несколько раз увеличить глубину упрочненного слоя. Теоретически и экспериментально установлено, что при СИО в очаге деформации формируются пролонгированные импульсы, энергия которых в 2...3 раза выше по сравнению с импульсами, возникающими при других способах динамического упрочнения ППД. При использовании инструмента с локализованным контактом удается максимально пролонгировать действие контактной нагрузки, обеспечить практически полную реализацию энергии импульса на осуществление упругопластической деформации.

Глубина упрочнения, достигаемая в результате СИО, составляет 6...10 мм в зависимости от марки стали. Эффективная глубина слоя, упрочненного на 20% и более, возрастает по сравнению со статическим накатыванием в 1,8...2,7 раза, а глубина слоя, упрочненного на 10% и более – в 1,7...2,2 раза. Глубина и степень упрочнения после СИО и статического вдавливания индентора на прессе весьма близки и много больше получаемых обычно при динамическом упрочнении, следовательно, длительность пролонгированного импульса достаточна для реализации всех механизмов упрочнения.

Глубина, степень и равномерность упрочнения поверхностного слоя при СИО определяются соотношением энергии и частоты импульсов с геометрическими параметрами деформирующего инструмента и технологическими режимами обработки, а обобщенной характеристикой их связи является коэффициент перекрытия единичных отпечатков.

В результате анализа вида возникающих связей разработана методика управления технологическими режимами статико-импульсной обработки (СИО) и параметрами генератора импульсов, которая позволяет рассчитывать их из условия обеспечения требуемой глубины, степени и равномерности упрочнения поверхностного слоя.

Разработаны технологические рекомендации по направленному формированию заданных параметров качества поверхностного слоя в процессе СИО. Опытные образцы, технологическое оборудование и оснастка, генератор импульсов и технология СИО апробированы в действующем производстве.

Планируется продолжение исследований с целью выявления технологических режимов, обеспечивающих предельно низкие значения шероховатости и волнистости обработанной поверхности. Немалый интерес представляет расположение операции статико-импульсного упрочнения не только в конце, но и в начале технологического цикла обработки несущей поверхности деталей, отличающихся высокими требованиями к точности.

Задача состоит не только в исследовании разработанного способа, выявлении скрытых физических закономерностей нового вида обработки, но и в разработке рекомендаций по назначению конструктивных параметров, рациональных технологических режимов для конкретных условий и видов обработки различных деталей и их поверхностей.

Установлена целесообразность использования СИО для упрочнения поверхности катания сердечников крестовины стрелочных переводов, галтелей крупных валов, валков прокатных станков, ножей и зубьев исполнительных органов строительного-дорожных машин, крупной резьбы, шлицев и зубчатых колес, формообразования резьбы и шлицев. Возможно использование СИО поверхностно пластическая деформация (ППД) для снятия внутренних напряжений в сварных конструкциях и литых заготовках, местного восстановления размеров изношенной детали и т.д. Результаты СИО ППД могут найти применение на железнодорожном транспорте, заводах тяжелого машиностроения, в метрополитене и т.д.

СИО рекомендуется в первую очередь для упрочнения тяжело нагруженных деталей, имеющих глубину несущего слоя до 6 ... 8 мм и более, работающих в условиях усталостного износа. Характерной деталью, отвечающей указанным признакам, является сердечник крестовин стрелочного перевода.

Износ клина и усювиков сердечника носит местный характер. Сердечник изнашивается в вертикальном направлении на 4...6 мм и больше, ширина площадки износа составляет около 40 мм.

Зона интенсивного изнашивания составляет менее 20% рабочей поверхности катания. Причиной износа является контактно-усталостное выкрашивание сердечника в зоне перекачивания колес железнодорожных вагонов.

Для повышения срока службы крестовин на наиболее изнашиваемой поверхности сердечников необходимо создавать упрочненный поверхностный слой с повышенной твердостью и остаточными напряжениями сжатия, глубина которого должна превышать допустимую величину износа.

Авторским коллективом под руководством профессора А.Г. Лазуткина на специализированном предприятии ОАО «Муромский стрелочный завод» выполнен комплекс работ по упрочнению сердечников крестовины стрелочного перевода статико-импульсной обработкой.

В результате проведенных исследований установлено, что СИО стали 110Г13Л позволяет увеличить микротвердость поверхностного слоя в 3 раза, обеспечить глубину упрочненного слоя до 8...9 мм и более. При использовании в качестве инструмента стержневых роликов ширина упрочняемой за один проход поверхности составляет 15...40 мм, при этом глубина остаточной вмятины не превышает 0,1...0,12 мм.

Обработка каждой поверхности катания производится за один проход, производительность СИО достигает 460 мм/мин, обеспечивается снижение исходной шероховатости поверхности в 6 раз. Установлено, что статико-импульсное упрочнение сердечников отличается более высокой производительностью и низкой себестоимостью по сравнению с упрочнением термообработкой и взрывом.

После упрочнения СИО опытной партии сердечников крестовины Р65 типа 1/11 железнодорожных стрелочных переводов микротвердость наиболее изнашиваемой части клина и усювиков сердечников повысилась в 2,5 раза (от 260 до 640 НV), а глубина упрочненного слоя составила 8...9 мм.

Упрочненная СИО опытная партия сердечников крестовин железнодорожных стрелочных переводов была уложена на экспериментальную ветку под г. Одинцово Московской железной дороги

В результате эксплуатации упрочненных сердечников после пропущенного тоннажа 100 млн т брутто износ составил:

- клина сердечника в сечении 40 мм – 0;
- клина сердечника в сечении 20 мм – 4 мм (предел износа 6 мм);
- усювиков против сечения клина 20 мм – 3 мм (предел износа 6 мм).

Установлено, что более интенсивно происходит износ поверхности катания клина сердечника, чем усювиков. Следовательно, износ всего сердечника будет определяться в основном износом клина. Прогноз зави-

симости Низм.кл = $f(MT)$ показывает, что максимально допустимый износ сердечника наступит при износе клина 6 мм при пропущенном через него тоннаже 250 млн т брутто, что в 3 раза больше, чем установленные нормы работы сердечника.

Известно, изменение процесса механической обработки за счет усложнения кинематики относительного движения инструмента и обрабатываемой детали позволяет повысить эффективность процесса и получить новые, ранее не известные возможности. СИО является характерным подтверждением этого. Усложнения кинематики движения инструмента, разделения общей нагрузки на статическую и динамическую составляющие, использование для создания динамической нагрузки в очаге деформации волновых эффектов позволили многократно увеличить количество управляемых конструктивных, настроечных и технологических факторов, влияющих на результаты упрочнения.

В результате многократно возросли возможности управления процессом упрочнения обрабатываемого материала, появилась возможность создания гетерогенно- и гомогенноупрочненных поверхностных слоев всего лишь за счет варьирования значениями настроечных и технологических факторов.

Таким образом, несомненным достоинством СИО по сравнению с большинством известных способов упрочнения ППД является более близкое к поверхности расположение максимально упрочненных слоев.

УДК 62

**МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РОСТОМ ЧИСЛЕННОСТИ
МОЛЛЮСКА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЕМ АКТИВНЫХ ОБМОТОК
СТАТОРА АГРЕГАТА ВОЛЖСКОЙ ГЭС**

Лазарева Н.Г., Паршев С.С., Костин В.Е., Силаев А.А., Соколова Н.А.

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ, Волжский, e-mail: kandy.08@mail.ru

В статье предложена математическая модель для автоматической системы управления охлаждением активных обмоток статора агрегата Волжской ГЭС. Предложен способ определения зависимости численности моллюска дрейссена от температуры. Выполнено моделирование процесса обрастания водоводов на ЭВМ.

Ключевые слова: объект управления, автоматизированное рабочее место, мониторинг, модель в пространстве состояний

**MODEL OF MANAGERIAL PROCESS BY GROWTH OF NUMBER OF THE MOLLUSC
FOR THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF COOLING OF ACTIVE WINDINGS
STATORA OF THE UNIT OF THE VOLGA HYDROELECTRIC POWER STATION**

Lazareva N.G., Parshev S.S., Kostin V.E., Silaev A.A., Sokolova N.A.

Volzhsky Polytechnical Institute (branch) of VolgGTU, Volzhsky, e-mail: kandy.08@mail.ru

Mathematical model of the generator stator coil's automatic control cooling system for the Volzhsky hydroelectric station's devices is described. The way of the zebra mussel population's dependence on the temperature is offered. The process of waterway's fouling is simulated by the electronic computer.

Keywords: Object of the management, the automated workplace, monitoring, a model in the problem space

Надежность получения электроэнергии от агрегатов на Волжской ГЭС во многом зависит от работы системы охлаждения активных обмоток статора. Серьёзной проблемой, значительно снижающей эффективность работы системы охлаждения, на Волжской ГЭС является обрастание поверхностей технических водоводов и оборудования моллюском дрейссена.

Для предотвращения попадания в систему водоснабжения воздухоохладителей крупных твёрдых частиц, технологической схемой предусмотрено наличие четырёх фильтров на агрегат. Ячейки перфорированного стакана фильтра эффективно препятствуют попаданию в систему водоснабжения твёрдых частиц, размеры которых больше диаметра ячейки. Считается, что более мелкие частицы не должны создавать помех движению воды и беспрепятственно удаляются из системы вместе с отработанной водой. Проблема заключается в том, что значительную часть твёрдых частиц, попадающих в водоводы ГЭС, представляют собой живые объекты. В тёплый период года особенно велика вероятность попадания в системы технического водоснабжения различных гидробионтов. Большинство гидробионтов, попавших в систему водоснабжения, – погибает, часть гидробионтов, размеры которых меньше размеров ячеек перфорированного элемента фильтра, проходят систему «насквозь», но определённая часть гидробионтов может существовать

и даже активно размножаться внутри системы. Таким гидробионтом является двусторчатый моллюск дрейссена.

Попадания моллюсков в систему технического водоснабжения избежать практически невозможно ввиду того, что вода на охлаждение забирается непосредственно из водохранилища. Активность моллюска резко повышается в тёплый период года, особенно в весенние и летние месяцы, когда происходит нерест. Крупные моллюски, попавшие в систему, задерживаются в фильтре, но при нерегулярной очистке моллюск может закрепляться на внутренних поверхностях стакана фильтра и размножаться, создавая новые колонии, так как, являясь «фильтратором», не испытывает проблем с пищей, а вода, поступающая из водохранилища, насыщена кислородом и имеет оптимальную температуру.

Мелкие моллюски и тем более их личинки могут беспрепятственно проникать через фильтр в водоводы станции. В дальнейшем моллюски и их личинки могут оседать и закрепляться на поверхностях труб и теплообменных аппаратов. Наилучшими местами для закрепления являются застойные зоны, зоны течения с небольшими скоростями. Наименьшие скорости течения в системе создаются в фильтре и крышках воздухоохладителей. Колонизация моллюском крышек воздухоохладителей и трубных решёток приводит к уменьшению пропускной способности агрегата,

а следовательно, к повышению температуры обмоток статора. Процесс обрастания моллюском различных субстратов протекает в течение некоторого промежутка времени, прочность закрепления зависит от природы субстрата и количества нитей биссуса, которыми моллюск крепится к субстрату. В ходе наблюдений, проведенных в Волжском политехническом институте, установлено, что для закрепления моллюска на новом субстрате с помощью биссуса требуется около 7...10 сут, до этого моллюск удерживается на субстрате за счет мускула ноги. Нарастание биомассы моллюска может быть значительным, как установлено авторами в ходе исследования обрастания затворов верхнего бьефа ГЭС, оно может достигать 1,5...2 кг/м² за два месяца.

Надёжность работы системы технического водоснабжения может быть повышена за счет внедрения автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) очистки фильтров и прогрева воздухоохладителей. АСУТП на базе микропроцессорной техники позволяет с автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора-технолога контролировать состояние фильтров и теплообменных аппаратов всех гидроагрегатов.

Если не допускать закрепления моллюсков, то можно значительно уменьшить затраты на внеплановые остановы и ремонт оборудования, связанные с обрастанием моллюском. В фильтрах для очистки перфорированных элементов можно использовать механическую систему, включающуюся периодически по заданному алгоритму.

Для очистки крышек и трубных решёток воздухоохладителей можно применить периодический прогрев аппарата, который достигается временным исключением прогреваемого аппарата из проточной системы. При повышении температуры воды свыше 35...40 °С наблюдается быстрая, обычно в течение одного часа, гибель моллюска. При определённой периодичности прогрева может быть достигнута ситуация, при которой моллюски не будут успевать закрепляться с помощью биссуса, а не закрепившиеся моллюски, после включения в систему аппа-

рата, будут удалены потоком воды, так как закрепление с помощью мускула ноги при прогреве будет прекращено из-за гибели моллюска.

Для разработки АСУТП с заданными эксплуатационными свойствами необходимо составить математическую модель управления процессом обрастания и засорения элементов оборудования в переменных пространства состояний. Преимущество построения модели в таком виде обуславливается простотой реализации модели в цифровых системах управления [1].

В общем случае математическая модель системы в переменных пространствах состояний имеет вид (1; 2)

$$\frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t) + \Gamma r(t), \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t), \quad (2)$$

где $x(t)$ – n -мерный вектор параметров состояний; $u(t)$ – m -мерный вектор управляющих воздействий; $r(t)$ – k -мерный вектор возмущающих воздействий; $y(t)$ – l -мерный вектор выходов; A – матрица состояний системы размерности $n \times n$; B – матрица управлений размерности $n \times m$; Γ – матрица возмущений размерности $n \times k$; C – матрица выходов размерности $l \times n$; D – матрица компенсаций (обходов) размерности $l \times m$.

Модель строится с учетом ограничений на процесс охлаждения гидроагрегата, используя метод В-сплайнов для нахождения зависимостей роста численности моллюска от температуры.

В результате анализа сложной биологической системы на Волжской ГЭС было выявлено, что численность моллюска зависит в первую очередь от температуры воды, но найти её математическое описание практически невозможно [3].

Поэтому был выбран метод В-сплайнов для нахождения зависимостей роста численности моллюска по экспериментальным данным с помощью метода наименьших квадратов [2]. Для обрастания моллюском водоводов систем охлаждения обмоток гидроагрегата модель в пространстве состояний будет иметь вид (3):

$$\begin{cases} \dot{X}_k = X_{k-1} + \Delta t \cdot (A \cdot X_{k-1} + B \cdot U_{k-1} + C \cdot T_{k-1}); \\ N_k = H \cdot \dot{X}_k, \end{cases} \quad (3)$$

где X – выходная величина; y – выходной сигнал модели; H – матрица наблюдения; A, B – коэффициенты системы; U_{k-1} – фактор, зависящий от кислотности воды; T_{k-1} – фактор, зависящий от температуры.

Функциональную зависимость результирующей переменной от влияющего фактора можно описать В-сплайнами 1-го порядка (4):

$$N_k = \sum_{j=0}^m (F_{k,j} \cdot \beta_j), \quad (4)$$

где N_k – численность моллюска в момент времени t_k ; m – количество интервалов; F_{kj} – известные финитные функции переменной (В-сплайны 1-го порядка); β_0, \dots, β_m – неизвестные параметры, подлежащие определению на этапе параметрической идентификации математической модели анализируемого процесса, объединенные в вектор параметров.

При описании модели анализируемого процесса В-сплайнами 1-го порядка используем финитную функцию 1-го порядка:

$$F_{ki} = \begin{cases} 0, & \text{если } T \leq (j-1) \cdot t; \\ \frac{T - (j-1) \cdot t}{t}, & \text{если } (j-1) \cdot t \leq T \leq j \cdot t; \\ \frac{(j+1) \cdot t - T}{t}, & \text{если } j \cdot t \leq T \leq (j+1) \cdot t; \\ 0, & \text{если } T \geq (j+1) \cdot t, \end{cases} \quad (5)$$

где T – наблюдаемое (измеряемое) значение входной переменной в момент времени; k – температура; t – интервал непрерывности В-сплайна 1-го порядка – время.

Для нахождения оптимального набора параметров удобно использовать приемы матричной алгебры. С этой позиции реали-

зация метода наименьших квадратов выглядит следующим образом:

$$\beta = (F^T \cdot F)^{-1} \cdot F^T \cdot F. \quad (6)$$

В конечном виде математическая модель будет иметь вид:

$$\begin{cases} \dot{X}_k = X_{k-1} + \Delta t \cdot \left(\sum_{j=0}^m F_{k,j} \cdot \beta_j \right); \\ N_k = H \cdot \dot{X}_k. \end{cases} \quad (7)$$

Полученную модель процесса обрастания моллюском водоводов системы охлаждения можно использовать для нахождения оптимального времени температурного воздействия на моллюска с учётом эксплуатационных ограничений гидроагрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольцов А.С. Методы оптимизации и адаптивного управления в машиностроении: учеб. пособие. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2009. – 168 с.
2. Гольцов А.С., Капля В.И., Лясин Д.Н. Моделирование сложных систем: монография. – Волгоград: ВолгГТУ, 2007. – 177 с.
3. Каблов В.Ф., Соколова Н.А., Костин В.Е. Комплексное решение проблемы биообрастания оборудования и сооружений ГЭС // Перифитон и обрастание: теория и практика: материалы международной научно-практической конференции. – СПб., 22-25 октября 2008; СПб., 2008. – 214 с.

УДК 621.8

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ХОДОВЫХ ВИНТОВ НЕСООСНЫХ ВИНТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Лодыгина Н.Д., Лазуткина Н.А.

*Муромский институт ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет», Муром,
e-mail: kaftexmex@yandex.ru*

В результате аналитического решения задачи получены выражения для определения главных напряжений в любой точке винта с координатами z , φ , ρ от действующих силовых факторов. Установлена степень влияния неравномерности распределения нагрузки по роликам, погрешности положения роликов, конструктивных параметров винта на величину главных напряжений.

Ключевые слова: несоосный винтовой механизм, напряжение, силовой фактор

STRESS STATE OF LEAD SCREW OF MISALIGNED SCREW MECHANISMS

Lodigina N.D., Lazutkina N.A.

Murom Institute GOU VPO «Vladimir State University», Murom, e-mail: kaftexmex@yandex.ru

As a result analytical solution of problem are obtained expressions for determining the principal stresses at any point of screw with the coordinates z , φ , ρ from the acting power factors. Is established the degree of the influence of the nonuniformity of load distribution on the rollers, an error in the position of rollers, design parameters of screw on the value of principal stresses.

Keywords: misaligned screw mechanism, stress, power factors

В различных отраслях промышленности все более широкое применение находят несоосные винтовые механизмы, в том числе роликовые винтовые передачи (РВП), имеющие преимущество перед традиционными шариковыми винтовыми передачами по целому ряду параметров: редукции, коэффициенту полезного действия, точности, грузоподъемности и т.д. [1].

Детали НВМ в процессе эксплуатации подвергаются нестационарному повторно-переменному нагружению и выходят из строя в результате усталостного разрушения. С целью повышения долговечности сопрягаемые детали НВМ подвергают упрочняющей обработке. Для технологического обеспечения долговечности и качества передачи необходима информация о напряженном состоянии деталей, формирующемся в процессе эксплуатации НВМ [3].

Задача определения напряженного состояния сводится к расчету главных (экстремальных) напряжений от всех действующих силовых факторов в любой точке детали в произвольный момент времени [2]. Данные о значениях экстремальных напряжений в локальной области несущей детали НВМ в тот или иной момент времени являются основой расчета параметров спектра нагружения и глубины наиболее нагруженного несущего слоя. Сведения о спектре нагружения несущей поверхности дают возможность прогнозировать ее долговечность. Знание глубины несущего слоя позволяет предъявить научно обоснованные требования к величине, знаку и градиенту изменения технологических остаточных напряжений. Это

создает предпосылки выбора рационального технологического маршрута и режимов обработки несущей поверхности.

Наибольший интерес представляет расчет напряженного состояния наиболее сложной в технологическом отношении детали НВМ-ходового винта.

Напряженное состояние ходового винта формируется в результате силового взаимодействия сопрягаемых поверхностей винта и гайки (для простого НВМ) или винта и роликов (для РВП). В связи с фрикционным характером передачи движения в НВМ при рассмотрении силового взаимодействия контактирующих поверхностей необходимо учитывать суммарное влияние сил давления и трения, что не позволяет ограничиваться при решении формулами Герца.

Предлагается следующая методика поэтапного расчета главных напряжений:

- определение главных напряжений в каждой точке тела винта, вызываемых действием всех силовых факторов;
- учет возрастания величины главных напряжений в местах их концентрации – у основания винтового зуба;
- расчет главных контактных напряжений в поверхностном слое;
- оценка действующих полей напряжений в теле и на поверхности винта с учетом величины и знака технологических остаточных напряжений.

Ниже рассмотрена методика расчета главных напряжений, формирующихся в результате действия всех силовых факторов при эксплуатации РВП, являющейся наиболее общим случаем НВМ.

При расчете главных напряжений ходовой винт допустимо моделировать брусом круглого сечения с закрепленными в опорах концами. Рассматривается плоское напряженное состояние винта. Определяются главные напряжения, формирующиеся в результате взаимодействия полей напряжений изгиба, кручения, растяжения, сжатия и сдвига. Главные напряжения в любой точке винта можно определить, подставляя приведенные в таблице аналитические выражения в известные формулы [2]:

$$\sigma = \sigma_{M_x} + \sigma_{M_y} + \sigma_N; \quad (1)$$

$$\tau = \tau_{Q_x} \cdot \sin(\phi) + \tau_{Q_y} \cdot \cos(\phi) + \tau_{M_{\text{кр}}}; \quad (2)$$

при $z \leq z_{i1}$:

$$\frac{\sigma \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot Fa} = (-4) \cdot r \cdot Kz \cdot \sum_{j=1}^m [A \cdot \sin(\phi) + B \cdot \cos(\phi)] - 1; \quad (4)$$

$$\frac{\tau \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot Fa} = 2 \cdot r \cdot Kt + (5/9) \cdot Kd^{-1} \cdot \sum_{j=1}^m [A \cdot \cos(\phi) - B \cdot \sin(\phi)]; \quad (5)$$

при $z > z_{i1} + m \cdot (S/K)$:

$$\frac{\sigma \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot Fa} = 4 \cdot r \cdot (1 - Kz) \cdot \sum_{j=1}^m [A' \cdot \sin(\phi) + B' \cdot \cos(\phi)]; \quad (6)$$

$$\frac{\tau \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot Fa} = (5/9) \cdot Kd^{-1} \cdot \sum_{j=1}^m [A' \cdot \cos(\phi) + B' \cdot \sin(\phi)]; \quad (7)$$

при $z_{i1} \leq z < z_{i1} + m \cdot (S/K)$, $k = K \cdot (z - z_{i1}) / S$:

$$\frac{\sigma \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot Fa} = 4 \cdot r \cdot \left\{ (1 - Kz) \cdot \sum_{j=1}^k [A' \cdot \sin(\phi) + B' \cdot \cos(\phi)] - \right. \\ \left. - Kz \cdot \sum_{j=k+1}^m [A \cdot \sin(\phi) + B \cdot \cos(\phi)] \right\} - 1. \quad (8)$$

$$\frac{\tau \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot Fa} = [5 / (9 \cdot Kd)] \cdot \left\{ \sum_{j=1}^k [A' \cdot \cos(\phi) + B' \cdot \sin(\phi)] + \right. \\ \left. + \sum_{j=k+1}^m [A \cdot \cos(\phi) - B \cdot \sin(\phi)] \right\} + 2 \cdot r \cdot Kt, \quad (9)$$

где z_{i1} – линейная координата первой точки контакта винта с i -м роликом; S – шаг резьбы ролика; K – число заходов резьбы ролика.

В несоосной винтовой паре при постоянной осевой нагрузке на винт, составляющие ее переменны [1]. Входящие в формулы (4)–(9) и таблицу радиальная Fr и тангенциальная Ft составляющие нагрузки в контакте сопрягаемых деталей РВП могут быть выражены через осевую Fa составляющую векторной суммы сил давления и трения: $Fr = Fa \cdot Kr$; $Ft = Fa \cdot Kt$. Проведенные исследова-

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\sigma}{2} \pm \left(\left(\frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau^2 \right)^{0,5}. \quad (3)$$

Качественную оценку напряженного состояния, выявление характера зависимости $\sigma_{\max, \min}$ от переменных величин вне связи с конкретными конструктивными параметрами удобно производить, оперируя безразмерными коэффициентами, диапазон изменения которых заранее известен: $r = 2p/d$; $Kd = L/d$; $Kz = z/L$; $Kz_{ij} = z_{ij}/L$. При этом значения r , Kz , Kz_{ij} лежат в диапазоне от 0 до 1 включительно, а Kd много больше единицы. Выполнив преобразования, переходя в формулах (1), (2) к безразмерным коэффициентам, получим:

ования показали, что Kr и Kt принимают значения в диапазонах: $0,45 \leq Kr \leq 1,17$; $0 \leq Kt \leq 0,57$, причем наибольшим значениям Kr соответствуют средние и малые значения Kt , а наибольшим Kt – средние и малые Kr . Наибольшая величина главных напряжений соответствует максимальным значениям Kr и Kt , поэтому для расчетов целесообразно принять $Kr = 1,2$ и $Kt = 0,6$.

В формулах использованы следующие обозначения: L – длина ходового винта; d – диаметр винта; $\xi_{ij} = (1/m) \cdot [(1/n) \pm \Delta\xi_i] \pm \Delta\xi_j$ – доля на-

грузки, воспринимаемая j -й точкой контакта винта с i -м роликом; n – количество роликов; m – количество точек контакта одного ролика с винтом; ρ , ϕ , z – полярные и линейная координаты точки, в которой определяются напряжения; $\rho = d/2$, $\beta_{ij} = (360/n) \cdot i \pm \Delta\beta_{ij}$, z_{ij} – полярные и линейная координаты точек контакта винта с j -й точкой контакта винта с i -м роликом (точки приложения нагрузки).

Нулевые точки для ρ находятся на оси вращения ходового винта, углы ϕ и β_{ij} отсчитываются от оси x против часовой стрелки, а z и z_{ij} – от левого торца винта.

Подставляя (4)–(9) в (3) и учитывая, что $i = f(t)$, где t – время, можно получить формулы для определения главных напряжений от всех действующих силовых факторов в любой точке детали в произвольный момент времени.

Формулы для определения напряжений в ходовом винте от силовых факторов

При $Z_1 \leq Z$	При $Z_1 > Z$
$\sigma_{Mx} = (-32) \cdot (\pi \cdot d^3)^{-1} \cdot Fa \cdot \rho \cdot \frac{z}{L} \cdot \sin(\phi) \cdot A$	$\sigma'_{Mx} = 32 \cdot (\pi \cdot d^3)^{-1} \cdot Fa \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{z}{L}\right) \cdot \sin(\phi) \cdot A$
$\sigma_{My} = (-32) \cdot (\pi \cdot d^3)^{-1} \cdot Fa \cdot \rho \cdot \frac{z}{L} \cdot \cos(\phi) \cdot B$	$\sigma'_{My} = 32 \cdot (\pi \cdot d^3)^{-1} \cdot Fa \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{z}{L}\right) \cdot \cos(\phi) \cdot B$
$\sigma_N = 4 \cdot (\pi \cdot d^2)^{-1} \cdot Fa$	$\sigma'_N = 0$
$\tau_{Qx} = (-20) \cdot (9 \cdot \pi \cdot d^2)^{-1} \cdot Fa \cdot B$	$\tau'_{Qx} = 20 \cdot (9 \cdot \pi \cdot d^2)^{-1} \cdot Fa \cdot B$
$\tau_{Qy} = 20 \cdot (9 \cdot \pi \cdot d^2)^{-1} \cdot Fa \cdot A$	$\tau'_{Qy} = 20 \cdot (9 \cdot \pi \cdot d^2)^{-1} \cdot Fa \cdot A$
$\tau_{M_{кр}} = 16 \cdot (\pi \cdot d^3)^{-1} \cdot Fa \cdot \rho \cdot Kt$	$\tau'_{M_{кр}} = 0$
$A = \sum_{i=1}^n \xi_{ij} \cdot \left[\begin{array}{l} \sin(\beta_{ij}) + \frac{2 \cdot L}{d} \cdot \left(1 - \frac{z_{ij}}{L}\right) \times \\ \times (Kt \cdot \cos(\beta_{ij}) + Kr \cdot \sin(\beta_{ij})) \end{array} \right]$	$A' = \sum_{i=1}^n \xi_{ij} \cdot \left[\begin{array}{l} \sin(\beta_{ij}) - \frac{2 \cdot L}{d} \cdot \left(\frac{z_{ij}}{L}\right) \times \\ \times (Kt \cdot \cos(\beta_{ij}) + Kr \cdot \sin(\beta_{ij})) \end{array} \right]$
$B = \sum_{i=1}^n \xi_{ij} \cdot \left[\begin{array}{l} \cos(\beta_{ij}) - \left(\frac{2 \cdot L}{d}\right) \cdot \left(1 - \frac{z_{ij}}{L}\right) \times \\ \times (Kt \cdot \cos(\beta_{ij}) - Kr \cdot \sin(\beta_{ij})) \end{array} \right]$	$B' = \sum_{i=1}^n \xi_{ij} \cdot \left[\begin{array}{l} \cos(\beta_{ij}) + \frac{2 \cdot L}{d} \cdot \left(1 - \frac{z_{ij}}{L}\right) \times \\ \times (Kt \cdot \cos(\beta_{ij}) - Kr \cdot \sin(\beta_{ij})) \end{array} \right]$

В результате численного эксперимента и анализа взаимного влияния ϕ , r , Kd , Kz , Kz_{ij} , $\Delta\beta_{ij}$, $\Delta\xi_{ij}$, для $K\sigma = (\sigma_{\max, \min} \cdot \pi \cdot d^2)^{1/3} / (4 \cdot Fa)$ установлено, что:

– зависимость $K\sigma$ от Kd мало отличается от линейной, чем больше величина Kd , тем большие значения принимает $K\sigma$ при прочих равных условиях;

– главные напряжения имеют максимум на поверхности винта и убывают линейно по направлению к оси вращения;

– величина погрешности положения роликов в диапазоне $\Delta\xi_{ij} = 3$ оказывает значи-

тельно меньшее влияние на величину $K\sigma$, чем неравномерность распределения нагрузки по роликам $\Delta\xi_{ij}$;

– изменение неравномерности распределения нагрузки от нуля до максимума (для простого НВМ) приводит к увеличению $K\sigma$ в 2,3 раза.

Исследования показали, что для определения экстремальных значений напряжений на поверхности и на глубине h ($h = 0,5 \cdot d - \rho$) винта несоосного винтового механизма с целью облегчения расчетов может быть предложена инженерная формула вида:

$$\sigma_{\max, \min} = 8 \cdot (\pi \cdot d^3)^{-1} \cdot [1 - (2 \cdot h) / d] \cdot L \cdot Fa \cdot K_{\xi}, \quad (8)$$

где K_{ξ} – коэффициент, характеризующий неравномерность распределения нагрузки по

роликам в РВП, изменяющийся в диапазоне 0,2–2,3.

Предложена методика расчета напряженного состояния ходовых винтов НВМ [4, 5]. В результате аналитического решения задачи получены выражения для определения главных напряжений в любой точке винта с координатами z , φ , ρ от действующих силовых факторов. Установлена степень влияния неравномерности распределения нагрузки по роликам, погрешности положения роликов, конструктивных параметров винта на величину главных напряжений. Предложена инженерная формула для расчета экстремальных эксплуатационных напряжений.

В экспериментальном исследовании применялась стандартная прямоугольная розетка датчиков для определения деформаций по трем направлениям. После определения деформаций перешли к компонентам напряженного состояния в упругой области, воспользовавшись законом Гука.

Образец изготовлен из стали, он имитировал ходовой винт НВМ. Для более точного определения напряжений нагрузку прикладывали ступенями.

Построены графики теоретических и экспериментальных данных по методу тензоме-

трии. Расхождение между экспериментальными и теоретическими значениями главных и расчетных напряжений составляет не более 5 %. Незначительное расхождение между экспериментальными и теоретическими значениями главных напряжений позволяет считать разработанную методику достаточно точной и рекомендовать ее для расчета напряженного состояния ходовых винтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушенин Д.В. Несоосные винтовые механизмы. – М.: Машиностроение, 1985. – 112 с.
2. Бушенин Д.В., Киричек А.В., Лодыгина Н.Д. Исследование и расчет напряжений и деформаций ходового винта РВП // Зубчатые передачи – 96. Проблема обеспечения надежности и качества зубчатых передач: Тез. Междунар. научн.-практ. конф. – СПб., 1996. – С. 26.
3. Киричек А.В. Повышение долговечности роликовых винтовых передач технологическими методами // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в промышленности: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Одесса, 4-6 сентября 1996. – Одесса: УДЭНТЗ, 1996. – С. 69–70.
4. Лодыгина Н.Д., Зелинский В.В., Курасов Е.В. Напряженное состояние ходового винта при неравномерном распределении нагрузки в РВП // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 2. – С. 52–52.
5. Шарапов Р.В., Лодыгина Н.Д. Расчет напряжений деталей несоосного винтового механизма // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 5. – С. 70–71.

УДК 519.863

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА МОЛКОМБИНАТЕ

Остроух Е.Н., Бычков А.А., Золотарев А.А.

Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону, email: eostr@donpac.ru

В работе рассмотрены проблемы влияния экологических издержек на экономические показатели молочного предприятия, предложена обобщающая стохастическая модель, позволяющая рассчитывать параметры и коэффициенты для нахождения различного типа экологических затрат.

Ключевые слова: экология, экономический эффект, экологические затраты, стохастическая модель, регрессия, безотходная переработка

OPTIMIZATION OF ECOLOGICAL COSTS ON MILK SYN

Ostroukh E.N., Bychkov A.A., Zolotarev A.A.

Southern Federal university, Rostov-on-Don, email: eostr@donpac.ru

In this paper syn the problems effect of ecological costs on economic indexes of milk syn, suggested generalize stochastic model, which syn parameters and coefficients for finding different type ecological costs.

Keywords: ecology, economic effect, ecology costs, stochastic model, regression, wasteless processing

При функционировании предприятия молочной промышленности выпуск различного вида продукции, а часто и продукции одинаковой номенклатуры производится по различным технологиям. Технологии предполагают различную глубину переработки исходного сырья (молока). В некоторых случаях используется лишь порядка 20% сырья, остальное (сыворожка) сливается в водосливные источники, в том числе и в канализацию, существенно загрязняя водослив. По законодательству предприятия имеют квоты на степень загрязнения окружающей среды, за что ими производится оплата штрафов на очистные мероприятия, которые выплачиваются из прибыли предприятий; за превышение предельно допустимых норм выброса налагаются дополнительные штрафные санкции.

Выброс в воздушную среду также влечет за собой выплату существенных штрафов. Помимо этого, имеются также и твердые составляющие выбросов, которые подлежат утилизации или захоронению. В сумме выплаты за загрязнение окружающей среды могут достигать существенной величины, что увеличивает себестоимость выпускаемой продукции, снижает рентабельность производства. Очевидно, что объем загрязняющих отходов линейно зависит от количества выпускаемой продукции (разумеется, что речь идет не о безотходном производстве). Вследствие этого очевидно, что при функционировании молочного предприятия следует учитывать экологические затраты.

Экологические компоненты экономико-экологической модели предприятия, их качественная и количественная оценки достаточно подробно и логично отражены в работах [1–4]. Так, платежи за предельно

допустимые выбросы, сбросы загрязняющих веществ в водную и воздушную среду, размещение отходов включаются в себестоимость продукции, а платежи за их превышение производятся из чистой прибыли предприятия.

Приведем некоторые формулы, с помощью которых можно оценить уровень этих издержек.

Общий экономический эффект на предприятии вычисляется по формуле:

$$\Xi_o = \Pi_{\text{ч}} + \Xi_{\text{с-э}}, \quad (1)$$

где $\Pi_{\text{ч}}$ – дополнительная прибыль, которая остается в распоряжении предприятия; $\Xi_{\text{с-э}}$ – социально-экономический эффект – затраты, покрываемые частично за счет доходов, не связанных с основными видами деятельности, налоговыми льготами, средствами государственного экологического фонда.

Объем выручки от реализации продукции составляет:

$$B = \sum_{i=1}^n \Pi_{\text{отп}i} Q_{pi}, \quad (2)$$

где $\Pi_{\text{отп}i}$ – отпускная цена единицы продукции i -го вида; Q_{pi} – объем реализованной продукции i -го вида; n – номенклатура.

$$\Pi_{\text{отп}i} = C_{\text{ни}} + \Pi_{\text{пр}i} + \text{НДС}_i, \quad (3)$$

где $C_{\text{ни}}$ – полная себестоимость единицы реализованной продукции i -го вида (текущие затраты на производство и реализацию единицы продукции); $\Pi_{\text{пр}i}$ – плановая прибыль; НДС_i – налог на добавленную стоимость.

Валовая прибыль предприятия составляет:

$$\Pi_{\text{в}} = B - \sum_{i=1}^n (C_{\text{ни}} + \text{НДС}_i). \quad (4)$$

коэффициенты оплаты выросли в сотни раз [1, 3, 4]. Имеется базовые нормативы платы на единицу массы по 198 ингредиентам, сбрасываемым в водные объекты. Если рентабельность предприятия не более 25%, то максимальный процент штрафных санкций от прибыли за экологические нарушения составляет 20%, при рентабельности 25–50% уже 50%, а свыше 50% увеличивается до 70%.

Проведя анализ экономико-экологических показателей работы молочного комбината можно сделать вывод о том, что экологические издержки весьма влияют на эффективность производства, рентабельность и себестоимость продукции. Установка современных очистительных сооружений весьма дорога. Поэтому можно сделать вывод о том, что ресурсы, затрачиваемые на экологические издержки, нужно перенаправить на закупку оборудования для безотходного производства продукции из вторичного сырья (сыворожки), которое минимизирует потери от экологических затрат. По форму-

лам (8)–(11) можно подсчитать эти потери, приплюсвав выигрыш от реализации новой продукции из сыворожки, и постепенно приобретать новое оборудование, технологии безотходного производства для отдельных продуктов, в перспективе перейдя к полной безотходной переработке молока.

Работа поддержана ЦКП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов А.Е., Хашин С.М., Зозуля Д.М. Экономическое обоснование инженерных решений по защите окружающей среды: учебно-методическое пособие. – Ростов н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 97 с.
2. Сафронов А.Е., Шипилова Т.В., Соколова М.С. Экономическое обоснование проектов по инженерной защите окружающей среды: учебное пособие. – Ростов н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2002. – 77 с.
3. Экология и экономика природопользования: учебник для вузов / под ред. Э.В. Гирусова, В.Н. Лопатина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, Единство, 2003. – 519 с.
4. Нестеров П.М., Нестеров А.П. Экономика природопользования и рынок: учебник для вузов. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1997. – 413 с.

УДК 621.798.34

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕПРОЕКТНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОЦЕССА ФАСОВКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Сердобинцев Ю.П., Макаров А.М.

ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», e-mail: app@vstu.ru

Приведен аналитический обзор сыпучих материалов, устройств и способов их расфасовки, а также классификация тары и упаковки, в которую могут быть расфасованы эти продукты. Предложена структурная схема информационно-технологической среды предпроектной подготовки расфасовочного производства, это позволит осуществлять выбор рациональных устройств для расфасовки сыпучих материалов с учетом их свойств и вида расфасовочной тары.

Ключевые слова: сыпучий материал, предпроектная подготовка производства, расфасовка

UPGRADING OF PACKING PROCESS PRE-PROJECT OF LOOSE MATERIALS IN THE INFORMATION TECHNOLOGY ENVIRONMENT

Serdobintsev Yu.P., Makarov A.M.

Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: app@vstu.ru

Analytical review of the bulk materials, devices and methods for their packaging is carried out. Classification of packaging in which bulk products can be packaged is presented. Block diagram of the information technology environment of packaging production pre-project is proposed. This will enable selection of rational devices for packaging of bulk materials based on their properties and types of packing containers.

Keywords: bulk material, pre-project production, packaging

Сыпучие материалы получили широкое распространение в отраслях пищевой (сухое молоко, сахар, мука, крупы, орехи, бобовые и т.д.), химической (минеральные и органические удобрения, пестициды, антигололедные реагенты, порошки, гранулированные смеси и др.) промышленности, в строительстве (песок, щебень, гравий, цемент, керамзит, гидротационные (вяжущие) вещества и т.д.), сельском хозяйстве (зерновые, масленичные культуры, корма для животных и др.), а также в повседневной жизни человека. Ежегодно в России всеми видами транспорта перевозится более 5 млрд т сыпучих грузов. Больше половины из них требуют защиты от атмосферного воздействия и перевозятся в закрытых транспортных средствах или в специальной транспортной таре (мешки, бочки, контейнеры и др.). На долю грузов в мешках приходится 40% всех сыпучих материалов, перевозимых в таре. Для поставки сыпучих продуктов конечному потребителю также используются специальные виды потребительской тары (пакеты, коробки, эластичная пленка, банки и др.).

Важным этапом в транспортно-технологических схемах доставки сыпучих материалов от производителя к конечному потребителю является процесс расфасовки в различные виды тары и упаковки. При подготовке расфасовочного производства необходимо учитывать несколько важных факторов. Все сыпучие вещества, как правило, сильно пылящие, иногда взрывоопасные и токсичные. Для человека присутствие на операциях расфасовки такой продукции яв-

ляется вредным для здоровья, утомительным и травмоопасным. Поэтому данные операции стараются полностью или частично автоматизировать. Очевидно, что все сыпучие материалы различаются по ряду свойств, например: плотность (средняя, насыпная и т.д.), пористость, пылевыведение, физико-химические, гранулометрические, гидро- и теплофизические свойства, взрывоопасность, токсичность и т.д. Причем показатели этих свойств могут довольно сильно варьироваться даже для одного и того же материала в различных его состояниях, что влияет на качество расфасовочного процесса.

Для повышения качества функционирования какого-либо технологического процесса его следует рассматривать в совокупности от начала до конца, при этом необходимо учитывать влияние различных факторов на процесс в целом [2].

Предпроектная подготовка расфасовочного производства включает в себя несколько этапов: определение вида и основных свойств данного сыпучего материала (или группы материалов), выбор расфасовочной тары (вид, номенклатура, вместимость), подбор дозирующих устройств, решение вопроса подачи расфасовочной тары под дозирующее устройство (вручную или автоматизированно), контроль процесса наполнения, закупоривания и отгрузки.

Для дозирования сыпучих материалов можно применять большой спектр различных механизмов, среди которых устройства дискретного и непрерывного действия, весовые и объемные дозаторы. Существуют устрой-

ства для дозирования хорошо сыпучих или склонных к слипанию веществ, одно-, двух- и многосекционные дозаторы, с приводами различного действия и без привода.

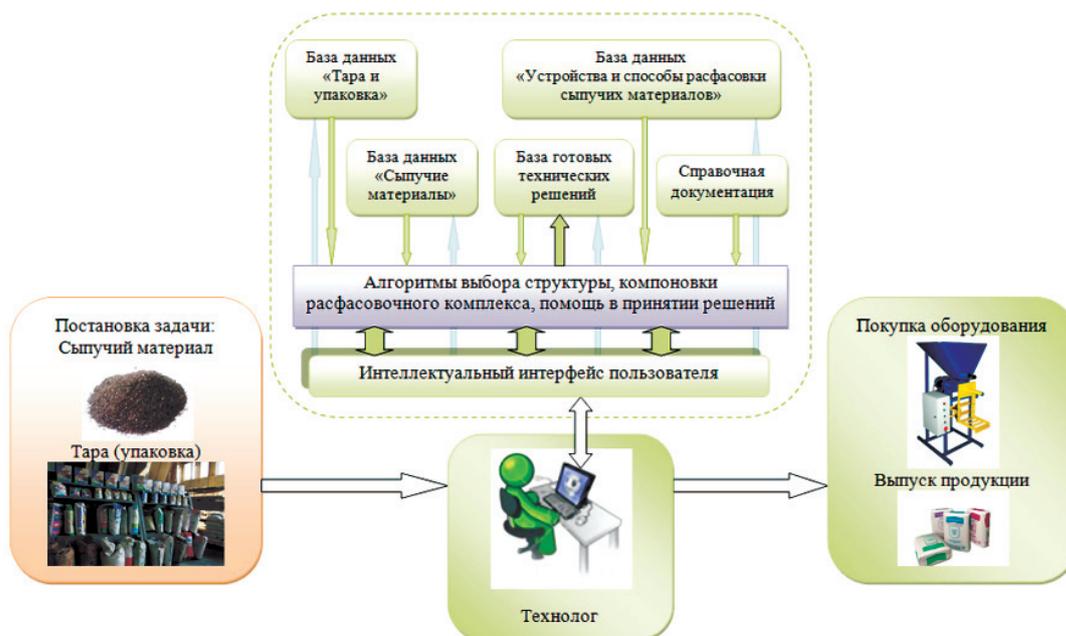
Что касается жесткой и полужесткой расфасовочной тары (банки, ящики и др.), то процесс автоматического ее наполнения сыпучим материалом реализован, и на рынке расфасовочных комплексов широко представлены данные устройства. Нежесткая расфасовочная тара (например, мешки из различных материалов) неудобна с точки зрения автоматического манипулирования, поэтому, ее раскрытие, как правило, осуществляется рабочим. Но есть устройства, позволяющие автоматически раскрывать тару. Также существуют захватные устройства, позволяющие ее удерживать в процессе расфасовки на загрузочном патрубке. Рычажно-шарнирные захватные устройства [1] являются универсальными и могут использоваться не только для раскрытия расфасовочной тары, но и для ее удержания при наполнении, а также последующего закрытия для прошивки (с помощью специальных прошивочных машин). Существуют устройства, позволяющие захватывать загрузочную тару из бункера, раскрывать ее и подавать под патрубок наполнительного устройства, но они не получили широкого применения в действующем производстве из-за их сложности и невысокой надежности в плане удержания расфасовочной тары в процессе расфасовки сыпучего материала.

Огромное разнообразие сыпучих материалов, большая номенклатура расфасо-

вочной тары и отсутствие классификации устройств и способов расфасовки делают задачу выбора рациональной структуры расфасовочного комплекса практически невыполнимой. А неправильно подобранная расфасовочная линия сказывается на экономической, экологической и технологической целесообразности ее работы.

Использование информационно-технологической среды позволяет перенести процесс предпроектной подготовки расфасовочного производства в другую плоскость. Так, для выбора рациональных устройств, учитывающих свойства сыпучих материалов и расфасовочной тары, предлагается использовать консультирующую систему, помогающую технологу делать выбор.

На рисунке представлена структура информационно-технологической среды предпроектной подготовки расфасовочного производства, которая содержит пополняемую базу данных существующих сыпучих материалов и их основных свойств, при этом свойства заданы в определенном ограничительном интервале. База данных «тара и упаковка» содержит все виды тары из различных нежестких материалов (согласно классификации), используемые на производстве для упаковки сыпучих продуктов. При этом каждому виду тары соответствуют ее габариты, допустимая максимальная масса и плотность расфасовываемого вещества. База данных устройств и способов расфасовки содержит дозирующие механизмы, захватные устройства и способы удержания тары, закупорочные и прошивочные устройства.



Информационно-технологическая среда предпроектной подготовки расфасовочного производства

База готовых технических решений содержит расфасовочные комплексы, применяемые на производстве, формируется и дополняется в процессе работы системы и содержит известные способы решения поставленных ранее задач, а также рекомендации по выбору того или иного устройства для расфасовки. Для помощи в принятии решения используются алгоритмы выбора структуры и компоновки расфасовочного комплекса, основанные на целевой функции, включающей приведенные удельные затраты на упаковку одной единицы продукции и учитывающей экономические, экологические, технологические факторы и справочную документацию. Оператор-технолог общается с автоматизированной системой с помощью интеллектуального интерфейса пользователя. Выбрав из предложенного списка вид сыпучих материалов (или его предполагаемые свойства) и требуемую тару, на выходе он получает предлагаемые варианты готовой структуры

расфасовочного комплекса, отвечающие заданным условиям.

Использование информационно-технологической среды подготовки технологического процесса расфасовки сыпучих материалов в нежесткую тару позволит уже на этапе предпроектной подготовки производства принимать правильные решения при выборе рациональной структуры расфасовочного комплекса, основанные на технологических, экономических и экологических критериях, что повышает эффективность функционирования всего расфасовочного производства в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабинович Л.А., Брискин Е.С., Макаров А.М. Автоматизация подачи мешков из ткани на рабочие позиции фасовочного оборудования // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. – №11. – С. 35–39.
2. Сердобинцев Ю.П., Бурлаченко О.В., Схиртладзе А.Г. Перспективные направления повышения качества функционирования технологического оборудования. – Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2010. – 412 с.

УДК 624.01/07

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-СТЕКЛОВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Стородубцева Т.Н., Стородубцев С.А., Федянина Н.В.

ГОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж,
e-mail: rivenelasoul@mail.ru

В статье перечислены результаты исследований строительных композиционных материалов, состоящих из компонентов, отличающихся по своим генезису и свойствам, предлагаемых для объектов специального назначения на транспорте.

Ключевые слова: композиционные материалы, морозостойкость, модуль упругости, пластические деформации

THE QUESTION OF INCREASING THE STRENGTH OF COMPOSITE MATERIAL

Storodubtseva T.N., Storodubtsev S.A., Fedyanina N.V.

Voronezh State Academy of Forestry Engineering and Technologies, Voronezh,
e-mail: rivenelasoul@mail.ru

The article lists the results of studies of construction of composite materials consisting of components that differ in their genesis and properties proposed for sites of special purpose transport.

Keywords: composite materials, frost resistance, modulus of elasticity, plastic deformation

Учитывая острую необходимость повышения экономической эффективности широкого использования техногенных продуктов лесного комплекса, химической промышленности и местного сырья, основное внимание было уделено разработке стекло- и древесно-стекловолоконистых композиционных материалов (СВКМ, ДСВКМ), главные исходные компоненты которых отличались по своим генезису и свойствам.

В изделиях и конструкциях, при строительстве промышленных и транспортных объектов специального назначения достаточно широко применяются различные композиционные материалы (КМ), вид которых определяется реализуемыми технологическими процессами создаваемых производств и условиями их эксплуатации.

Стремление соединить в КМ давно известные вяжущие (цемент, известь, сера) и древесину в единый монолит не привело к созданию высокопрочных долговечных композитов. Общие причины несовместимости отвержденных минеральных вяжущих и древесины состоят в том, что эти материалы склонны насыщаться водой, которая может вызвать гниение древесины, инициировать выделение ею веществ (сахара), способных ингибировать процесс отверждения, например, цементного теста, а также разрушить любую матрицу под действием вызванного ею давления стесненного набухания.

Были приняты все меры для борьбы с этими явлениями, чтобы увеличить прочность КМ при изгибе, снизить ползучесть, увеличить долговечность, т.е. использовать их для лесовозного транспорта.

Результаты первых эксплуатационных испытаний показали, что в ряде случаев под

действием атмосферных осадков на поверхности шпал из ДСВКМ появлялись микротрещины, одной из причин возникновения которых могло быть давление стесненного набухания высушенного древесного наполнителя. Появлялись они и во время технологического прогрева отливок шпал, и под влиянием других физических факторов.

В связи с этим встала острая необходимость более тщательно рассмотреть все причины, вызывающие процесс трещинообразования, в первую очередь влияния воды, устранить их и тем самым обеспечить решение проблемы долговечности элементов конструкций верхнего строения железнодорожного пути из ДСВКМ в течение заданного срока (40 лет) эксплуатации для того, чтобы они могли конкурировать с деревянными и железобетонными шпалами и нашли свою достаточно емкую нишу на рынке сбыта.

Были рассмотрены основные структурообразующие компоненты ДСВКМ и установлены их достоинства и недостатки.

Теоретический анализ

Водопоглощение КМ на смолах (ФА, ФАМ), полученных на основе отходов древесины, осуществляется за счет диффузирования молекул воды в пространство между участками и звеньями сжатых макромолекул полимера, в результате чего возникает пластифицирующий эффект, снижающий их прочность более, чем на 50%, и, в особенности, жесткость – на 60%, происходит растворение компонентов связующего и уменьшение сил адгезии в контактной зоне полимер-наполнитель. Отвержденные мастики и растворы на этих смолах так же,

как и древесина, склонны к набуханию, при этом в КМ возникают влажностные напряжения, не одинаковые по величине и знаку. Таким образом, полимерная матрица ДСВКМ не гарантирует защиту заключенной в ней древесины и сама, следовательно, нуждается в защите от действия воды.

Таким образом, встала глобальная задача: в материале шпал не должно возникать трещин при любых видах и сочетаниях перечисленных воздействий.

В ходе ее решения вначале были исследованы зависимости основных механических характеристик полимерной песчаной матрицы ФАМ от содержания в

ней модифицирующих наполнителей (графитовая мука, мука из пиритных огарков), замедлителя реакции кристаллизации бензолсульфокислоты и армирующих наполнителей ДСВКМ (стеклосетка и кусковые отходы переработки древесины – щепа). В подавляющем большинстве случаев эти зависимости (рис. 1) были представлены полиномами третьей степени, что подтверждалось минимальными значениями сумм квадратов отклонений и возможностью количественно и качественно оценить физический смысл процессов при формировании микро- и макроструктуры, включая армирование, КМ.

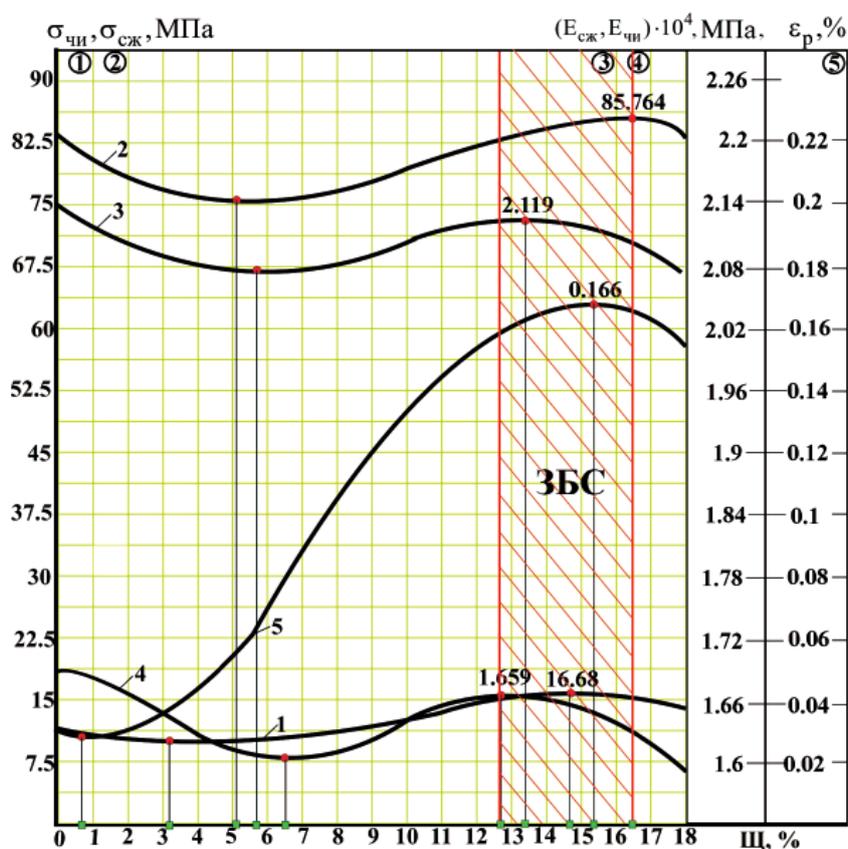


Рис. 1. Зависимости физико-механических свойств от количества основных структурообразующих компонентов (щепа) в составе полимерной матрицы ДСВКМ

На основании проведенных исследований впервые получен теоретический модифицированный состав ДСВКМ, ставший после некоторой корректировки производственным (табл. 1), и его механические характеристики (табл. 2). В ней достаточно явно просматривается роль синергетических эффектов взаимодействия различных структурообразующих компонентов этого материала, вводимых в состав порознь и одновременно, что позволило регулировать их количество в нем с позиций достижения необходимых характеристик конечного

композиата (ДСВКМ) и экономической целесообразности.

Совершенно очевидно, что такое состояние в шпале под действием эксплуатационных и других факторов будет уже не линейным, а объемным.

В итоге напрашивалась идея проведения анализа напряженного и деформированного состояния возникающего в объеме ДСВКМ (рис. 2). Для этого нам не хватало экспериментальных данных. Впервые исследовались упругие характеристики примененной древесины – модули упругости и коэффи-

циенты Пуассона с учетом анизотропии ее свойств. Находили их отношения – коэффициентов Пуассона к соответствующим модулям упругости. Это надо было сделать потому, что литературные данные по значе-

ниям этих характеристик и, следовательно, отношениям крайне разноречивы, поэтому они не были равны между собой, а только их равенство характеризует древесину как ортотропное тело.

Таблица 1

Модифицированный состав ДСВКМ, армированный кусковыми отходами переработки древесины и щебнем на одно изделие объемом 0,12 м³ на основе патента № 2215705

Компоненты ДСВКМ, К _i	Состав		Масса – P _i компонента в изделии	Содержание компонентов P _i в 1 м ³
	м.ч.	% по массе – M _i		
ФАМ	6,0	14,63	27,8	232
БСК	1,5	3,66	6,8	57
П (мк = 1,2)	17,5	42,69	81,1	676
Гр	0,8	1,95	3,6	30
ПО	1,2	2,92	5,8	48
СС	0,5	1,22	2,4	20
Щ + ОММ	4,0	9,76	18,5	164 (0,31 м ³)
ЩБ	9,5	23,17	44,0	367
Итого:	41 м.ч.	100 %	P _и = 190 кг	P _i = 1594 кг ≈ 1600 кг

Таблица 2

Физико-механические характеристики составов ДСВКМ по патенту № 2215705

Показатели	Результаты экспериментов композиционного материала по составам			
	1	2	3	4
Предел прочности, МПа при:				
сжатии	36,0	40,025	38,0	38,0
изгибе	25,0	30,0	29,0	28,0
скалывании	8,7	9,0	8,9	8,8
Модуль упругости ×10 ⁴ , МПа при:				
сжатии	1,30	1,30	1,40	1,40
изгибе	1,38	1,44	1,39	1,45
Предел выносливости при сжатии, МПа	37,0	39,0	39,0	36,0
Коэффициент стойкости в воде	0,64	0,72	0,70	0,68
Морозостойкость, цикл.	370	420	440	425

Методика

За объект исследования был впервые выбран кубик из древесины сосны, грани которого совпадали с плоскостями ее упругой симметрии, покрытый условно изотропной оболочкой из СВКМ. Использовался обобщенный закон Гука для ортотропных тел. При подстановке полученных соотношений характеристик упругости древесины и известных ее модулей сдвига получили рабочее уравнение этого закона.

Обобщенный закон Гука для главных направлений ортотропного тела принят в виде:

$$\epsilon_r = \frac{1}{E_r} \sigma_r - \frac{\mu_{ra}}{E_a} \sigma_a - \frac{\mu_{rt}}{E_t} \sigma_t; \quad \gamma_{ra} = \frac{1}{G_{ra}} \tau_{ra};$$

$$\epsilon_a = \frac{1}{E_a} \sigma_a - \frac{\mu_{ar}}{E_r} \sigma_r - \frac{\mu_{at}}{E_t} \sigma_t; \quad \gamma_{at} = \frac{1}{G_{at}} \tau_{at};$$

$$\epsilon_t = \frac{1}{E_t} \sigma_t - \frac{\mu_{tr}}{E_r} \sigma_r - \frac{\mu_{ta}}{E_a} \sigma_a; \quad \gamma_{tr} = \frac{1}{G_{tr}} \tau_{tr}.$$

К данным равенствам добавляются три соотношения:

$$\frac{\mu_{ra}}{E_a} = \frac{\mu_{ar}}{E_r}; \quad \frac{\mu_{tr}}{E_r} = \frac{\mu_{rt}}{E_t}; \quad \frac{\mu_{ta}}{E_t} = \frac{\mu_{at}}{E_a}.$$

Получена рабочая система уравнений

$$\begin{cases} 16,66\sigma_r - 0,50\sigma_a - 8,82\sigma_t = \epsilon_r \cdot 10^4 \\ -0,50\sigma_r + 1,0\sigma_a - 0,59\sigma_t = \epsilon_a \cdot 10^4 \\ -8,82\sigma_r - 0,59\sigma_a + 19,61\sigma_t = \epsilon_t \cdot 10^4 \end{cases}$$

Нормальные и касательные напряжения возникают под действием температуры, усадки и воды (всестороннего увлажнения).

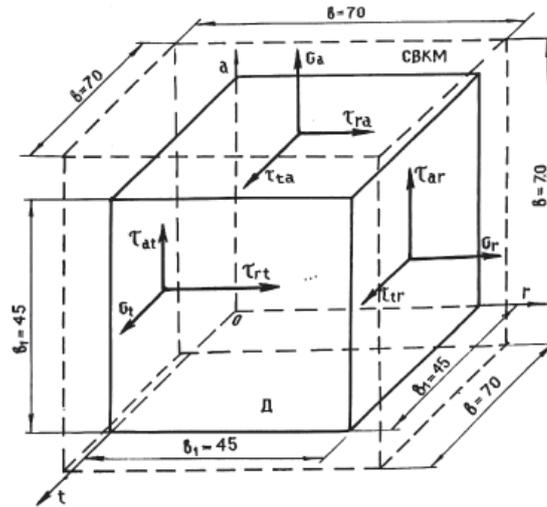


Рис. 2. Анализ объемного напряженного состояния в изделиях из ДСВКМ под действием физических факторов

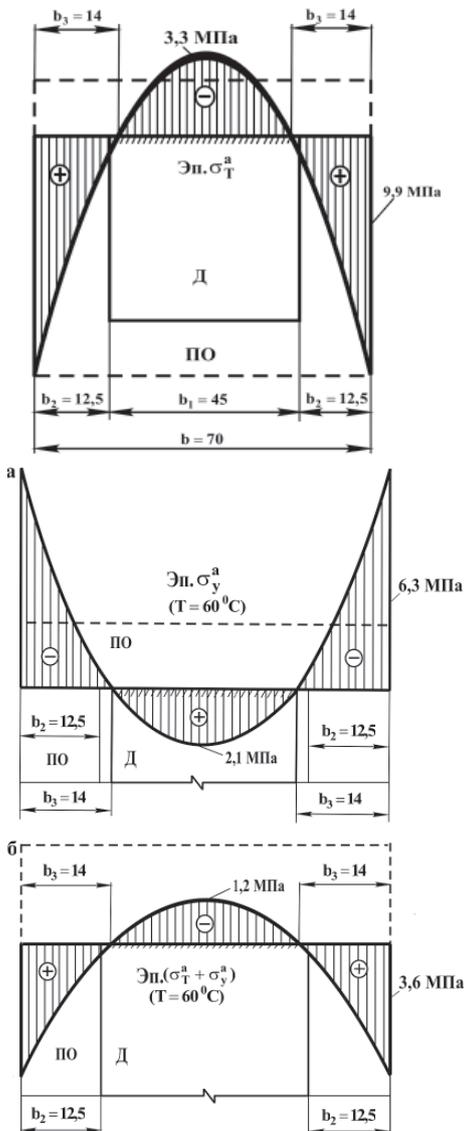


Рис. 3. Эпюры внутренних напряжений под действием температуры и усадки

Определяли положение главных площадок и главных деформаций – σ_1, σ_2 и σ_3 и ϵ_1, ϵ_2 и ϵ_3 (между осями $t - r$). Строились эпюры напряжений, возникающих под действием перечисленных факторов в опасных точках поперечного сечения кубика (у поверхности и в центре) (рис. 3).

Для их построения использовали принцип независимости действия сил и факт того, что эти эпюры ограничиваются квадратной параболой. В результате были получены значения нормальных и касательных напряжений, которые затем переносились на грани кубика по направлению осей a, r и t и его плоскости сначала без учета действия воды, а потом при одновременном ее действии.

В частности, было установлено, что трещина в полимерной оболочке под действием воды по направлению совпадает с направлением главной площадки с наибольшим напряжением $\sigma_1 = 10,13$ МПа и практически с направлением главной относительной деформации $\epsilon_1 = 10 \cdot 10^{-3}$.

Анализ напряженного состояния под действием физических факторов

$$\sigma_{в.у}^{сж.а} = 0,33\sigma_{по}^{р.а} = 0,33 \cdot 9,9 \approx 3,3 \text{ МПа};$$

$$b_3 = \sigma_{д.у}^{сж.а} \cdot b / (\sigma_{по}^{р.а} + 2\sigma_{д.у}^{сж.а}) = 3,3 \cdot 70 / (9,9 + 2 \cdot 3,3) \approx 14 \text{ мм}$$

$$\sigma_{д.у}^{р.а} = 0,33 \sigma_{по}^{сж.а} = 0,33 \cdot 6,3 \approx 2,1 \text{ МПа}$$

$$b_{3.д} = \sigma_{д.у}^{р.а} \cdot b_{по} / (\sigma_{д.у}^{сж.а} + 2 \cdot \sigma_{д.у}^{р.а}) = 2,1 \cdot 70 / (3,3 + 2 \cdot 2,1) \approx 14 \text{ мм}$$

Был проведен анализ напряженного состояния, определены положения главных площадок и значений главных напряжений –

$$\sigma_{\text{макс}} = 10,13 \text{ МПа} > \sigma_{\text{пч}} = 9 \text{ МПа},$$

значений относительных деформаций –

$$\epsilon_{1д} = 10 \cdot 10^{-3} > \epsilon^{\text{максrt}} = 6,6 \cdot 10^{-3}$$

и их направлений. Причем установлено, что направление, например σ_1 и направление ϵ_1 не совпадают примерно на 3...4 градуса, что характеризует материал как анизотропный.

В связи с создавшейся ситуацией следующим этапом исследований был выбор методов и средств защиты изделий из ДСВКМ от действия воды (рис. 4). Было принято решение применить гидрофобизирующие и модифицирующие составы для пропитки древесного армирующего заполнителя и поверхности шпал и использования различных растворов – каучук в керосине, низкомолекулярный полиэтилен, ДСТ – дивинилстирольный тормозластопласт; ЭГТК – эти-

ленгликолевая таловая канифоль, латекс, КОРС – кубовые остатки ректификации стирола и отработанное машинное масло.

Было установлено, что применение раствора дивинилстирольного термоэластопласта в керосине может быть использовано для покрытия шпал, а машинное отработанное масло из-за его доступности – для пропитки древесного армирующего заполнителя.

Нами впервые использован факт того, что после 30% насыщения древесины водой ее разбухание прекращается. Было решено высушенную до 8...12% древесину насыщать до 30% не водой, а гидрофобизирующими растворами, что должно исключить давление стесненного набухания.

Существенную и трудоемкую часть работы составляют исследования длительной прочности (ползучести) ДСВКМ базового состава.

Перед испытанием на ползучесть релаксационным методом, апробированным ранее, были определены величины нагрузок, соответствующих пределам пропорциональности и упругости.

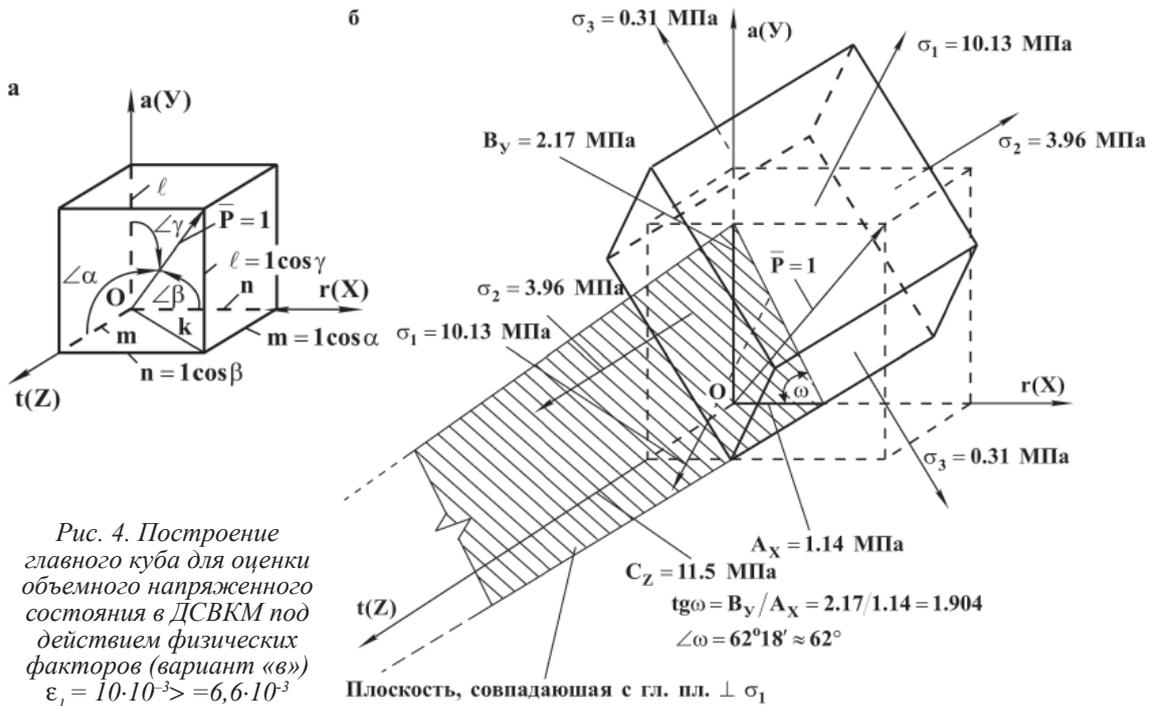


Рис. 4. Построение главного куба для оценки объемного напряженного состояния в ДСВКМ под действием физических факторов (вариант «в») $\epsilon_1 = 10 \cdot 10^{-3} > 6,6 \cdot 10^{-3}$

Мы произвели обработку экспериментальных данных зависимости величины падения нагрузки ΔF от начальной величины этой нагрузки.

Зависимости действительно оказались линейными с минимальной суммой квадратов отклонений, и нашли значения величины названных нагрузок ($F_{\text{нч}} = 17 \text{ кН}$ и $F_y = 26,6 \text{ кН}$), что позволило подсчитать соответствующие коэффициенты ($K_{\text{нч}} = 0,51$).

Была разработана упрощенная схема деформирования образцов ДСВКМ под действием изгибающей нагрузки. Рассмотрены возможные виды деформаций в соответствии с терминологией, предложенной Александром Матвеевичем Ивановым:

– при напряжениях $\sigma_{oi} \leq \sigma_{\text{нч}}$ имеют место упругие деформации, а ползучесть может характеризоваться как установившаяся, но с крайне малой скоростью деформирования;

– $\sigma_{\text{пл}} \leq \sigma_{\text{oi}} \leq \sigma_y$ к упругим добавляются **высокоэластические и вязкие** деформации, а ползучесть можно характеризовать как установившуюся со скоростью деформирования большей чем на 1-м участке, но все же достаточно малой. Прогибы ползучести достигают предельного значения, равного полному упругому прогибу;

– при $\sigma_{\text{oi}} \leq \sigma_y$ возникают **пластические** деформации, связанные с появлением микротрещин, т.е. предел упругости ДСВКМ не может характеризовать длительную прочность этого материала.

Было установлено (рис. 5), что ординаты точек перегиба на этих кривых практически совпадают с величиной полного упругого прогиба, что при фиксированном времени появления этих точек позволило предложить методику определения пределов длительного сопротивления – $\sigma_{\text{плс}}$ и длительного секущего модуля деформаций – $E^{\text{сек}}$ на заданный срок эксплуатации $15 \cdot 10^3$ сут или 40 лет, а также соответствующих коэффициентов – длительности – $K_{\text{дл}}$ и длительного деформационного – $n_{\text{дл}}$. При этом использовались высокоточные аппроксимирующие функции и ЭВМ.

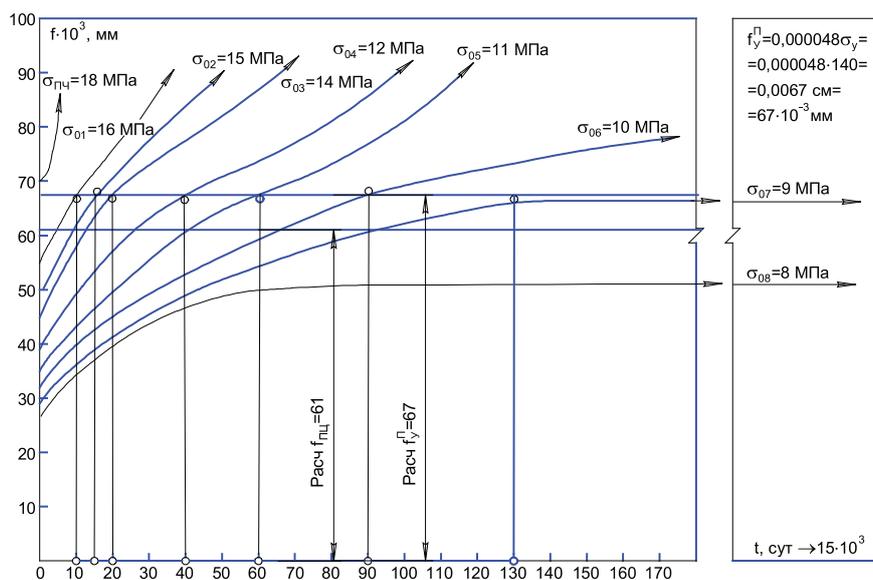


Рис. 5. Кривые ползучести образцов-балок из ДСВКМ, помещенных в воду

Установлено, что значение предела длительного сопротивления ($\sigma_{\text{плс}}$) совпадает с пределом пропорциональности ($\sigma_{\text{пл}}$). При действии воды он тоже одного порядка, поэтому можно считать это совпадение установившимся фактом.

Результаты

Предложенный метод открывает большие перспективы потому, что если такое совпадение будет подтверждено для других материалов, то можно отказаться от трудоемких испытаний на ползучесть.

Все проведенные исследования позволили предложить производственные составы ДСВКМ и внести изменения в ТУ и регламенты производства шпал.

Следует указать, что применение новых технологических приемов, в частности использование защитных решеток, удерживающих наполнитель от всплытия и фиксирующих положение и толщину защитной оболочки из СВКМ, а также применение

нового узла крепления рельсов к шпалам (усилие выдергиванию шпильки с гайкой более 70 кН) и другие факторы, сделали возможным установку предложенных шпал на полигонные испытания на экспериментальном кольце ВНИИЖТ МПС и на предприятиях Липецкой области, а также подрельсовых подкладочных плит из СВКМ на Ст. Оскольском ОЭМК.

Можно обратить внимание на то, что наши разработки позволили улучшить значения характеристик ДСВКМ за счет уменьшения содержания смолы ФАМ –21,2 кг против 33,5 кг, уменьшения содержания песка 75,9 кг против 48,4 кг, применения трех слоев стеклотетки, что увеличило трещиностойкость шпал.

Все это одновременно с применением гидрофобизирующих добавок – Гр и ПО, и растворов позволило получить удовлетворительные результаты, что зафиксировано соответствующими актами о полигонных испытаниях шпал.

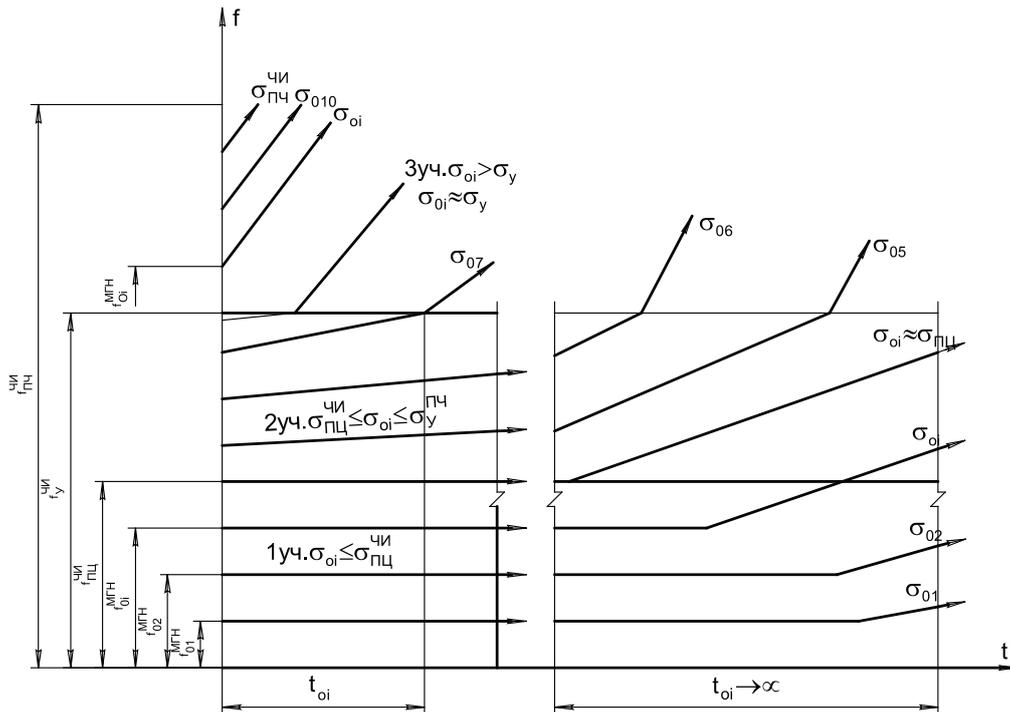


Рис. 6. Упрощенная схема деформирования ДСВКМ под действием постоянной изгибающей нагрузки (постоянного напряжения)

Вывод

Можно однозначно сказать, что все причины разрушения шпал из классических материалов устраняются при применении ДСВКМ, что делает этот материал весьма перспективным.

Шпалы и другие изделия транспортного строительства из разработанных водостойких долговечных ДСВКМ находят свою достаточно емкую нишу на рынке сбыта в таких сферах их применения, как лесовозный транспорт, цеховые большегрузные линии малой длины, подъездные пути с большим количеством стрелочных переводов и кривых малого радиуса, для переездов и платформ.

Накопление опытного материала, обобщение результатов полигонных испытаний, применение автоматизированных технологий приведет к тому, что этот новый композит будет востребован, тем более, что сегодня в области материаловедения и строительных конструкций, железнодорожных путей лесовозного транспорта работы идут очень интенсивно.

Так, ожидаемый экономический эффект с учетом эксплуатационных расходов при запланированном выпуске 375 тыс. штук шпал в год составит 130 млн рублей (по сравнению с деревянными) и 16 млн рублей (по сравнению с железобетонными).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструирование, изготовление и внедрение элементов конструкций из композиционных материалов для лесовозных дорог и лесных машин / В.И. Харчевников, Т.Н. Стородубцева, В.Б. Огарков и др. // Отчет по науч.-исслед. работе, № госрегистра. 01.960.010578. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 1999. – 86 с.
2. Харчевников В.И. Защита днищ электролизеров и межважной оцинковки стекловолокнистым полимербетоном (СВПБ): Информ. листок // ЦНТИ. – Воронеж. – 1998. – № 61. – 21 с.
3. Древесностекловолокнистый композиционный материал (ДСВКМ) для узкоколейных и общего назначения железных дорог / Т.Н. Стородубцева, В.И. Харчевников, О.И. Чинарева, О.В. Вишнякова. – Воронеж: ВГЛТА, 1995. – 9 с. – Деп. в ВИНТИ 10.08.95, № 2424–В95.
4. Композиционные шпалы на основе отходов древесины и стекловолокна для железных дорог / В.И. Харчевников, Т.Н. Стородубцева, В.Б. Огарков и др.: отчет о НИР № 101/93. – Воронеж, 1993. – № госрегистра. 01.9.40000192. – 43 с.
5. Использование полинома третьей степени при проектировании оптимального состава полимербетона ФАМ / Т.Н. Стородубцева, В.И. Харчевников, С.В. Назаров и др. – Воронеж, 1989. – 10 с. – Деп. в ВНИИС 4.02.89, № 9224; Оpubл. 1.04.89, БУДР Вып. 4.
6. Использование полиномов третьей степени для описания зависимостей физико-механических характеристик стекловолокнистых полимербетонов от длины волокон / Т.Н. Стородубцева, В.И. Харчевников, Л.Н. Стадник и др. – Воронеж, 1989. – 9 с. – Деп. в ВНИИС 4.02.89, № 9225; Оpubл. 1.04.89, БУДР Вып. 4.
7. Харчевников В.И. К вопросу развития теории искусственных строительных конгломератов // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. – Новосибирск, 1989. – № 1. – С. 48–51.
8. Баженов Ю.М. Компьютерное материаловедение строительных композитов с трещинами и порами / Ю.М. Баженов, В.А. Воробьев, А.В. Илюхин // Изв. вузов. Строит. – 2001. – № 11. – С. 37–43.

УДК 621.74.045

ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ СЛОИСТЫХ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

¹Тышкевич В.Н., ²Евстигнеев А.И., ¹Худяков К.В.

¹Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: vpi@volpi.ru;

²Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Комсомольск-на Амуре, e-mail: office@knastu.ru

Приведены результаты экспериментальных исследований прочности стандартных образцов для слоистых оболочковых форм по выплавляемым моделям. Получены зависимости предела прочности материала от пористости.

Ключевые слова: оболочковая форма, прочность, пористость, слоистость

EFFECT OF POROSITY ON THE STRENGTH OF THE LAYERED SHELL MOLDS FOR INVESTMENT CASTING

¹Tyshkevich V.N., ²Evstigneev A.I., ¹Hudyakov K.V.

¹Volzhsky Polytechnical Institute (branch) of the Volgograd State Technical University, Volzhsky, e-mail: vpi@volpi.ru;

²Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: office@knastu.ru

Results of experimental investigations of strength of reference samples for the layered shell molds for investment casting are described in the article. The dependences of the tensile strength of the material on the porosity are detected.

Keywords: shell mold, strength, porosity, lamination

Пористые слои вводят в структуру литейных оболочковых форм по выплавляемым моделям для повышения трещиностойкости и термпрочности [1–4]. При определении механических характеристик таких форм, получаемых обычно послой-

ным формированием, необходимо учитывать их слоистость [1–3].

Для определения механических характеристик материала оболочковых форм рекомендуется схема испытаний образцов-пластин при трехточечном изгибе (рис. 1, а) [4].

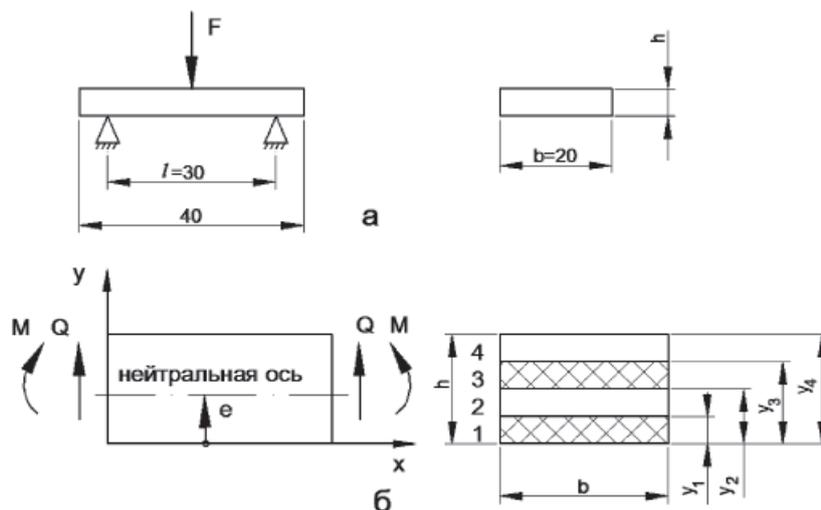


Рис. 1. Слоистый образец-пластина:

а – схема испытаний; б – структура материала; 1...4 – номера слоев

Исследовалась прочность образцов-пластин стандартных размеров $b = 20$ мм, $l = 30$ мм, с различной пористостью слоев и различными комбинациями расположения слоев по толщине образца (рис. 2).

Истинная пористость i -го слоя $\Pi_{\text{и}}^{(i)}$ задается в процентах ($0 \leq \Pi_{\text{и}}^{(i)} \leq 100$ %).

Отношение плотности слоев

$$\eta_i = \frac{\rho_i}{\rho_0} = \frac{100 - \Pi_{\text{и}}^{(i)}}{100}$$

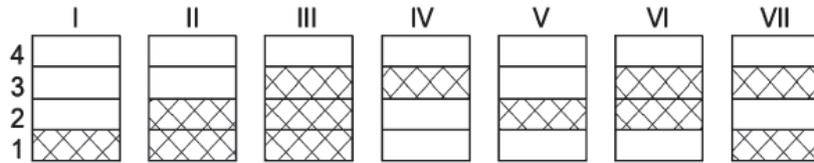


Рис. 2. Исследованные варианты расположения пористых слоев 1...4 по толщине образцов-пластин

Модуль продольной упругости материала i -го слоя $E_i = \eta_i E_0$, где E_0, ρ_0 – модуль упругости и плотность слоя без порообразующих добавок.

Изгибная жесткость образца-пластины определяется из соотношения:

$$D = I_2 - I_1^2 / I_0,$$

где $I_n = bE_0 \int_0^h \eta_i y^{n+1} dy; n = 0, 1, 2$.

В общем случае структура материала не симметрична по толщине и координата нейтральной оси e (рис. 1, б) определяется из отношения: $e = I_1 / I_0$. Начало координат принимается на нижней поверхности.

Нормальные (σ_x) и касательные (τ_{xy}) напряжения определяются по формулам:

$$\sigma_x = \eta_i E_0 \frac{M}{D} (y - e);$$

$$\tau_{xy} = -\frac{QE_0}{D\eta_i b} \int_0^y \eta_i (y - e) dy.$$

Пористость слоев изменяется в пределах 10–40%, что соответствует изменению коэффициента η в пределах 0,6–0,9. Пористость изменялась в слоях, которые заштрихованы на рис. 2, их толщина равна $h_i = 1,05$ мм.

Разрушающие нагрузки в зависимости от пористости слоев для прокаленных образцов приведены на рис. 3 [2].

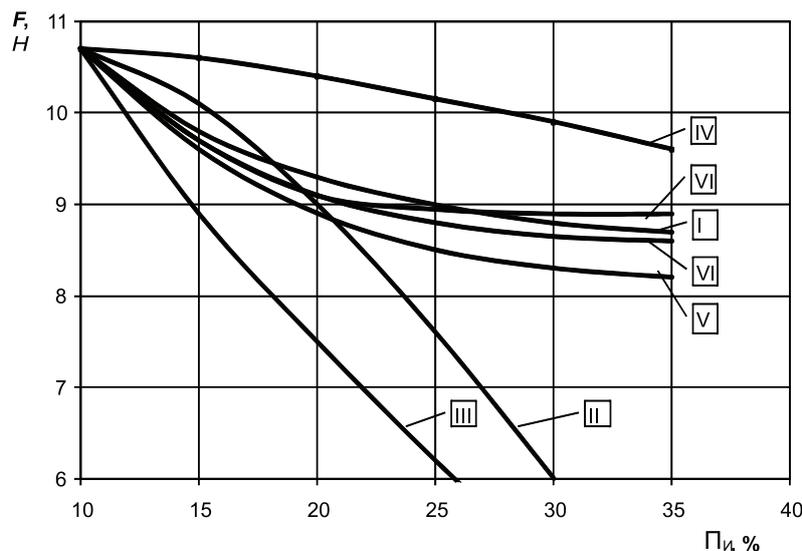


Рис. 3. Зависимость разрушающей нагрузки от пористости слоев для различных структур (I – VII)

Номера структур на графиках рис. 3 соответствуют рис. 2.

Разрушение хрупкого материала образцов-пластин начинается в растянутой области. Учитывая различную пористость слоев, определять предел прочности материала по разрушающей нагрузке и максимальным напряжениям растяжения на нижней поверхности нельзя. Образец разрушается послойно, на характер разрушения влияет и низкая сдвиговая жесткость слоев с порообразующими добавками. Касательные напряжения по толщине слоистого образца

изменяются ступенчато [2,5]. Эффективная (рабочая) ширина i -го слоя зависит от пористости $b_i = \eta_i b_0$, где b_0 – ширина слоя без порообразующих добавок.

Расчет на прочность слоистых образцов при трехточечном изгибе необходимо проводить по предельным нагрузкам, а не по максимальным напряжениям.

На рис. 4 представлены зависимости максимальных растягивающих напряжений, вычисленных по разрушающей нагрузке в нижней точке образца при $y_i = 0$ для образцов всех структур.

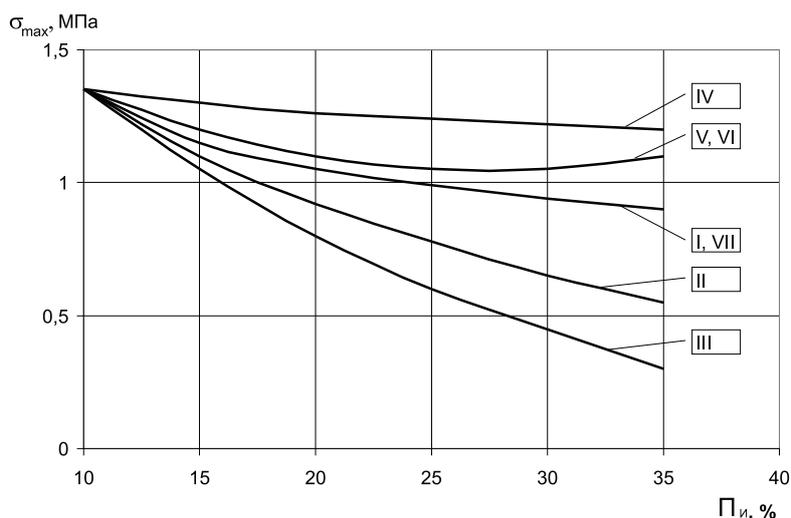


Рис. 4. Зависимость максимальных растягивающих напряжений в образцах-пластинах от пористости слоев

Зависимости для образцов со структурой III- на рис. 4 определяют зависимость предела прочности исследованного материала от пористости. Эту зависимость можно использовать для оценки прочности слоёв различной пористости при формировании оптимальных структур оболочковых форм по выплавляемым моделям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение механических характеристик оболочковых форм с учётом их слоистости / А.И. Евстигнеев, И.Г. Сапченко, В.Н. Тышкевич, В.В. Васин, В.И. Куренков // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 1991. – № 2. – С. 51–53.
2. Влияние пористости на прочность оболочковых форм по выплавляемым моделям / А.И. Евстигнеев, И.Г. Сапченко, В.Н. Тышкевич, В.В. Васин // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 1991. – № 8. – С. 51–53.
3. Определение механических характеристик слоистых оболочковых форм / А.И. Евстигнеев, И.Г. Сапченко, В.Н. Тышкевич, Г.И. Тимофеев // Литейное производство. – 1992. – № 8. – С. 25.
4. Лакеев А.С. Формообразование в точном литье. – Киев: Наукова думка, 1986. – 256 с.
5. Тышкевич В.Н., Кулько П.А. Расчёт и изготовление конструкций из армированных пластиков: учеб. пособ.(гриф). Доп. УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов. Волгоград: ВолгГТУ, 2010. – 178 с.

УДК 531.51; 378.14

УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАВИТАЦИИ (Ч. I)

Борисов Ю. А.

*Волжский филиал Марийского государственного технического университета, Волжск,
e-mail: bor1946@rambler.ru*

Рассматривается возможное рассуждение Ньютона для вывода закона всемирного тяготения из третьего закона Кеплера, приводится вывод уточненного Ньютоном третьего закона Кеплера. Путем расчета с помощью калькулятора доказываем справедливость замены в законе всемирного тяготения шарообразного тела на точечное той же массы, помещенное в центр шарообразного тела. Отмечается, что до настоящего времени физическая сторона природы тяготения осталась столь же неясной, что и была во времена Ньютона.

Ключевые слова: закон всемирного тяготения, проверка суммированием

RESEARCH WORK OF THE LAW OF UNIVERSAL GRAVITATION (PART I)

Borisov Y.

Volzshk department of Mari State Technical University, Volzhsk, e-mail: bor1946@rambler.ru

Newton's possible reasoning for a conclusion of the law of universal gravitation from Kepler's third law is considered, the conclusion of the third law of Kepler specified by Newton is resulted. By calculation by means of the calculator justice of replacement in the law of universal gravitation of a spherical body on dot the same weight, placed in the center of a spherical body is proved. It is noticed that till now the physical party of the nature of gravitation remained so not clear, as was at the time of Newton.

Keywords: The law of universal gravitation. The checking by the summation

В учебных исследованиях предпринято более глубокое (в сравнении с институтской программой) изучение закона всемирного тяготения, по которому, как известно, имеется много нерешенных вопросов, вызывающих большой интерес к проблеме. В исследованиях принимали участие студенты В.А. Арефьева и В.В. Трутнева.

Понять закон тяготения современникам Ньютона было нелегко. Например, Лейбниц писал Гюйгенсу: «Я не понимаю, как Ньютон представляет себе тяжесть или притяжение. По его мнению, по-видимому, это некое необъяснимое нематериальное качество». Гюйгенс, в свою очередь, отвечал Лейбницу: «Что касается причины приливов, которую даёт Ньютон, то она меня не удовлетворяет нисколько, как и все другие его теории, которые он строит на своём принципе притяжения, кажущемся мне нелепым» [1].

В настоящее время в некоторых учебниках для средней школы утверждается, что закон всемирного тяготения установлен Ньютоном на основе рассмотрения взаимодействия Луны и Земли. Указывается, что центростремительное ускорение Луны в 3600 или 60^2 раз меньше, чем ускорение у поверхности Земли. В то же время радиус Земного шара в 60 раз меньше, чем расстояние от Земли до Луны. Отсюда Ньютон заключает, что сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния между взаимодействующими телами. Однако Ньютон в год открытия (1667) не мог использовать данный подход, т.к. сначала надо было знать закон взаимодействия

между точечными телами, чтобы доказать, что сила взаимодействия между шарообразными телами (Землей и Луной) может быть заменена на силу взаимодействия между такими же по массе телами, расположенными в центре шаров. Для вычисления силы взаимодействия между протяженными (не точечными) телами, в том числе и шарообразными, их следует «разбить» на элементарные массы, чтобы их можно было считать материальными точками, посчитать по закону всемирного тяготения силы притяжения между всеми элементами, а затем геометрически их сложить (проинтегрировать), что является довольно сложной математической задачей [2] и впервые было выполнено, по-видимому, самим Ньютоном, а затем английским физиком Г. Кавендишем в 1789 г., который экспериментально доказал закон всемирного тяготения для земных тел и определил экспериментально числовое значение гравитационной постоянной. Здесь тоже возникает вопрос: были ли материалы шаров, которые использовал Г. Кавендиш абсолютно не магнитными (не диамагнитными и не парамагнитными), т.е. насколько отсутствовало влияние магнитного поля Земли и намагниченности шаров на их взаимодействие?

Для доказательства закона всемирного тяготения Ньютон использовал третий закон Кеплера [1, 2], согласно которому квадраты периодов обращения (T) планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей их орбит (R) или, для одной планеты:

$$R^3 = kT^2. \quad (1)$$

Здесь k – коэффициент пропорциональности. На наш взгляд рассуждения Ньютона могли сводиться к следующему. Центробежная сила ($F_{\text{ц}}$), действующая на эту планету массой (m), равна силе тяготения ($F_{\text{т}}$):

$$F_{\text{ц}} = F_{\text{т}}$$

т.е. $m\omega^2 R = F_{\text{т}}$ или $m(2\pi/T)^2 R = F_{\text{т}}$ тогда с учётом (1):

$$F_{\text{т}} = k4\pi^2 m/R^2. \quad (2)$$

Вводя в уравнение (2) пропорциональность массе Солнца (M) и гравитационную постоянную (G), он получил:

$$F = G(mM/R^2). \quad (3)$$

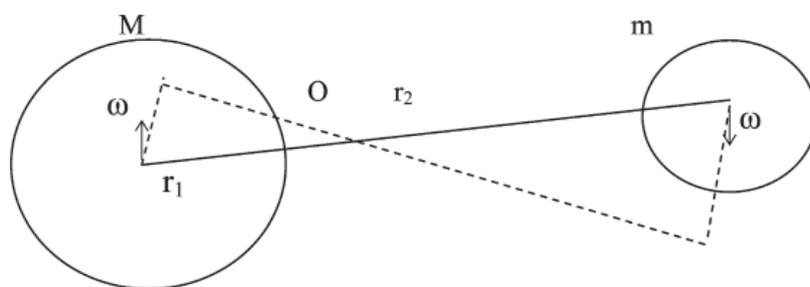


Рис 1

После сложения уравнений и замены $\omega = 2\pi/T$, получим:

$$\frac{4\pi^2 (r_1 + r_2)^3}{T^2} = G(m + M),$$

учтем здесь $r_1 + r_2 = R$, тогда $4\pi R^3 = G(m + M)T^2$. Или для двух таких систем

$$\frac{R_1^3}{R_2^3} = \frac{m_1 + M_1}{m_2 + M_2} \cdot \frac{T_1^2}{T_2^2}. \quad (4)$$

Это и есть уточненный Ньютоном третий закон Кеплера.

Годом открытия закона всемирного тяготения является 1667 г. Однако в это время Ньютону было всего 24 года и интегральное исчисление им еще не было создано. Поэтому аналитически доказать закон всемирного тяготения для шарообразных тел он еще не мог. И лишь в 1687 году в «Математических началах натуральной философии» [3] он впервые строго доказал его, опираясь на созданные им математические методы, составившие основу дифференциального и интегрального исчисления. Используя закон всемирного тяготения и сформулированные им понятия массы и силы, Ньютон распространил его на взаимодействие Земли и Луны, Земли и тел на её поверхности, определил массы планет и

Далее Ньютон уточнил закон Кеплера, введя в него массы вращающихся космических тел. В настоящее время подобная задача есть в КИМах ЕГЭ. В ней рассматривается движение двойной звезды. Обозначения – на рис. 1. На основе равенства центробежной силы и силы тяготения для каждой из звёзд (или планет типа Земля-Луна; обозначения на рисунке) запишем:

$$\begin{cases} m\omega^2 r_1 = G \frac{mM}{(r_1 + r_2)^2}, \\ M\omega^2 r_2 = G \frac{mM}{(r_1 + r_2)^2}. \end{cases}$$

Солнца в единицах массы Земли, объяснил возникновение приливов и отливов. Ньютон показал, что полученные им законы движения под действием тяготения имеют более общий характер; законы же Кеплера являются частным случаем этих более общих законов [1].

На первом этапе исследований с целью проверки справедливости замены в законе всемирного тяготения шарообразного тела (Ш) на точечное тело, помещенное в центр этого шара, при его взаимодействии с телом (T) небольшого размера вблизи этого шарообразного тела мы провели расчеты, как бы не зная интегрального исчисления, т.е. возможно повторили расчеты И. Ньютона. Шарообразное тело (Ш) мы разделили множеством плоскостей (см. рис. 2) в трех взаимно перпендикулярных направлениях. В результате образовались элементы кубической формы, а на поверхности шара – усеченной кубической. Тело (T) имело кубическую форму и такой же размер, как у каждого кубического элемента шара. Тело отстояло недалеко от поверхности шара (на расстоянии длины двух ребер кубического элемента). Кубические элементы и тело мы посчитали материальными точками единичной массы, расположив эти точки в геометрическом центре фигур. Между этими точками отсчитывали расстояние для расче-

та сил взаимодействия по закону всемирного тяготения. Массу тел усеченной формы (у поверхности шара) уменьшали в сравнении с единичной массой пропорционально уменьшению объема, а центр масс определяли как центр объема фигур, и так же рассчитывали силу взаимодействия. Результатом исследований считали геометрическую сумму (F_c) сил взаимодействия каждого элемента шара (Ш) и тела (Т). Результатом явилось значение силы в условных единицах $F_c = 0,080996$. Сила взаимодействия между центром шара и центром тела $F_u = 0,081204$. Из этих данных относительное отклонение значений сил F_c и F_u от среднего значения составляет 0,13%. Таким образом, при рассмотрении взаимодействия шара и находящегося вблизи него тела, шар вполне можно заменить на точечное тело, помещенное в центр шара и имеющее массу шара, т.е. $F_c = F_u$.

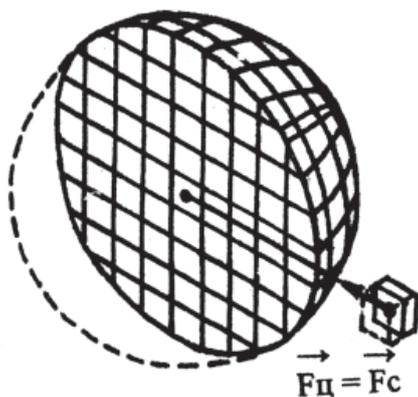


Рис. 2

Такие вычисления являются весьма трудоемкими и нашим студентам, участникам настоящих исследований, потребовалось около 20 часов, а с учетом уточняющих повторных вычислений преподавателем – еще больше. Такие вычисления с помощью компьютера проводятся за долю секунды (задания в программе MS Excel компьютеру пишутся дольше). Что было предпринято нами в последующих исследованиях (ч. II). Вероятно, Ньютон также проводил подобные вычисления – во все времена ученые много считали. Подход Ньютона был распространен на электрическое (закон Куло-

на, теорема Остроградского-Гаусса) и магнитное (закон Био-Саварра-Лапласа) поля.

Догадка и последующее доказательство Ньютона по замене шара на точечное тело, на наш взгляд, само является замечательным открытием, которое предопределило создание дифференциального и интегрального исчисления.

Далее легко выполнить полученные доказательства для двух шарообразных тел, так же разбив их на точечные элементы. Тогда для каждого точечного элемента второго шара первый шар можно заменить первым точечным телом. А затем второй шар, рассматривая взаимодействие его элементов с первым точечным телом, так же можно заменить вторым точечным телом.

Специально следует отметить, что со времён Ньютона и до настоящего времени окончательно не установлена скорость распространения гравитации. Согласно Лапласу [1], скорость передачи притяжения можно определить по вековому ускорению движения Луны. По этим данным, притяжение должно было бы передаваться со скоростью, по крайней мере, в пятьсот миллионов раз превосходящей скорость света. Поэтому, не опасаясь какой-либо «заметной погрешности, мы можем принять передачу тяготения за мгновенную» [1]. До настоящих дней физическая сторона природы тяготения осталась столь же неясной, как и была. В общей теории относительности Эйнштейна тяготение может распространяться от одного тела к другому со скоростью света посредством волн гравитации. Попытки их обнаружить экспериментально, начатые в США и повторившиеся во всём мире вплоть до последнего времени к успеху не привели, гравитоны (носители гравитационного поля) и гравитационные волны не обнаружены. Определение скорости распространения гравитации является одной из важных задач, которую должна решить современная наука.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронцов – Вельяминов Б.А. Лаплас. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1985. – 288 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. – 15 изд. – М.: Академия, 2007. – 560 с.
3. Рябов Ю.А. Закон всемирного тяготения // БСЭ. – <http://bse.sci-lib.com/article082932.html>.

УДК 656.56: 519.876: 51-7

ДИНАМИКА АВАРИЙ ПО ПРИЧИНЕННОМУ УЩЕРБУ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЬ»

Булавинцева А.Д., Мазуркин П.М.

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, e-mail: nanabul@mail.ru

Показана методика обработки данных причиненного ущерба в результате аварий на линейной части магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» за 10 лет с 2000 по 2009 год. Приведены закономерности изменения причиненного ущерба, выявленные в программной среде Curve Expert 1.38.

Ключевые слова: авария, нефтепровод, причиненный ущерб, метод анализа, результаты моделирования

DYNAMICS OF CAUSED DAMAGE EMERGENCIES AT THE LINEAR PART OF «TRANSNEFT» MAIN PIPELINES

Bulavintseva A.D., Mazurkin P.M.

Mari State Technical University, Yoshkar-Ola, e-mail: nanabul@mail.ru

The technique to process data on damage caused as a result of emergencies at the linear part of «Transneft» main pipelines for the period of ten years from 2000 till 2009 is given. The pattern for damage caused change recognized with Curve Expert 1.38 software is presented.

Keywords: emergency, pipeline, caused damage, method of analysis, simulation results

ОАО «АК «Транснефть» – транспортная монополия, оператор магистральных нефтепроводов России, транспортирует 93% добываемой в России нефти [2], эксплуатирует 48708 километров магистральных нефтепроводов [4].

Причинами утечки нефти из трубопровода являются механические повреждения нефтепроводов – 33% всех аварий, коррозия (как внешняя, так и внутренняя) – 53% аварий; дефекты труб – 4%; дефекты сварки – 3%; эксплуатационные ошибки – 6%; прочие – 1% [7].

К 2010 году возраст более 50% нефтепроводов превысил амортизационный срок эксплуатации [3], что приводит к многочисленным разливам нефти.

Внимание общественности привлекают большие разливы нефти и, как правило, они требуют принятия срочных мер со стороны органов государственной власти.

Одной из превентивных мер борьбы с авариями на нефтепроводе является анализ уже произошедших. Оценку аварий необходимо проводить по следующим параметрам: хронологии событий, объемам утечки, площади разлива и размеру ущерба.

Для проведения анализа информация об авариях на магистральных нефтепроводах была взята из открытых источников СМИ, интернет сайтов.

На нефтепроводах ОАО «АК «Транснефть» на территории Российской Федерации за 10 лет в период с 2000 по 2009 год в открытых источниках были отмечены 178 аварий.

Цель статьи – показать методику моделирования и анализа динамики аварий по причиненному ущербу за 10 лет.

Для статистического моделирования дополнительно ввели параметр «времени от начала измерений», измеряемый в сутках. Этот параметр является главным фактором динамики. За начало отсчета $t = 0$ принимается дата первой аварии, произошедшей в период с 2000 по 2009 год. Таким образом, дату первой аварии принимаем за начало отсчета, время, прошедшее с этой даты представляем в сутках.

Данные аварий были сведены в таблицу. Каждое событие рассматривалось по количественным характеристикам: объему разлившейся нефти, площади разлива, времени ликвидации, числу погибших, числу пострадавших и причиненному ущербу. Так же рассматривается такой параметр, как интервал времени между авариями.

Из внесенных в таблицу сведений об авариях, только в 16 случаях указан размер ущерба.

Структура ущерба от аварий на опасных производственных объектах, как правило, включает полные финансовые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, на котором произошла авария; расходы на ликвидацию аварии; социально-экономические потери, связанные с травмированием и гибелью людей (как персонала организации, так и третьих лиц); вред, нанесенный окружающей природной среде; косвенный ущерб и потери государства от выбытия трудовых ресурсов [1].

Окончательно ущерб от аварии рассчитывается после окончания сроков расследования аварии и получения всех необходимых данных.

Для моделирования динамики ущерба из сводной таблицы выделена таблица с данными ущерба от произошедших аварий.

Динамика аварий на линейной части магистральных нефтепроводов
ОАО «АК «Транснефть» 2000-2009 гг.

№ п/п	Дата	Время от начала измерений t , сутки	Место аварии	Ущерб P_y , млн руб.
6	09.05.2009	3366	ОАО «Приволжскнефтепровод», МН «Самара-Лисичанск»	3,50
10	03.03.2009	3299	ОАО «Приволжскнефтепровод», МН «Самара-Лисичанск», МН «Самара-Тихорецк»	34,80
11	17.02.2009	3285	ОАО «Северо-западные МН», МН «Пермь – Альметьевск»	0,04
12	26.12.2008	3232	ОАО «Транссибнефть», МН «Омск-Иркутск»	4,00
24	30.01.2008	2901	ОАО «Северо-западные МН», МН «Пермь-Альметьевск»	0,25
78	07.02.2006	2179	ОАО «Уралсибнефтепровод», МН «Нижевартовск – Курган – Куйбышев»	0,50
79	30.01.2006	2171	ОАО «Северо-Западные МН», МН «Холмогоры – Клин»	2,63
87	23.11.2005	2103	ОАО «Транссибнефть», МН «Анжеро-Судженск – Красноярск»	5,00
90	27.08.2005	2015	ОАО «Северо-Западные МН», МН «Холмогоры-Клин»	2,00
91	07.08.2005	1995	ОАО «Черномортранснефть», МН «Хадыженск-Краснодар»	3,73
94	18.07.2005	1975	ОАО «Северо-Западные МН», МН «Сургут-Полоцк»	30,00
101	16.06.2005	1943	ОАО «Черномортранснефть», МН «Малгобек – Тихорецк»	3,50
105	20.02.2005	1827	ОАО «Транссибнефть», МН «Омск-Иркутск»	0,30
129	30.01.2004	1440	ОАО «Северо-западные МН», МН «Пермь – Альметьевск»	0,25
151	29.01.2003	1074	ОАО «МН «Дружба», НПС «Кузнецк»	50,00
165	24.06.2001	489	ОАО «Северные МН», МН «Ухта-Ярославль»	10,50

Данные таблицы подвергали статистической обработке в программной среде Curve Expert 1.38 для получения устойчивых закономерностей.

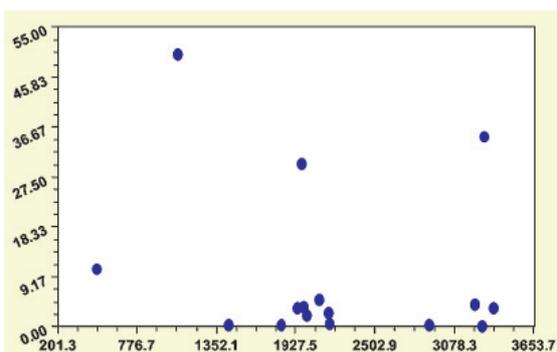


Рис. 1. Распределение значений ущерба относительно времени измерений

В выборке, представленной на рис. 1, явно выделяется группа с «высоким» ущербом. При обработке этих значений была установлена закономерность (1), представленная на рис. 2,

$$P_{y1} = 24,20067 + 0,0041686t - A_1 \cos(\pi t / p_1 - 0,99281); \quad (1)$$

$$A_1 = 55,00022 \exp(-0,00071814t);$$

$$p_1 = 716,22324,$$

где A_1 – амплитуда колебательного возмущения «высокого» ущерба; p_1 – половина периода колебания третьей составляющей.

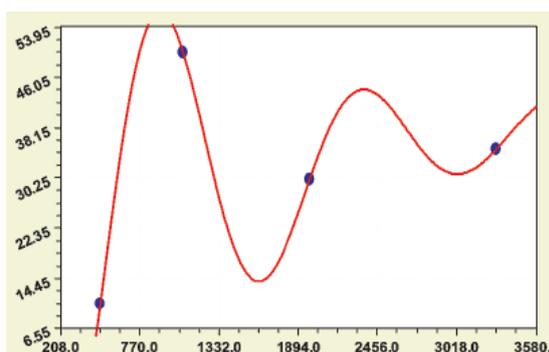


Рис. 2. Закономерность распределения значений «высокого» ущерба

Конструкция статистической закономерности (1) состоит из трех составляющих.

Первая составляющая – постоянная 24,20067, наиболее простой устойчивый закон. Вторая составляющая 0,0041686t – линейный закон роста. Смесь устойчивых законов, в виде 24,20067 + 0,0041686t описывает линейный рост значений «высокого» ущерба [5–7].

Третья составляющая

$$-A_1 \cos(\pi t/p_1 - 0,99281)$$

показывает кризис значений «высокого» ущерба, то есть эта составляющая уравнения показывает характеристику, зависящую от антропогенного воздействия на аварию (времени реагирования аварийных служб, удаленности от места аварии, квалификации работников, осуществляющих ликвидацию и т.п.).

Первая часть

$$A_1 = 55,00022 \exp(-0,00071814t)$$

третьей составляющей показывает амплитуду колебательного возмущения «высокого» ущерба, распределяемого по закону экспоненциальной гибели, в экономике – закон Парето. Эта составляющая показывает изменение значений «высокого» ущерба.

Вторая часть

$$\cos(\pi t/p_1 - 0,99281)$$

третьей составляющей общей закономерности (1) характеризует процесс волнового возмущения значений «высокого» ущерба, и половина периода этого циклического изменения зависит от антропогенного фактора (времени ликвидации аварии, времени

$$-П_{y2} = 4,34694 \cdot 10^{-8} t^{2,68567} \exp(-0,00125746t^{0,98551}) - A_2 \cos(\pi t/p_2 - 3,03839); \quad (2)$$

$$A_2 = 3,82290 \cdot 10^{-146} t^{49,32701} \exp(-0,021225t^{0,99094});$$

$$p_2 = 46,47414 + 0,0017350t^{1,06024},$$

где A_2 – амплитуда колебательного возмущения значений «среднего» ущерба, p_2 – половина периода колебания второй составляющей.

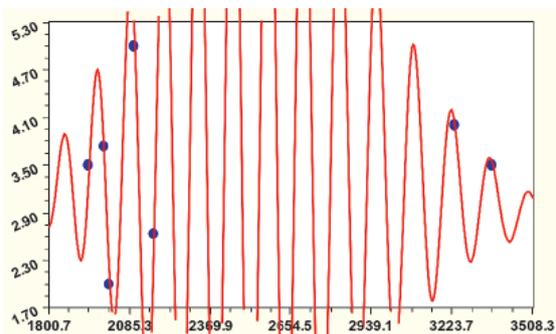


Рис. 4. Закономерность распределения значений «среднего» ущерба

Конструкция статистической закономерности «среднего» ущерба состоит из двух составляющих (рис. 4).

Первая составляющая

$$4,34694 \cdot 10^{-8} t^{2,68567} \exp(-0,00125746t^{0,98551})$$

реагирования, удаленности от места аварии, квалификации работников, осуществляющих ликвидацию и т.п.).

Коэффициент корреляции равен 1, что указывает на «однозначную» связь между переменными факторами [5].

В оставшемся количестве точек выделяем средний и малый ущерб (рис. 3).

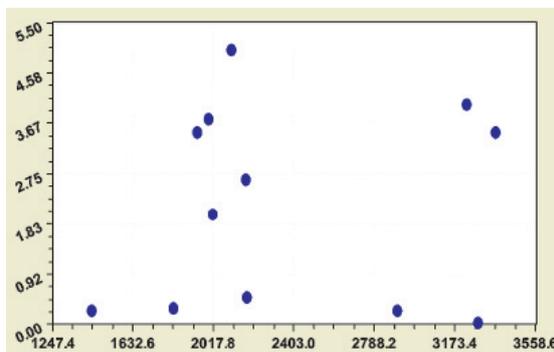


Рис. 3. Распределение значений «среднего» и «малого» ущерба

Данные, входящие в группу «среднего» ущерба, располагаются в соответствии с закономерностью

является биотехническим законом проф. П.М. Мазуркина (в полной форме, когда все четыре параметра модели имеют отличающиеся от нуля и единицы значения) [5–7].

Вторая составляющая

$$-A_2 \cos(\pi t/p_2 - 3,03839)$$

показывает кризис значений «среднего» ущерба, то есть эта составляющая уравнения показывает характеристику, зависящую от антропогенного воздействия.

Первая часть

$$A_2 = 3,82290 \cdot 10^{-146} t^{49,32701} \exp(-0,021225t^{0,99094})$$

второй составляющей показывает изменения значений «среднего» ущерба.

Вторая часть

$$\cos(\pi t/p_2 - 3,03839)$$

второй составляющей общей закономерности (2) характеризует процесс волнового возмущения значений «среднего» ущерба и половину периода этого циклического изменения.

Коэффициент корреляции равен 0,999, это говорит о том, что связь между переменными факторами «сильнейшая» [5].

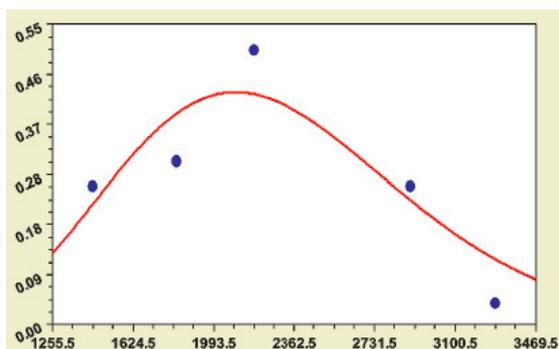


Рис. 5. Закономерность распределения значений «малого» ущерба

Значения «малого» ущерба распределяются по биотехническому закону проф. П.М. Мазуркина (рис. 5):

$$P_{y_3} = 2,37413 \cdot 10^{-30} t^{10,08467} \times \exp(-0,0036124 t^{1,03335}), \quad (3)$$

который представлен в полной форме, когда все четыре параметра модели имеют отличающиеся от нуля и единицы значения. При этом каждый параметр устойчивого закона имеет конкретный содержательный смысл. Первый параметр – активность роста показателя, второй – интенсивность роста значений показателя, третий – активность гибели (процесс спада) значений показателя, четвертый – интенсивность гибели значений показателя.

Коэффициент корреляции закономерности (3) равен 0,891 – связь между переменными факторами «сильная» [5].

Оценка ущерба является необходимым составляющим элементом регулирования

промышленной безопасности. Статистический подход по оценке ущерба необходимо производить отдельно по группам «высокого», «среднего», «малого» ущерба.

Необходимо фиксировать ущерб у всех аварий, причем даже совсем незначительный. Четко определить структуру ущерба. Математическое моделирование большого количества данных ущерба позволит составить прогноз на будущее.

Статья подготовлена и опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах (утв. пост. Госгортехнадзора России от 29.10.2002 №63).
2. О компании // Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть»: сайт. Транснефть, [2002–2010]. – URL: <http://www.transneft.ru/company/> (дата обращения: 20.02.2010).
3. Росприроднадзор обеспокоен проблемой аварийных разливов на магистральных нефтепроводах // Федеральное агентство водных ресурсов: сайт. – М., 29.06.2009. – URL: <http://voda.mnr.gov.ru/part/?act=more&id=5933&pid=508> (дата обращения: 20.02.2010).
4. «Транснефть» возобновила остановленную из-за аварии прокачку нефти на юг // GZT.RU: сайт. – М., [2001–2010]. Дата обновления 26.09.2009. – URL: <http://www.gzt.ru/topnews/business/225258.html> (дата обращения : 20.02.2010).
5. Мазуркин П.М. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учебное пособие / П.М. Мазуркин, А.С. Филонов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 292 с.
6. Мазуркин П.М. Основы научных исследований: учебное пособие. – Йошкар-Ола, 2006. – 412 с.
7. Мазуркин П.М. Статистическая экология: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 308 с.
8. Трубопроводный транспорт нефти: учебник для вузов: / Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак и др.; под ред. С.М. Вайнштока. В 2 т. – 2-е стер. изд. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2006. – Т.2. – 621 с.

**В журнале Российской Академии Естествознания
«Современные наукоемкие технологии» публикуются:**

- обзорные статьи (см. правила для авторов);
- теоретические статьи (см. правила для авторов);
- краткие сообщения (см. правила для авторов);
- материалы международных научных конференций, (правила оформления указываются в информационных буклетах по конференциям);
- методические разработки.

Журнал публикует работы по:

- 1. Физико-математическим наукам.**
- 2. Химическим наукам.**
- 3. Геолого-минералогическим наукам.**
- 4. Техническим наукам.**

Редакция журнала просит авторов при направлении статей в печать руководствоваться изложенными ниже правилами. Работы, присланные без соблюдения перечисленных правил, возвращаются авторам без рассмотрения.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

По техническим наукам принимаются статьи по следующим направлениям:

- | | |
|----------|--|
| 05.02.00 | Машиностроение и машиноведение |
| 05.03.00 | Обработка конструкционных материалов в машиностроении |
| 05.04.00 | Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение |
| 05.05.00 | Транспортное, горное и строительное машиностроение |
| 05.09.00 | Электротехника |
| 05.11.00 | Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы |
| 05.12.00 | Радиотехника и связь |
| 05.13.00 | Информатика, вычислительная техника и управление |
| 05.16.00 | Металлургия |
| 05.17.00 | Химическая технология |
| 05.18.00 | Технология продовольственных продуктов |
| 05.20.00 | Процессы и машины агроинженерных систем |
| 05.21.00 | Технология, машины и оборудование лесозаготовок, лесного хозяйства, деревопереработки и химической переработки биомассы дерева |
| 05.22.00 | Транспорт |
| 05.23.00 | Строительство |
| 05.26.00 | Безопасность деятельности человека |

При написании и оформлении статей для печати редакция журнала просит придерживаться следующих правил.

1. В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

2. Таблицы должны содержать только необходимые данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы. Каждая таблица снабжается заголовком и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на нее.

3. Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Каждый рисунок должен иметь подпись (под рисунком), в которой дается объяснение всех его элементов. Для построения графиков и диаграмм следует использовать программу Microsoft Office Excel. Каждый рисунок вставляется в текст как объект Microsoft Office Excel.

4. Библиографические ссылки в тексте статьи следует давать в квадратных скобках в соответствии с нумерацией в списке литературы. Список литературы для оригинальной статьи – не более 10 источников. Список литературы составляется в алфавитном порядке – сначала отечественные, затем зарубежные авторы и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008.

5. Объем статьи не должен превышать 8 страниц А4 формата (1 страница – 2000 знаков), включая таблицы, схемы, рисунки и список литературы.

6. При предъявлении рукописи необходимо сообщать индексы статьи (УДК) по таблицам Универсальной десятичной классификации, имеющейся в библиотеках.

7. К рукописи должен быть приложен краткий реферат (резюме) статьи на русском и английском языках.

Реферат объемом до 10 строк должен кратко излагать предмет статьи и основные содержащиеся в ней результаты.

Реферат подготавливается на русском и английском языках.

Используемый шрифт – курсив, размер шрифта – 10 пт.

Реферат на английском языке должен в начале текста содержать заголовок (название) статьи, инициалы и фамилии авторов также на английском языке.

8. Обязательное указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

9. Наличие ключевых слов для каждой публикации.

10. Указывается шифр основной специальности, по которой выполнена данная работа.

11. Редакция оставляет за собой право на сокращение и редактирование статей.

12. Статья должна быть набрана на компьютере в программе Microsoft Office Word в одном файле.

13. В редакцию направляются материалы статьи, сопроводительное письмо, 2 сканированные сторонние рецензии (докторов наук), экспертное заключение. Возможно представление электронных вариантов документов (в том числе сканированных копий сопроводительного письма, рецензии) по электронной почте edition@rae.ru. Оригиналы запрашиваются редакцией при необходимости.

14. В одном номере журнала может быть напечатана только одна статья автора.

15. Журнал издается на средства авторов и подписчиков. **Плата с аспирантов (единственный автор) за публикацию рукописей не взимается.**

16. Рукописи статей, оформленные не по правилам не рассматриваются. Присланные рукописи обратно не возвращаются. Не допускается направление в редакцию работ, которые посланы в другие издания или напечатаны в них.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 616. 711- 002- 07

**ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗИТРОМИЦИНА
В КАЧЕСТВЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО КОМПОНЕНТА В ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМАХ**

Степанова Э.Ф., Гусов Р.М., Погребняк А.В.

*ГОУ ВПО «Пятигорская государственная фармацевтическая академия», Пятигорск
Пятигорск, Россия (357500, г. Пятигорск, пр. Кирова, 33), elf@megalog.ru*

Проведен анализ результатов микробиологических исследований в отношении посевов контаминированного материала, взятого из глаз пациентов, страдающих инфекционными поражениями глаз. С использованием методов квантовой химии и молекулярной механики проведены расчеты по оптимизации геометрии молекулы азитромицина и рассчитаны значения некоторых физико-химических дескрипторов, характеризующих параметры его молекулы и прогнозирующих биофармацевтические особенности объекта.

Ключевые слова: азитромицин, лекарственные формы

**SUBSTANTIATION OF POSSIBILITY OF USE AZITHROMYCIN
AS THE OPERATING COMPONENT IN OPHTHALMOLOGIC
MEDICINAL FORMS**

Stepanova E.F., Gusov R.M., Pogrebnyak A.V.

*Pyatigorsk state pharmaceutical academy, Pyatigorsk
Pyatigorsk, Russia (357500, Pyatigorsk, avenue of Kirov, 33), elf@megalog.ru*

The analysis of results microbiological research concerning crops of the contaminated material taken of eyes of the patients, eyes suffering by infectious defeats is carried out. With use of methods of quantum chemistry and the molecular mechanics calculations on optimisation of geometry of a molecule azithromycin are carried out and values of some physical and chemical descriptors characterising its parametres molecule and predicting biopharmaceutics features of object are calculated.

Key words: azithromycin, medicinal forms

Наиболее распространенными среди заболеваний органов зрения являются воспалительные поражения глаз инфекционной природы. Проблема оптимизации ...

Список литературы

Единый формат оформления пристатейных библиографических ссылок в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008 «Библиографическая ссылка»

(Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы)

Статьи из журналов и сборников:

Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопр. философии. – 1992. – № 10. – С. 76-86.

Crawford P.J. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works / P.J. Crawford, T. P. Barrett // Ref. Libr. – 1997. Vol. 3, № 58. – P. 75-85.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, могут не повторяться в сведениях об ответственности.

Crawford P.J., Barrett T. P. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works // Ref. Libr. 1997. Vol. 3. № 58. P. 75-85.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Корнилов В.И. Турбулентный пограничный слой на теле вращения при периодическом вдуве/отсосе // Теплофизика и аэромеханика. – 2006. – Т. 13, №. 3. – С. 369-385.

Кузнецов А.Ю. Консорциум – механизм организации подписки на электронные ресурсы // Российский фонд фундаментальных исследований: десять лет служения российской науке. – М.: Науч. мир, 2003. – С. 340-342.

Монографии:

Тарасова В.И. Политическая история Латинской Америки : учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Проспект, 2006. – С. 305-412.

Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой.

Философия культуры и философия науки: проблемы и гипотезы : межвуз. сб. науч. тр. / Сарат. гос. ун-т; [под ред. С. Ф. Мартыновича]. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1999. – 199 с.

Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованных не из предписанного источника информации.

Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.У. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, не повторяются в сведениях об ответственности. Поэтому:

Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Авторефераты

Глухов В.А. Исследование, разработка и построение системы электронной доставки документов в библиотеке: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2000. –18 с.

Диссертации

Фенухин В. И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северокавказского региона : дис.... канд. полит, наук. – М.. 2002. – С. 54-55.

Аналитические обзоры:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья : аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М. : ИМЭМО, 2007. – 39 с.

Патенты:

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.

Еськов Д.Н., Бонштедт Б.Э., Корешев С.Н., Лебедева Г.И., Серегин А.Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745.1998. Бюл. № 33.

Материалы конференций

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион, конф. Ярославль, 2003. 350 с.

Марьинских Д.М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11-12 сент. 2000 г.). – Новосибирск, 2000. – С. 125-128.

Интернет-документы:

Официальные периодические издания : электронный путеводитель / Рос. нац. б-ка, Центр правовой информации. [СПб.], 20052007. URL:

<http://www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html> (дата обращения: 18.01.2007).

Логинова Л. Г. Сущность результата дополнительного образования детей // Образование: исследовано в мире: междунар. науч. пед. интернет-журн. 21.10.03. URL:

<http://www.oim.ru/reader.asp?nomers=366> (дата обращения: 17.04.07).

<http://www.nlr.ru/index.html> (дата обращения: 20.02.2007)

Рынок тренингов Новосибирска: своя игра [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://nsk.adme.ru/news/2006/07/03/2121.html> (дата обращения: 17.10.08).

Литчфорд Е. У. С Белой Армией по Сибири [Электронный ресурс] // Восточный фронт Армии Генерала А. В. Колчака: сайт. – URL: <http://east-front.narod.ru/memo/latchford.htm> (дата обращения 23.08.2007).

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ РЕЦЕНЗИИ

РЕЦЕНЗИЯ

на статью (Фамилии, инициалы авторов, полное название статьи)

Проблема (раздел журнала) Общественное здоровье и здравоохранение. Охрана материнства и детства, Питание и здоровье населения. Гигиена окружающей и производственной среды. Эпидемиология, микробиология, инфекционные и паразитарные заболевания, Социально значимые болезни и состояния, Восстановительная медицина, Медицинская психология, Подготовка кадров.

Класс статьи: 1) Оригинальное научное исследование, Новые технологии, методы диагностики, лечения, профилактики, Фундаментальные исследования, Клинические и экспериментальные исследования Научный обзор. Дискуссия, История медицины, Обмен опытом, Наблюдения из практики, Практические рекомендации, Рецензия, Лекция Краткое сообщения, Юбилей, Информационные сообщения, решения съездов, конференций, пленумов.

Научная новизна: 1) Постановка новой проблемы, обоснование оригинальной теории, концепции, доказательства, закономерности 2) Фактическое подтверждение собственной концепции, теории 3) Подтверждение новой оригинальной заимствованной концепции 4) Решение частной научной задачи 5) Констатация известных фактов

Оценка достоверности представленных результатов

Практическая значимость. Предложены: 1) Новые методы диагностики, лечения, профилактики 2) Новая классификация, алгоритм 3) Новые лекарственные препараты, результаты их апробации 4) Даны частные или слишком общие, неконкретные рекомендации 5) Практических целей не ставится

Формальная характеристика статьи

Стиль изложения – хороший, (не) требует правки, сокращения.

Таблицы – (не) информативны, избыточны.

Рисунки – приемлемы, перегружены информацией, (не) повторяют содержание таблиц.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Статья актуальна, обладает научной и практической новизной, рекомендуется для печати.

Рецензент Фамилия, инициалы

Полные сведения о рецензенте: Фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень и звание, должность, сведения об учреждении (название с указанием ведомственной принадлежности), адрес, с почтовым индексом, номер, телефона и факса с кодом города)

Дата

Подпись

Подлинность подписи рецензента подтверждаю:

Секретарь

Печать учреждения

ФИНАНСОВЫЕ УСЛОВИЯ

Статьи, представленные членами Академии (профессорами РАЕ, членами-корреспондентами, действительными членами с указанием номера диплома) публикуются на льготных условиях. Члены РАЕ могут представить на льготных условиях не более одной статьи в номер.

Для членов РАЕ стоимость одной публикации – 350 рублей.

Для других специалистов (не членов РАЕ) стоимость одной публикации – 1250 рублей. Публикация для аспирантов бесплатно (Единственный автор).

Краткие сообщения публикуются без ограничений количества представленных материалов от автора (300 рублей для членов РАЕ и 400 рублей для других специалистов). Краткие сообщения, как правило, не рецензируются. Материалы кратких сообщений могут быть отклонены редакцией по этическим соображениям, а также в виду явного противоречия здравому смыслу. Краткие сообщения публикуются в течение двух месяцев.

Оплата вносится перечислением на расчетный счет.

Получатель ИНН 5836621480 КПП 583601001 ООО Издательский Дом «Академия Естествознания»	Сч. №	40702810500001022115
Банк получателя ИНН 7744000302 Московский филиал ЗАО «Райффайзенбанк» г. Москва	БИК	044552603
	Сч. №	30101810400000000603

Назначение платежа: Услуги за публикацию (статьи, краткого сообщения, материалов конференции). НДС не облагается.

Публикуемые материалы, сопроводительное письмо, копия платежного документа направляются по адресу:

– г. Москва, 105037, а/я 47, АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, редакция журнала «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» (для статей)

или

– по электронной почте: edition@rae.ru. При получении материалов для опубликования по электронной почте в течение семи рабочих дней редакцией высылается подтверждение о получении работы.

☎ (8412) 56–17–69;

(8412) 30–41–08; (8412) 56–43–47

факс (8412) 56–17–69.

✉ stukova@rae.ru; edition@rae.ru

<http://www.rae.ru>;

<http://www.congressinform.ru>

**Библиотеки, научные и информационные организации,
получающие обязательный бесплатный экземпляр печатных изданий**

№	Наименование получателя	Адрес получателя
1.	Российская книжная палата	121019, г. Москва, Кремлевская наб., 1/9
2.	Российская государственная библиотека	101000, г. Москва, ул. Воздвиженка, 3/5
3.	Российская национальная библиотека	191069, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, 18
4.	Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук	630200, г. Новосибирск, ул. Восход, 15
5.	Дальневосточная государственная научная библиотека	680000, г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, 1/72
6.	Библиотека Российской академии наук	199034, г. Санкт-Петербург, Биржевая линия, 1
7.	Парламентская библиотека аппарата Государственной Думы и Федерального собрания	103009, г. Москва, ул. Охотный ряд, 1
8.	Администрация Президента Российской Федерации. Библиотека	103132, г. Москва, Старая пл., 8/5
9.	Библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова	119899, г. Москва, Воробьевы горы
10.	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	103919, г. Москва, ул. Кузнецкий мост, 12
11.	Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы	109189, г. Москва, ул. Николоямская, 1
12.	Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук	117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, 51/21
13.	Библиотека по естественным наукам Российской академии наук	119890, г. Москва, ул. Знаменка 11/11
14.	Государственная публичная историческая библиотека Российской Федерации	101000, г. Москва, Центр, Старосадский пер., 9
15.	Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук	125315, г. Москва, ул. Усиевича, 20
16.	Государственная общественно-политическая библиотека	129256, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, корп. 2
17.	Центральная научная сельскохозяйственная библиотека	107139, г. Москва, Орликов пер., 3, корп. В
18.	Политехнический музей. Центральная политехническая библиотека	101000, г. Москва, Политехнический пр-д, 2, п. 10
19.	Московская медицинская академия имени И.М. Сеченова, Центральная научная медицинская библиотека	117418, г. Москва, Нахимовский пр-кт, 49
20.	ВИНИТИ РАН (отдел комплектования)	125190, г. Москва, ул. Усиевича, 20, комн. 401.

ОБРАЗЕЦ КВИТАНЦИИ

Извещение	<p style="text-align: right;">Форма № ПД-4</p> <p style="text-align: center;">ООО «Издательский дом «Академия Естествознания»</p> <p style="text-align: center;">(наименование получателя платежа) ИНН 5836621480 КПП 583601001</p> <p style="text-align: center;">(ИНН получателя платежа)</p> <p>№ <u>40702810500001022115</u> (номер счета получателя платежа)</p> <p>в Московский Филиал ЗАО «Райффайзенбанк» в г.Москва</p> <p style="text-align: center;">(наименование банка и банковские реквизиты) БИК 044552603 Сч. № 30101810400000000603</p> <p>Услуги по изданию статьи</p> <p style="text-align: center;">(наименование платежа)</p> <p>Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. 00 _____ коп. Плательщик (подпись) _____</p>
	Кассир
Квитанция	<p style="text-align: center;">ООО «Издательский дом «Академия Естествознания»</p> <p style="text-align: center;">(наименование получателя платежа) ИНН 5836621480 КПП 583601001</p> <p style="text-align: center;">(ИНН получателя платежа)</p> <p>№ <u>40702810500001022115</u> (номер счета получателя платежа)</p> <p>в Московский Филиал ЗАО «Райффайзенбанк» в г.Москва</p> <p style="text-align: center;">(наименование банка и банковские реквизиты) БИК 044552603 Сч. № 30101810400000000603</p> <p>Услуги по изданию статьи</p> <p style="text-align: center;">(наименование платежа)</p> <p>Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. _____ коп. Плательщик (подпись) _____</p>
Кассир	