



# ИЗВЕСТИЯ

УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Вып. 22. 2007 г.

Журнал издается с 1915 г.



## ИЗ ИСТОРИИ ВУЗА

Уральский государственный горный университет — первое высшее заведение Урала.

Он был учрежден 3(16) июля 1914 г. законом, утвержденным Императором Николаем II, как Екатеринбургский горный институт. Первая мировая война усложнила строительство вуза. Через три года он был принят «под Высочайшее Его Императорского Величества покровительство», и институту было даровано наименование «Уральский горный институт Императора Николая II». Первым ректором института был назначен 36-летний профессор Петроградского горного института Петр Петрович фон Веймарн.

С 1923 по 1930 годы институт входил в состав Уральского университета (до 1925 года) и Уральского политехнического института. В 1934 году вуз был переименован в Свердловский горный институт, в 1991 г. — в Уральский горный институт, в 1993 г. — в Уральскую государственную горно-геологическую академию. В 2004 году вуз успешно прошел процедуру комплексной оценки деятельности и решением Аккредитационной коллегии Министерства образования и науки РФ получил высший статус и теперь называется «Уральский государственный горный университет».

В России УГТУ — среди лидеров по качеству подготовки специалистов горно-геологического профиля.

За девяносто с лишним лет своей деятельности вуз подготовил более 55 000 горных инженеров.

УГТУ — инициатор законотворческих предложений. На современном этапе разработаны механизмы по обеспечению эффективной интеграции бизнеса и образования, по развитию частно-государственного партнерства.

УГТУ — инициатор многих социально-инновационных проектов. В университете реализуется вертикаль многоуровневой подготовки специалистов, создан Институт гражданской защиты, восстанавливается Свято-Никольский храм, который по благословению Святейшего Патриарха Всея Руси Алексия станет Храмом Горняков России. Плодотворная деятельность университета направлена на благо Отечества!



Ректор УГТУ Николай Петрович Косарев, доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ



Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский государственный горный университет»

# ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного  
горного университета

Научно-технический журнал

Издается с 1918 г.

Выпуск 22

Екатеринбург – 2007

ИЗВЕСТИЯ  
УРАЛЬСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГОРНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

IZEVSTIYA  
OF THE URAL  
STATE  
MINING  
UNIVERSITY

Редакционный совет:

Косарев Н. П. (председатель)  
Талалай А. Г. (зам. председателя)

Бабенко В. В.  
Басаргин В. Ф.  
Валиев Н. Г.  
Ватолин Н. А.  
Гордеев В. А.  
Гревцев Н. В.  
Грязнов О. Н.  
Козин В. З.  
Козицын А. А.  
Козлов В. Ю.  
Корнилков С. В.  
Коротеев В. А.  
Миронов В. В.  
Пахальчак Г. Ю.  
Рыльков С. А.  
Цыпин Е. Ф.

Editorial Council:

Kosarev N. P. (Chairman)  
Talalai A. G. (Deputy Chairman)

Babenko V. V.  
Basargin V. F.  
Valiev N. G.  
Vatolin N. A.  
Gordeev V. A.  
Grevtsev N. V.  
Gryaznov O. N.  
Kozin V. Z.  
Kozitsyn A. A.  
Kozlov V. Yu.  
Kornilkov S. V.  
Koroteev V. A.  
Mironov V. V.  
Pakhalchak G. Yu.  
Rylkov S. A.  
Tsypin E. F.

Редакционная коллегия:

Косарев Н. П. (главный редактор)  
Грязнов О. Н. (зам. главного редактора)  
Поленов Ю. А. (ученый секретарь)  
Устянцева Л. В. (секретарь)

Баранников А. Г.  
Боярских Г. А.  
Ветошкина Т. А.  
Игнатьева М. Н.  
Коршунов И. Г.  
Кох И. А.  
Лель Ю. И.  
Наседкин В. А.  
Павлов В. В.  
Сквородников И. Г.  
Сурнев В. Б.  
Тимухин С. А.  
Удачина Н. А.  
Филатов В. В.  
Хохряков В. С.  
Чернявская Г. К.

Editorial Board:

Kosarev N. P. (Editor-in-Chief)  
Gryaznov O. N. (Deputy Editor-in-Chief)  
Polenov Yu. A. (Scientific Secretary)  
Ustyantseva L. V. (Secretary)

Barannikov A. G.  
Boyarskikh G. A.  
Vetoshkina T. A.  
Ignatieva M. N.  
Korshunov I. G.  
Kokh I. A.  
Lel Yu. I.  
Nasedkin V. A.  
Pavlov V. V.  
Skvorodnikov I. G.  
Surnev V. B.  
Timukhin S. A.  
Udachina N. A.  
Filatov V. V.  
Khokhryakov V. S.  
Chernyavskaya G. K.

Состав редакторов по разделам:

*Естественные науки:*

Баранников А. Г. (ответственный редактор),  
Коршунов И. Г., Павлов В. В.,  
Сквородников И. Г., Сурнев В. Б.

*Технические науки:*

Тимухин С. А. (ответственный редактор),  
Боярских Г. А., Лель Ю. И., Хохряков В. С.

*Социально-экономические и гуманитарные науки:*

Игнатьева М. Н. (ответственный редактор),  
Ветошкина Т. А., Кох И. А., Наседкин В. А.,  
Удачина Н. А., Чернявская Г. К.

*История университета, юбилейные даты*  
ответственный редактор Филатов В. В.

Editors Membership on Sections:

*Natural Sciences:*

Barannikov A. G. (Responsible Editor)  
Korshunov I. G., Pavlov V. V.,  
Skvorodnikov I. G., Surnev V. B.

*Technical Sciences:*

Timukhin S. A. (Responsible Editor)  
Boyarskikh G. A., Lel Yu. I., Khokhryakov V. S.

*Social-economic and the Humanities:*

Ignatieva M. N. (Responsible Editor)  
Vetoshkina T. A., Kohk I. A., Nasedkin V. A.,  
Udachina N. A., Chernyavskaya G. K.

*History of the University, jubilee dates*  
Responsible editor Filatov V. V.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Уральский государственный горный университет – старейший технический вуз региона, крупный центр горно-геологического высшего образования и науки России. За 92 года активной деятельности в университете созданы научные школы по различным направлениям геологии, геофизики, горного дела и горной механики, подготовлено свыше 50 тысяч специалистов с высшим образованием, известных не только на Урале, в Российской Федерации, но и за их пределами.

Одной из важнейших сфер своей деятельности в первые же годы работы молодого вуза руководство Уральского горного института, учрежденного по Высочайшему Указу Императора Николая II в июле 1914 г., считало публикацию результатов исследований. В 1917 г. был изначен обширный план изданий, включавший Научные труды Уральского горного института и журнал «Известия Уральского горного института». В связи с гражданской войной и частичной эвакуацией вуза во главе с ректором проф. П. П. Веймарном первый и единственный номер журнала (вып. I) под его редакцией вышел в свет во Владивостоке в 1918 г.

Достижения уральской горно-геологической школы освещались в Трудах Свердловского горного института. За период с 1937 по 1976 гг. издано 132 выпуска Трудов (№ 2–133), в которых опубликованы результаты научных исследований преподавателей, сотрудников и студентов института. В 1971 г. в соответствии с Приказом Минвуза РСФСР институт перешел к изданию межвузовских научных тематических сборников. С 1971 по 1992 гг. выпущено 125 сборников. Они сыграли определенную положительную роль в пропаганде научных идей и результатов исследований, проводимых сотрудниками института. Однако в процессе издания тематических сборников выявился ряд недостатков и трудностей.

В соответствии с лицензией ЛР № 020256 на издательскую деятельность, выданной Министерством печати и массовой информации, существенно расширились права института в этой области.

С 1993 г. возобновилось издание журнала «Известия Уральского горного института» (с 1996 г. – Уральской государственной горно-геологической академии). Журнал публиковал научные работы преподавателей, сотрудников, докторантов, аспирантов и студентов института по всем направлениям фундаментальных и прикладных исследований кафедр: по проблемам геологии, геофизики, горного дела и горной электромеханики. Результаты исследований охватывали полный цикл изучения минерального сырья – от геологии, прогнозирования, поисков и разведки полезных ископаемых до их разработки и обогащения, включая многогранные аспекты техники и технологии разведочного дела и горного производства.

Материалы «Известий» распределялись в три серии: «Геология и геофизика», «Горное дело» и «Горная электромеханика».

В серии «Геология и геофизика» освещались результаты научных исследований по общей, исторической и региональной геологии; минералогии, петрографии и геохимии; геологии, прогнозированию, поискам и разведке месторождений полезных ископаемых, гидро-геологии, инженерной геологии и геоэкологии; разведочной геофизике; технике, технологиям и организации геологоразведочных работ.

В серии «Горное дело» обсуждались способы и методы разработки месторождений полезных ископаемых; шахтного строительства, проходки и крепления горных выработок, разрушения горных пород; механизмы горных пород, маркшейдерии, геодезии; проблемы экономики и организации горного производства, охраны труда, охраны окружающей среды горных предприятий.

В серии «Горная электромеханика» рассматривались современные проблемы автоматизации горно-технологических процессов; горных машин и комплексов; горной механики; электрификации горных предприятий и электропривода; обогащения полезных ископаемых.

Кроме основных рубрик в выпусках всех серий публиковались краткие сообщения, воп-

росы горно-геологического образования, историографии, критики, библиографии, хроники.

Помимоserialных выпусков издано три специальных выпуска, посвященных юбилеям кафедр, Уральской горнопромышленной декаде. Всего опубликовано 24 выпуска журнала.

В 2004 г. наш вуз получил статус университета. В связи с необходимостью освещения всех направлений научной деятельности, ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет» в 2007 г. приступает к изданию журнала «Известия Уральского государственного горного университета» новой структуры. Предусматривается публикация статей по четырем разделам:

- естественные науки (математика, физика, химия, геология, геофизика, экология);
- технические науки;

– социально-экономические и гуманитарные науки (философия, социология, экономика, культурология, история, искусствоведение, иностранный язык, физкультура и спорт);

– исторические события, юбилейные даты.

Кроме того, журнал будет освещать справочные материалы о деятельности ведущих геологических, горнодобывающих, горно-обогатительных и горно-металлургических предприятий Урала, России, ближнего и дальнего зарубежья, сотрудничающих с Уральским государственным горным университетом.

Поздравляю коллектив университета с изданием первого номера обновленного журнала, приглашаю к активному обсуждению результатов своих исследований.

**Главный редактор журнала  
ректор УГГУ,  
профессор Н. П. КОСАРЕВ**

УДК 550.24

## ДИНАМИКА РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ МАСС КАК ТЕЧЕНИЕ АНИЗОТРОПНОЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

А. Н. Мезенцев, А. Н. Ратушняк

Предложено рассматривать массоперенос в верхней части земной коры как течение анизотропной вязкой жидкости. Получены уравнения течения для среды с однородной анизотропией. В качестве примеров рассмотрены одномерное стационарное течение, а также движение свободной поверхности под действием силы тяжести при симметричном и несимметричном начальных рельефах.

*Ключевые слова:* Земная кора, анизотропная жидкость, рельеф.

It is suggested to consider the mass transfer in the upper layer of the Earth's crust as a stream of anisotropic viscous liquid. The stream equations for the medium with uniaxial anisotropy have been obtained. As the examples – one-dimensional stationary stream and the movement of a free surface by the gravity action in the case of symmetric and asymmetric initial reliefs are considered.

*Key words:* Earth's crust, anisotropic liquid, relief.

Полагая рельефообразующие массы упругим телом, можно определить напряжения, возникающие под действием силы тяжести или обусловленные движением блоков его основания. Такое рассмотрение весьма полезно в горной механике и сейсмологии, однако оно статично, т. е. не звукционно с точки зрения геодинамики как теории геологического развития. Как известно, геологические скорости деформации обычно составляют  $10^{-14} \div 10^{-15}$  см<sup>2</sup>/с, что соответствует абсолютным скоростям движения геологических масс, мм – первые см в год. При столь малых скоростях деформации горные породы по своим свойствам приближаются к вязкой жидкости. В последние десятилетия в большинстве регионов мира, в том числе и на Урале (см., например, [1]) установлено широкое развитие зон интенсивных скользовых пластических леформаций. Структурные исследования таких зон показали, что практически все литифицированные горные породы подвержены в той или иной степени пластическому течению. В частности, горный рельеф в отсутствие орогенических движений необратимо изменяется, подвергаясь денудации и пенепелензации. При этом массоперенос осуществляется путем поверхностного сноса (эрозии), обрушений и оползней, которые

в геологическом масштабе времени можно рассматривать как непрерывный процесс. Вероятно, массоперенос захватывает весь объем рельефообразующих масс, о чем свидетельствуют следы вязкого течения в полосчатых структурах. Узодобим поэтому весь массоперенос вязкому течению. При этом нужно иметь в виду следующие обстоятельства.

Во-первых, эффективная вязкость верхней части земной коры должна быть существенно выше, чем вязкость мантии, коэффициент вязкости которой оценивается в  $\sim 10^{21}$  Па·с [7]. Во-вторых, так как горные породы в большинстве своем анизотропны, причем анизотропия обусловлена, как правило, их слоистой структурой, наиболее адекватной следует, по-видимому, считать модель анизотропной жидкости с однородной анизотропией, полагая, что ось направлена перпендикулярно слоистости.

Механические свойства анизотропной жидкости характеризуются [3] тензором вязкости  $\{\eta_{\mu\nu}\}$  четвертого ранга. В общем случае число независимых коэффициентов вязкости  $\eta_{\mu\nu}$  равно 21; в среде с однородной анизотропией их число уменьшается до пяти. Обозначая эти коэффициенты через  $\xi$ ,  $\zeta_1$ ,  $\zeta_2$ ,  $\mu$ ,  $\mu_1$ , а ось анизотропии через  $z$ , запишем уравнения течения [8]:

$$\begin{aligned} \rho \frac{dV_x}{dt} &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \left( \zeta + \frac{\mu}{3} \right) \frac{\partial}{\partial x} \operatorname{div} \vec{V} + \mu \Delta V_x + (\mu_1 - \mu) \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} + (\mu_1 - \mu + \zeta_1) \frac{\partial^2 V_x}{\partial x \partial z} + \rho g_z; \\ \rho \frac{dV_y}{dt} &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \left( \zeta + \frac{\mu}{3} \right) \frac{\partial}{\partial y} \operatorname{div} \vec{V} + \mu \Delta V_y + (\mu_1 - \mu) \frac{\partial^2 V_y}{\partial z^2} + (\mu_1 - \mu + \zeta_1) \frac{\partial^2 V_y}{\partial y \partial z} + \rho g_x; \\ \rho \frac{dV_z}{dt} &= -\frac{\partial P}{\partial z} + \left( \zeta - \frac{2}{3} \mu + \mu_1 \right) \frac{\partial}{\partial z} \operatorname{div} \vec{V} + \mu \Delta V_z - 2(\mu_1 - \mu - \zeta_1) \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} + \rho g_z. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $\rho$  и  $P$  – соответственно, плотность и давление жидкости;  $V_x, V_y, V_z$  – проекции на изодинамические оси  $x, y, z$  вектора скорости течения  $\vec{V}$ ;  $g_x, g_y, g_z$  – проекции на эти оси ускорения силы тяжести  $\vec{g}$ . В случае, когда жидкость можно считать несжимаемой (что применительно к геодинамическим процессам, ввиду их медленности, всегда имеет место), в уравнениях (1) можно опустить слагаемые, содержащие производные по времени и  $\operatorname{div} \vec{V}$ . Система (1) совместно с уравнением непрерывности

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{V}) = 0 \quad (2)$$

(для несжимаемой жидкости –  $\operatorname{div} \vec{V} = 0$ ) является полной системой уравнений для нахождения функций  $V_x, V_y, V_z$  и  $P$ .

Рассмотрим в качестве примера стационарное одномерное течение Пуазейля несжимаемой анизотропной жидкости в отсутствие силы тяжести. Пусть одномерный поток направлен вдоль оси  $x'$  системы координат, ось  $y'$  которой совпадает с осью  $y$ , в оси  $x'$  и  $z'$  повернуты на некоторый угол  $\alpha$  относительно осей  $x$  и  $z$  соответственно, где  $x, y, z$  – главные оси анизотропии. Положим, что поток поддерживается постоянным градиентом давления вдоль оси  $x'$  и что единственная отличная от нуля составляющая вектора скорости течения  $V_{x'}(y') = V$  зависит лишь от координаты  $y'$ . Тогда первое и третье уравнения системы (1) имеют вид

$$\begin{aligned} -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 V_x}{\partial y'^2} &= 0; \\ -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu_1 \frac{\partial^2 V_z}{\partial y'^2} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Второе уравнение и уравнение непрерывности удовлетворяются автоматически. При пе-

реходе к штрихованной системе координат уравнения (3) преобразуются в

$$\begin{aligned} -\cos \alpha \frac{\partial P}{\partial x'} - \sin \alpha \frac{\partial P}{\partial z'} + \mu \cos \alpha \frac{\partial^2 V}{\partial y'^2} &= 0; \\ \sin \alpha \frac{\partial P}{\partial x'} - \cos \alpha \frac{\partial P}{\partial z'} - \mu_1 \sin \alpha \frac{\partial^2 V}{\partial y'^2} &= 0, \end{aligned}$$

откуда, исключая  $\frac{\partial^2 V}{\partial y'^2}$ , получим

$$\frac{\partial P}{\partial z'} = \frac{(\mu_1 - \mu) \sin \alpha \cos \alpha}{\mu_1 \sin^2 \alpha + \mu \cos^2 \alpha} \left( -\frac{\partial P}{\partial x'} \right).$$

Таким образом, анизотропия приводит (если угол  $\alpha$  не равен нулю или  $\pm \pi/2$ ) к появлению поперечного потока градиента давления: она стремится отклонить поток так, чтобы объемная плотность сил вязкого трения была наименьшей (в данном случае – вдоль оси  $x$ , если  $\mu < \mu_1$ ), а поперечный градиент препятствует этому. Эффект возникновения поперечного градиента давления хорошо известен в физике жидких кристаллов. Это и неудивительно, так как жидкие кристаллы во многих отношениях ведут себя как анизотропные жидкости, хотя их математические описания существенно различны [5].

Для изотропной среды  $\mu = \mu_1$ ,  $\zeta_1 = \zeta_2 = 0$  и уравнения (1) переходят в уравнения Навье-Стокса [4].

Рассмотрим движение свободной поверхности однородной изотропной вязкой массы под действием силы тяжести. Пусть двумерное возвышение рельефа в начальный момент времени  $t = 0$  имеет симметричный относительно оси  $y$  вид – например, дается функцией

$$H(0, x) = \frac{h x_0^2}{x_0^2 + x^2},$$

где  $h$  – максимальное поднятие;  $x_0$  – расстояние от оси хребта до прямой, на которой его

высота снижается наполовину. Первое и третье уравнения системы (1) и уравнение непрерывности (2) приобретают при этом вид (ось  $z$  направлена вниз)

$$\begin{aligned} -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) &= 0; \\ -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left( \frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) + \rho g &= 0; \quad (4) \\ \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_z}{\partial z} &= 0; \end{aligned}$$

второе уравнение системы (1) удовлетворяеться автоматически. Если полуширина хребта  $x_0$  значительно превышает максимальное поднятие, высота рельефа в произвольный момент времени  $t > 0$  определяется выражением [2]:

$$H(t, x) = h \sqrt{\frac{t}{\tau}} \left[ \left( 1 + i \frac{x}{x_0} \right)^{-\frac{1}{2}} K_0 \left( 2 \sqrt{\frac{t}{\tau}} \sqrt{1 + i \frac{x}{x_0}} \right) + \right. \\ \left. + \left( 1 - i \frac{x}{x_0} \right)^{-\frac{1}{2}} K_0 \left( 2 \sqrt{\frac{t}{\tau}} \sqrt{1 - i \frac{x}{x_0}} \right) \right], \quad (5)$$

где  $\tau = \frac{2\mu}{\rho g x_0}$  – характерное время процесса денудации;  $i = (-1)^{1/2}$ ;  $K_0$  здесь и далее – функции Макдональда.

На рис. 1 представлены результаты расчетов по формуле (5) в безразмерных координатах  $x/x_0$  и  $H(t, x)/h$  в зависимости от приведенного времени  $t/\tau$ . Будем считать, что уровень  $z = 0$  – это уровень моря. Наиболее интересным результатом является переход с течением времени гипсометрических отметок рельефа через этот уровень. Таким образом, рядом с хребтом по обе стороны от него образуются сопряженные впадины. При  $t/\tau = 2.0$ , когда остается  $\approx 14\%$  от первоначальной высоты хребта, глубина впадин достигает  $4.3\%$ , т. е. трети оставшейся высоты. При  $\mu = 10^{12}$  Па·с;  $\rho = 3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $x_0 = 50$  км характерное время  $\tau$  составляет примерно 4,3 млн лет, и, согласно рис. 1, через  $\approx 9$  млн лет после прекращения восходящих движений первоначальная высота гор, к примеру 10 км, уменьшится до  $\approx 1.5$  км, а в окрестностях будут существовать мелководные бассейны глубиной до 0,5 км.

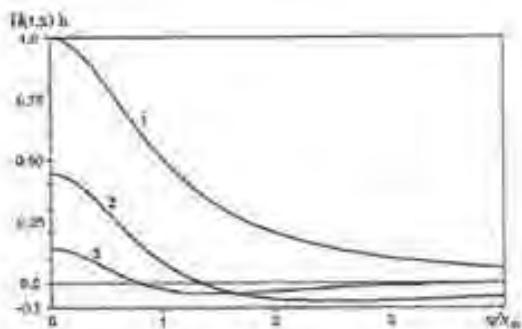


Рис. 1. Изменение рельефа в результате вязкого течения при  $h/x_0 = 0,2$  в относительном виде.  
Цифры на кривых – приведенное время  $t/\tau$ :  
1 – начальный рельеф; 2 – 0,5; 3 – 2,0

Рассмотрим теперь антисимметричный относительно оси  $z$  начальный рельеф: пусть он дается, например, функцией

$$H(0, x) = \frac{h}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{x}{x_0},$$

где  $h$  – максимальная высота ступени;  $x_0$  – расстояние от середины ступени до прямой, на которой ее высота снижается на четверть. При  $h \ll x_0$  рельеф в произвольный момент времени определяется выражением [6]

$$H(t, x) = \frac{ih}{\pi} \left[ K_0 \left( 2 \sqrt{\frac{t}{\tau}} \sqrt{1 + i \frac{x}{x_0}} \right) - \right. \\ \left. - K_0 \left( 2 \sqrt{\frac{t}{\tau}} \sqrt{1 - i \frac{x}{x_0}} \right) \right] \quad (6)$$

(обозначения те же, что и в формуле (5)).

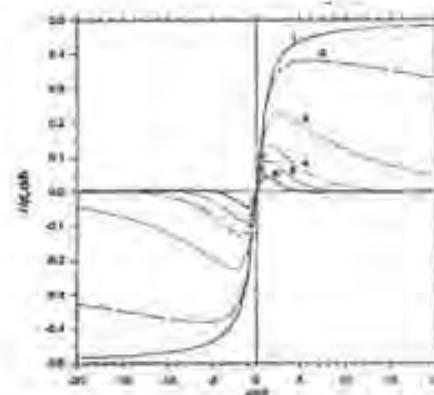


Рис. 2. Изменение рельефа в результате вязкого течения при  $h/x_0 = 0,2$  в относительном виде.  
Цифры на кривых – приведенное время  $t/\tau$ :  
1 – начальный рельеф; 2 – 0,01;  
3 – 0,1; 4 – 0,3; 5 – 0,5; 6 – 1,0

На рис. 2 приведены результаты расчетов по формуле (6) в тех же координатах, что и на рис. 1. Видно, что на временах  $t/\tau \sim 0,1$  ступень превращается в сопряженные впадину и ороген. Для  $\mu = 10^{23}$  Па·с,  $\tau = 3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $x_0 = 25$  км характерное время  $t = 8,6$  млн лет, так что реальное время образования системы впадины и орогена составит около 1 млн лет. Далее в течение длительного времени происходит деградация этой системы без изменения положения ее оси.

Приведенные примеры показывают, что представление о движении рельефообразующих масс, как о течении вязкой жидкости, по крайней мере, имеет право на существование. Впоследствии этот подход можно будет уточнить, приписав эрозионному слою пониженную вязкость, и использовать вязкую модель, охватывающую всю земную кору и атмосферу.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Иванов К. С. Основные черты геологической истории (1,6 – 0,2 млрд лет) и строение Урала. Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 1998. 252 с.
- Иванов К. С., Корнильев В. В., Мезенцев А. Н., Ратушник А. Н. Изменение рельефа орогена как результат вязкого течения. Екатеринбург, 1998. 10 с. Деп. в ВИНТИ № 1749-В98.
- Ландau Л. Д., Лишинц Е. М. Теория упругости. М.: Наука, 1987. 248 с.
- Ландau Л. Д., Лишинц Е. М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с.
- Мезенцев А. Н. Применение теории жидких кристаллов к динамике трещиновато-слоистых сред // Георесурсы. 2002. № 1. С. 38–41.
- Мезенцев А. Н., Ратушник А. Н. Изменение несимметричного рельефа вследствие вязкого течения. Екатеринбург, 1999. 5 с. Деп. в ВИНТИ № 1626-В99.
- Теркот Д., Шуберт Дж. Геодинамика. М.: Мир, 1985. 730 с.
- Mezençev A. N. Dynamics of Stratified Media as the Flow of Anisotropic Viscous Fluid // Georesources. 2004. № 1. P.34–35.

УДК 532.783, 548.14

## ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

В. А. Коноплев, В. К. Першин

Проведен бифуркационный анализ обобщенной модели Ландау – де Жена смектического жидкого кристалла типа C с тремя взаимодействующими параметрами порядка – ориентационным, трансляционным и угловым. Модель описывает четыре фазовых состояния: смектическое типа C (C), смектическое типа A (A), нематическое (N) и изотропно-жидкое (I). В рамках классификации топологических типов фазовых диаграмм системы установлено, что в модели реализуются два типа тройных точек (TP): либо  $TP_{C-A-I}$  и  $TP_{C-N-I}$ , либо  $TP_{C-N-I}$  и  $TP_{A-N-I}$ , наблюдаемых на эксперименте. Показано, что в зависимости от соотношения между параметрами модели могут осуществляться последовательности фазовых превращений типа N-C-A-N-I, C-N-A-N-I, C-N-C-A-N-I и др. с возратными фазами.

**Ключевые слова:** феноменологическое моделирование, возвратные фазовые переходы, жидкые кристаллы.

A bifurcation analysis of the generalized Landau – de Gennes model of smectic liquid crystal of type C with three coupled order parameters (orientation, translational and angular) was performed. The model describes four phase states, namely, smectic of type C (C), smectic of type A (A), nematic (N) and isotropic liquid (I). Within the framework of classification of topological types of phase diagrams of system it is established, that in model two types of triple points (TP) are realized: either  $TP_{C-A-I}$  and  $TP_{C-N-I}$  or  $TP_{C-N-I}$  and  $TP_{A-N-I}$ , observable on experiment. It is shown, that depending on a ratio between parameters of model sequences of phase transformations such as N-C-A-N-I, C-N-A-N-I, C-N-C-A-N-I, etc. with reentrant phases can be carried out.

**Ключевые слова:** феноменологическое моделирование, возвратные фазовые переходы, жидкые кристаллы.

## Введение

Смектические жидкые кристаллы типа С (СЖК-С), как и смектики А (СЖК-А), обладают слоистой структурой, однако их молекулы имеют отличный от нуля угол наклона относительно вектора нормали к смектическим слоям. С ростом температуры СЖК-С испытывают фазовый переход (ФП) либо в СЖК-А, либо в нематическое состояние (*N*) с конечным скачком углового параметра порядка до нуля. При этом экспериментально установлено, что превращения А-С, как правило, являются второродными, а *N*-С, как правило, первородными [16, 17]. Также экспериментально наблюдалась и непосредственно ФП I рода из СЖК-С в изотропно-жидкое (I) состояние, характеризующееся одновременным угловым, трансляционным и ориентационным разупорядочением.

Кроме превращений *C-I*, *C-A-I* и *C-N-I* обнаружены и последовательности ФП типа *C-A-N-I*. Подчеркнем, что на границе фазовых превращений *A-N* может присутствовать или отсутствовать трикритическая точка (*TCP<sub>AN</sub>*) [10-12], а на фазовой диаграмме (ФД) могут наблюдаться пары тройных точек (*TP*): либо *TP<sub>C-A-I</sub>* и *TP<sub>C-N-I</sub>* либо *TP<sub>C-A-N</sub>* и *TP<sub>C-N-I</sub>* [3-6, 9, 13, 18].

Среди других особенностей СЖК-С отметим наличие возвратного мезоморфизма. В частности, в работах [19, 21] обнаружена последовательность фазовых превращений типа *I-N-A-C-N*, которая имеет место с понижением температуры в определенной области концентраций бинарной смеси мезогенов. При исследовании отдельных гомологов в гомологических рядах СЖК с ростом температуры экспериментально зафиксированы последовательности ФП вида *C-N-A-N-I* и *C-N-C-A-N-I* [14, 15, 20]. Подчеркнем, что подобные превращения с возвратными фазами до настоящего времени не описаны ни в одной из теоретических схем.

Таким образом, целью настоящей работы является построение и исследование общей модели СЖК-С с тремя взаимодействующими параметрами порядка - угловым, трансляционным и ориентационным, которая позволяет описать четыре экспериментально наблюдаемые фазы - С, А, *N*, *I* - и ФП между

ними, а также дать классификацию топологических типов возможных ФД. Для реализации этой задачи в рамках феноменологической теории ФП Л. Д. Ландау применен бифуркационный метод исследования семейств потенциальных функций, используемый в прикладной теории катастроф [1]. Особое внимание уделено исследованию явлений возвратного мезоморфизма, когда на температурной шкале одна или две низкосимметричные фазы оказываются заключенными между одинаковыми высокосимметричными состояниями.

## Формализм

Потенциал свободной энергии модели СЖК-С в соответствии с симметрией системы [1, 2, 7, 8] выбран в виде

$$F(Q, S) = \tau Q^2 / 2 - \beta Q^3 / 3 + \gamma Q^4 / 4 + \tau_2 S^2 / 2 + b S^4 / 4 - \chi(0) Q S^2 + \eta(0) Q^2 S^2 / 2, \quad (1)$$

где  $\chi(0) = \chi_0 - \chi_1 \theta^2$ ;  $(2)$

$$\eta(0) = \eta_0 - \eta_1 \theta^2 + \eta_2 \theta^4. \quad (3)$$

В (1):  $Q$  и  $S$  - параметры ориентационного и трансляционного порядков соответственно;  $\theta$  - угол наклона молекул в смектических слоях; модельные параметры  $b$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\chi_0$ ,  $\chi_1$ ,  $\eta_0$ ,  $\eta_1$  и  $\eta_2$  - положительные материальные константы.

Величины  $\tau_1 = a_k (T - T_{c_k})$ ,  $a_k > 0$ ,  $k = 1, 2$  характеризуют отклонение температуры мезофазы  $T$  от подгоночных параметров теории температур фазовых переходов в неупорядоченное состояние  $T_{c_1}$ ,  $T_{c_2}$ , которые имеют место в рамках среднеполового подхода Ландау при отсутствии взаимосвязи между трансляционным и ориентационным упорядочением в системе. Предполагается, что, как это принято в теории Ландау [2], параметры  $T_{c_1}$ ,  $T_{c_2}$  являются функциями от концентрации смеси или от длины молекулярных гомологов в гомологических рядах ЖК. При этом отображение плоскости  $(\tau_2, \tau_1)$  на плоскость «концентрация - температура» или «номер гомолога - температура» предполагается гладким и вза-

имно однозначным. При таком отображении топология ФД остается неизменной, поэтому далее ФД приведены в модельных координатах ( $\tau_2, \tau_1$ ). Отметим, что формулы (1) с математической точки зрения описывают модельную катастрофу  $X_{1,1,1}$  с тремя переменными  $Q, S, \theta$  и десятью управляемыми параметрами  $\{\tau_1, \tau_2, \beta, b, \gamma, \chi_0, \chi_1, \eta_0, \eta_1, \eta_2\}$ .

Уравнения состояния системы с потенциалом (1) определяются из условия  $\nabla F(Q, S, \theta) = 0$  и имеют вид

$$\tau_1 Q - \beta Q^2 + \gamma Q^3 - \chi(0)S^2 + \eta(0)QS^2 = 0; \quad (4)$$

$$S(\tau_2 - 2\chi(0)Q + \eta(0)Q^2 + bS^2) = 0; \quad (5)$$

$$\theta QS^2(2\chi_1 - \eta_1 Q + 2\eta_2 Q\theta^2) = 0. \quad (6)$$

Анализ последних показывает, что их возможные решения можно разделить на четыре группы, первая из которых

$$\begin{cases} \tau_1 Q - \beta Q^2 + \gamma Q^3 - (\bar{\chi} - \bar{\eta} Q)S^2 = 0; \\ S(\tau_2 - 2\bar{\chi}Q + \bar{\eta}Q^2 + bS^2) = 0; \\ \theta^2 = \eta_1/(2\eta_2) - \chi_1/(2\eta_2Q) \end{cases} \quad (7)$$

отвечает смектическому  $C$  состоянию мезофазы, где

$$\bar{\chi} = \chi_0 - \eta_1(\chi_1 + \mu)/(2\eta_2) + \chi_1^2/(\eta_2Q); \quad (8)$$

$$\bar{\eta} = \eta_0 - \eta_1^2/(4\eta_2) + \chi_1^2/(\eta_2Q^2), \quad (9)$$

вторая

$$\begin{cases} \theta = 0; \\ \gamma Q^3 - \beta Q^2 + \tau_1 Q + S^2(\eta_0 Q - \chi_0) = 0; \\ S^2 = (2\chi_0 Q - \eta_0 Q^2 - \tau_2)/b \end{cases} \quad (10)$$

соответствует смектическому  $A$  состоянию, третья

$$\theta = 0, S = 0, \gamma Q^2 - \beta Q + \tau_1 = 0 \quad (12)$$

нематическому и четвертая  $\theta = S = Q = 0$  – изотропно-жидкому состоянию системы.

Матрица устойчивости (гессиан) записывается в виде

$$\text{Hes}(F) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

где введены обозначения

$$H_{11} = \tau_1 - 2\beta Q + 3\gamma Q^2 - \eta(0)S^2;$$

$$\begin{aligned} H_{22} &= \tau_2 - 2\chi(0)Q + \eta(0)Q^2 + 3bS^2; \\ H_{12} &= H_{21} = 2S[\eta(0)Q - \chi(0)]; \\ H_{13} &= H_{31} = 20S^2[\chi_1 - \eta_1 Q + 2\eta_2 Q\theta^2]; \\ H_{33} &= Q S^2(2\chi_1 - \eta_1 Q + 6\eta_2 Q\theta^2); \\ H_{23} &= H_{32} = 20QS[2\chi_1 - \eta_1 Q + 2\eta_2 Q\theta^2] \end{aligned} \quad (14)$$

Равенство нулю детерминанта матрицы устойчивости (13), (14) совместно с решениями системы уравнений (4)–(6) определяет бифуркационное множество модели, состоящее из совокупности сепаратрис различных состояний. Последнее разбивает десятимерное пространство управляемых параметров  $\{\tau_1, \tau_2, \beta, b, \gamma, \chi_0, \chi_1, \eta_0, \eta_1, \eta_2\}$  на открытые непересекающиеся области с топологически различным видом термодинамического потенциала (1)–(3). В связи с этим полный бифуркационный анализ модели СЖК-С является весьма нетривиальной задачей. Параметрическое представление сепаратрис описано в приложении.

Для определения областей устойчивости различных мезоморфных состояний авторами разработан и использован оригинальный метод сечений бифуркационного множества многоPARAMетрических потенциалов. Алгоритм метода, позволяющего определить локализацию и тип экстремумов семейства потенциальных функций типа (1), подробно изложен в работе [7]. Отметим только, что в общем случае рассматриваемая модель СЖК-С описывает в плоскости  $(\tau_2, \tau_1)$  области устойчивости четырех фаз  $C, A, N, I$ , причем области стабильности  $C$  и  $N$  состояний, как правило, взаимно пересекаются при любых, а области устойчивости смектических  $C$  и  $A$  фаз, как правило, не пересекаются ни при каких соотношениях модельных параметров, что является определяющим признаком первородности или второродности, соответственно, фазовых переходов между ними.

## Результаты и обсуждение

Ниже представлен ряд результатов исследования топологических типов ФД СЖК-С. В основу их классификации положены различные соотношения между критическими модельными параметрами, отражающие степень ориентационно-трансляционной связи. На всех

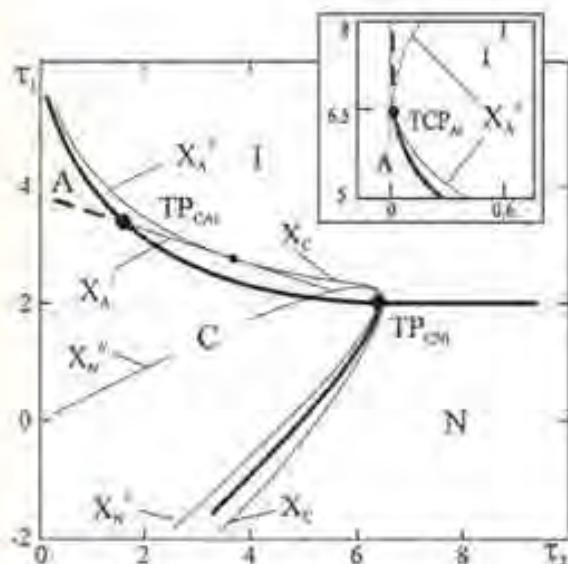


Рис. 1. Фазовая диаграмма с двумя тройными точками  $TP_{C,N}$  и  $TP_{C,N'}$

Параметры модели:  $\beta=3$ ,  $\gamma=1$ ,  $b=3$ ,  $\chi_0=3.8$ ,  $\eta_0=1.6$ ,  $\eta_1=0.1$ ,  $\eta_2=1$ ,  $\chi_1=0.05$ .

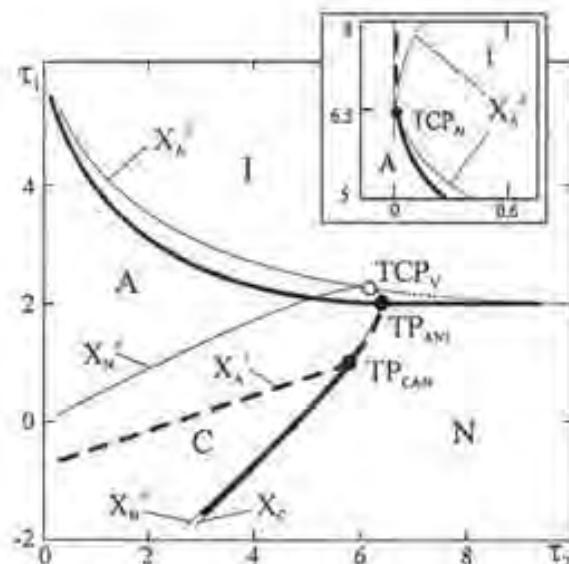


Рис. 2. Фазовая диаграмма с тройной точкой  $TP_{A,N}$ , виртуальной тройникритической  $A-N$  точкой ( $TCP_v$ ) и выпуклой вниз фазовой границей  $C-N$

и  $A-N$  переходов в окрестности мультикритической тройной точки  $TP_{C,N}$ . Параметры модели:  $\beta=3$ ,  $\gamma=1$ ,  $b=3$ ,  $\chi_0=3.8$ ,  $\eta_0=1.6$ ,  $\eta_1=0.1$ ,  $\eta_2=1$ ,  $\chi_1=0.5$ .

на рисунках жирные непрерывные линии изображают линии ФП 1 рода, пунктирные – ФП 2 рода, а тонкие линии соответствуют кривым сепаратрисам.

Для ФД на рис. 1 характерно то, что у сепаратрис  $X_C$  и  $X_N$  нет точек касания, а луч  $X_A$ , имеющий отрицательное значение тангенса угла наклона  $k$  к оси  $\tau_2$ , исходит из точки на верхней (нефизической) ветви параболы  $X_N$ . Этот луч имеет общую точку касания с сепаратрисами  $X_C$  и  $X_A$  – точку, в которой последние гладко «сливаются» друг с другом своими частями, являющимися границами устойчивости  $C$  и  $A$  фаз. Сепаратрисы  $X_C$  и  $X_A$  не имеют точек касания с сепаратрисой  $X_N$ . Сепаратриса  $X_A$  при  $Q=0$  обладает еще одной точкой касания – с сепаратрисой  $X_I$  (см. вставку к рис. 1), а сепаратрисы  $X_C$  и  $X_I$  не имеют общих точек касания и точек касания с сепаратрисой  $X_N$ . В результате на ФД появляются линии ФП  $C-A$ ,  $C-I$ ,

$A-I$ ,  $C-N$  и  $N-I$ , а также реализуются  $TCP_{A,N}$  и две тройные точки:  $TP_{C,N}$  и  $TP_{C,N'}$ . При некотором увеличении параметра  $\chi_1$  точка касания сепаратрис  $X_C$  и  $X_A$  оказывается на параболе  $X_N$  и далее распадается на две точки касания, так что одна из них является уже точкой касания кривых  $X_A$  и  $X_N$  ( $TCP_v$ ), а другая – сепаратрис  $X_C$  и  $X_N$  (рис. 2). Кроме этого возникают две тройные точки, но уже другого типа:  $TP_{A,N}$  и  $TP_{C,N}$ . Отметим, что в данном случае  $TP_{A,N}$  является обыкновенной тройной точкой, а  $TP_{C,N}$  – мультикритической, так как в ней касаются сепаратрисы  $X_A$  и  $X_N$ . Подчеркнем, что точка  $TP_{A,N}$  может совпадать с точкой  $TP_{C,N}$ , и в этом случае последняя является супермультикритической тройной точкой, поскольку в ней точки  $TCP_{A,N}$  и  $TCP_{C,N}$  сливаются в единую тройникритическую точку.

Важной особенностью исследованных ФД является то, что гладкая линия ФП  $C-N$  и  $A-N$  может быть как выпуклой вниз, так и выпуклой вверх, а при определенных параметрах эта

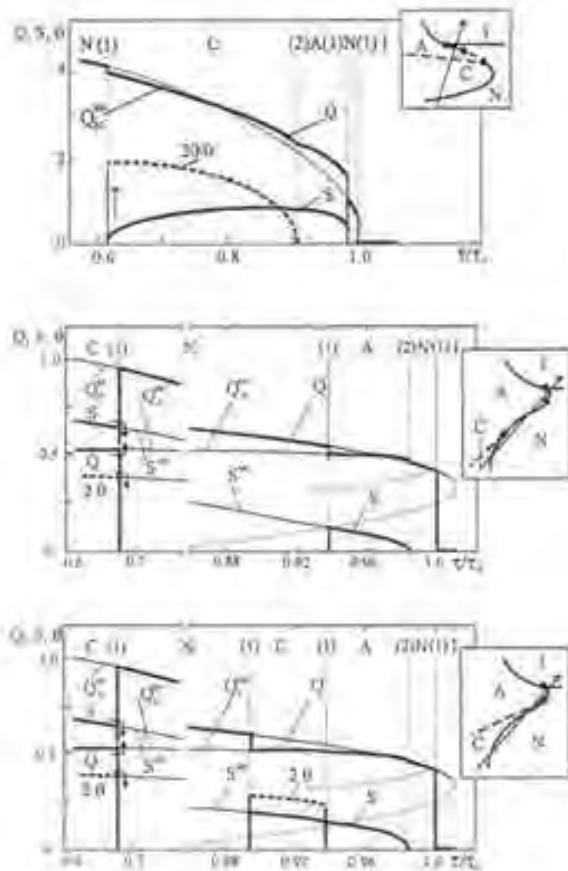


Рис. 3. Температурные зависимости параметров порядка системы при возвратных фазовых переходах типа  $N-C-A-N-I$  (а),  $C-N-A-N-I$  (б),  $C-N-C-A-N-I$  (в) на различных путях (показаны на вставках ориентированными отрезками прямых) термодинамической эволюции системы (температура нормирована на значение  $\tau_c$  – температуру перехода в неупорядоченное состояние).

#### Параметры модели:

- $\beta=3$ ,  $\gamma=2$ ,  $b=3$ ,  $\chi_0=6$ ,  $\eta_0=1.6$ ,  $\eta_1=0.5$ ,  $\eta_2=1.0$ ,  $\chi_1=1.0$  (а),
- $\beta=2$ ,  $\gamma=2$ ,  $b=3$ ,  $\chi_0=12$ ,  $\eta_0=0.1$ ,  $\eta_1=1.0$ ,  $\eta_2=1.0$ ,  $\chi_1=0.06$ ,  $A=-0.5$ ,  $B=-8$ ,  $C=10$  (б),
- $\beta=2$ ,  $\gamma=2$ ,  $b=3$ ,  $\chi_0=12$ ,  $\eta_0=0.1$ ,  $\eta_1=1.0$ ,  $\eta_2=1.0$ ,  $\chi_1=0.08$ ,  $A=-0.5$ ,  $B=-8$ ,  $C=10$  (в)

линия имеет как выпуклые, так и вогнутые участки фазовых границ. На рис. 3, а, б, в для примера приведены температурные зависимости параметров порядка мезофазы, соответствующие типичным последовательностям ФП с возвратными состояниями для последнего случая. На врезках к рис. 3 схематически изображены ФД в плоскости  $(\tau_2, \tau_1)$ , в выбранные пути термодинамической эволюции ме-

зогенов показаны стрелками. Расчетные температурные зависимости параметров порядка  $Q$ ,  $S$  и  $\theta$  в термодинамически устойчивых состояниях изображены непрерывными жирными линиями, в соответствующих метастабильных состояниях (в этом случае они обозначены как  $Q_C^{**}$ ,  $Q_A^{**}$  и  $S^{**}$ ) – непрерывными тонкими линиями, в неустойчивых состояниях – точками, а угловой параметр  $\theta$  отмечен пунктирной линией. Род происходящих ФП указан в круглых скобках между обозначениями фазовых состояний.

## Заключение

В настоящей работе исследована общая феноменологическая модель СЖК типа С с тремя взаимодействующими параметрами порядка – угловым, трансляционным и ориентационным. Последняя, в отличие от одиночных двухпараметрических моделей, позволяет из первых принципов описать четыре экспериментально наблюдаемые С, А, Н и I фазы, а также возможные фазовые переходы между ними, включая возвратные. Проведен полный бифуркационный анализ модели – получены и исследованы системы уравнений для сепаратрис и областей устойчивости мезоморфных состояний, найдены критические соотношения между параметрами модели, позволяющие провести топологический анализ фазовых диаграмм СЖК, которые в ряде случаев соответствуют экспериментальным диаграммам в координатах «номер гомолога (концентрация бинарной смеси) – температура». Показано, что фазовые диаграммы СЖК-С испытывают топологические изменения в зависимости от величины ориентационно-трансляционной связи. При этом возвратные фазовые переходы имеют место только в ограниченном интервале значений параметров модели. Это можно интерпретировать так, что возвратный мезоморфизм реализуется только в мезогенах гомологического ряда с определенным оптимальным набором характеристик (длина, гибкость и т. п.) составляющих его молекул. То же самое относится и к бинарным смесям со смектическим С-состоянием – реализация возвратных фаз имеет место в ограниченном интервале концентраций одного из ее компо-

ментов. Кроме того, впервые теоретически описаны наблюдаемые экспериментально последовательности фазовых превращений типа *N-C-A-N-I*, *C-N-A-N-I* и *C-N-C-A-N-I*.

## Приложение

Исходя из условия  $\theta^2 = 0$  в формуле (7), можно определить минимальное значение параметра ориентационного упорядочения в смектическом *C* состоянии мезофазы:

$$Q_0 = 2\chi_1/\eta_1. \quad (15)$$

Гессианы *I* и *N* состояний приведены в работе [1], а гессиан смектического *A* состояния, вследствие соотношений (10)-(11) и (13)-(14), имеет вид

$$\text{Hes}(F_A) = \begin{bmatrix} 2\gamma Q^2 - \beta Q - \chi_0 S^2/Q & 2S(\eta_0 Q - \chi_0) & 0 \\ 2S(\eta_0 Q - \chi_0) & 2bS^2 & 0 \\ 0 & 0 & \eta_0 Q S^2(Q_0 - Q) \end{bmatrix} \quad (16)$$

Матрица устойчивости СЖК-С с учетом (7)-(9) и (13), (14)

$$\text{Hes}(F_C) = \begin{bmatrix} 2\gamma Q^2 - \beta Q - \bar{\chi} S^2/Q & 2S(\bar{\eta} Q - \bar{\chi}) & -2\chi_1 S^2 \theta \\ 2S(\bar{\eta} Q - \bar{\chi}) & 2bS^2 & 0 \\ -2\chi_1 S^2 \theta & 0 & 4\eta_1 Q S^2 \theta^2 \end{bmatrix} \quad (17)$$

Бифуркационное множество модели (*X*) можно представить в виде объединения четырех подмножеств:  $X_I$ ,  $X_N$ ,  $X_A$ ,  $X_C$ . Сепаратрисы *I* и *N* фаз записываются в виде

$$X_I: \tau_1 \tau_2 = 0; \quad (18)$$

$$X_N = \begin{cases} \tau_1 = \beta Q - \gamma Q^2; \\ (\tau_1 - 2\beta Q + 3\gamma Q^2) \times \\ \times (\tau_2 - 2\chi_1 Q + \eta_1 Q^2) = 0. \end{cases} \quad (19)$$

где в формуле (18)  $Q$  – параметр кривой в координатах  $(\tau_2, \tau_1)$ . Сепаратриса СЖК-А является объединением двух подмножеств  $\{X_A, X_A'\}$ . Первое из них обусловлено равенством нулю сомножителя  $H_{33}$  в формуле (16), т. е.  $Q = Q_0 = 2\chi_1/\eta_1$ , и записывается в параметрическом виде

$$X_A' : \begin{cases} \tau_1 = \beta Q_0 - \gamma Q_0^2 + \\ + (\chi_0 - \eta_1 Q_0) S^2 / Q_0; \\ \tau_2 = 2\chi_0 Q_0 - \eta_1 Q_0^2 - b S^2, \end{cases} \quad (20)$$

где  $S \geq 0$  – параметр кривой в координатах  $(\tau_2, \tau_1)$ ; Второе подмножество  $X_A'$  с учетом (10), (11) и (16) также можно представить в параметрическом виде

$$X_A' : \begin{cases} \tau_1 = [2\rho \eta_0 Q^3 - (3\rho \chi_0 + \eta_0 \delta) Q^2 + \\ + 2\chi_0 \delta Q] / (b \chi_0) + 2\chi_0^2 / b, \\ \tau_2 = (2\rho Q^3 - 5Q^2) / \chi_0, \end{cases} \quad (21)$$

где  $Q$  – параметр кривой в координатах  $(\tau_2, \tau_1)$ , и введены обозначения:

$$\rho = b\gamma - \eta_0^2; \quad (22)$$

$$\delta = b\beta - 3\chi_0 \eta_0, \quad (23)$$

а параметр порядка  $S$  находится из уравнения

$$S^2 = P_j(Q), \quad (24)$$

где

$$P_j(Q) = [2\chi_0^2 Q + (\delta - \chi_0 \eta_0) Q^2 - 2\rho Q^3] / (b \chi_0). \quad (25)$$

Сепаратриса  $X_C$ , отвечающая смектическому *C* состоянию, имеет следующее параметрическое представление:

$$\begin{cases} \tau_1 = [\sigma_1(16\eta_1^2 b\gamma - \sigma_1^2)Q + [6\sigma_2(\sigma_1^2 - 8\eta_1^2 b\gamma) - 8\beta\sigma_1\eta_1^2 b]/\chi_0] \times \\ \times Q^2 / (16\eta_1^2 b\sigma_2)^{-1} + [2\beta - 3\sigma_1\sigma_2/(4\eta_1^2 b)]Q + \sigma_2^2 / (2\eta_1^2 b\sigma_2), \\ \tau_2 = [(16\eta_1^2 b\gamma - \sigma_1^2)Q^2 + (8\eta_1^2 b\beta - 3\sigma_1\sigma_2)Q^2] / (4\eta_1^2 \sigma_2) + \chi_0^2 \eta_1^{-2}, \end{cases} \quad (26)$$

где  $Q$  – параметр кривой в координатах  $(\tau_2, \tau_1)$ , и введены обозначения

$$\sigma_1 = \eta_1^2 - 4\eta_0\eta_2, \quad (27)$$

$$\sigma_2 = \chi_0\eta_1 - 2\eta_1\chi_0,$$

а выражения для трансляционного и углового параметров порядка записываются в виде

$$S_j = P_j(Q), \quad (28)$$

$$\theta^2(Q) = \eta_1(Q - Q_0)(2\eta_1 Q)^{-1}, \quad (29)$$

где

$$P_j(Q) = [(16\eta_1^2 b\gamma - \sigma_1^2)Q + 4(\sigma_1\sigma_2 - 2\eta_1^2 b\beta)Q^2] / (4b\eta_1\sigma_2)^{-1} - \sigma_2 Q(b\eta_1)^{-1}. \quad (30)$$

Топологическая классификация сепаратрис модели включает анализ условий появления и взаимного расположения всех их особых точек (касания, самокасания, возврата, перегиба и др.) при изменении модельных параметров. В результате такого анализа можно найти различные варианты конкурирующих связей, наложенных на управляемые параметры, которые описывают топологически различные фазовые диаграммы СЖК в плоскости  $(\tau_2, \tau_1)$ . Примеры последних приведены на рис. 1, 2.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Першин В. К. Топология фазовой диаграммы и трикритическое поведение жидкого кристалла типа А // ЖФХ. 1995. Т. 69. № 1. С. 65-80.
2. Пикин С. А. Структурные превращения в жидких кристаллах. М.: Наука, 1981. 336 с.
3. Anisimov M. A., Voronov V. P., Kulkov A. C., Kholmurodov F. Adiabatic calorimetry measurements in the vicinity of the nematic - smectic A - smectic C multicritical point // J. de Phys. 1985. V. 46, № 11. P. 2137-2143.
4. Chandrasekhar S. Some recent studies of liquid crystals: a review // J. of Stat. Phys. 1984. V. 34, № 5/6. P. 883-893.
5. Drzewiński W., Dabrowski R. Syntesis of pyrimidyl ethane derivatives and their properties in mixtures // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1990. V. 191. P. 163-170.
6. Garland C. W., Huster M. E. Nematic smectic C heat capacity near nematic-smectic A-smectic C point // Phys. Rev. A. 1987. V. 35, № 5. P. 2365-2368.
7. Konoplev V. A., Pershin V. I., Khomenko V., Borovik B. M. Novel bifurcation set cross-section method for topological analysis of phase diagrams // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1997. V. 299. P. 51-60.
8. Konoplev V. A., Pershin V. I., K., Khomenko A. V. Reentrant mesomorphism induced by external field // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1997. V. 301. P. 31-37.
9. Martínez-Miranda L. J., Kortan A. R., Birgeneau R. J. Phase diagram, fluctuations, and transitions near nematic - smectic A - smectic C multicritical point // Phys. Rev. A. 1987. V. 36, № 5. P. 2372-2383.
10. Marynissen H., Thoen J., Van Dael W. Heat capacity and enthalpy behavior near phase transitions in some alkylcyanobiphenils // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1983. V. 97. № 1/4. P. 149-161.
11. Marynissen H., Thoen J., Van Dael W. Experimental evidence for a nematic to smectic A tricritical point in alkylcyanobiphenyl mixtures // Ibid. 1985. V. 124. № 1/4. P. 195-203.
12. McKee T. J., McColl J. R. Orientational order measurements near a possible N-SmA tricritical point // Phys. Rev. Lett. 1975. V. 34. № 17. P. 1076-1080.
13. Parmar D. S., Clark N. A., Walba D. M., Wand M. D. Novell liquid crystal phase transition behavior at the chiral nematic - smectic A - smectic C point // Rhys. Rev. Lett. 1989. V. 62. № 18. P. 2136-2139.
14. Pelzel G., Latif I., Diele S., et al. Intercalated SA and SC phases and a reentrant nematic phase in a binary system of liquid crystals // Cryst. Res. Technol. 1989. V. 24. № 4. P. K-57-K-60.
15. Pelzel G., Diele S., Demus D., Sackmann H. Reentrant nematic phases in binary systems of terminal-nonpolar compounds // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1986. V. 139. P. 333-351.
16. Rao N. V. S., Pisipati V. G. K. M. Smectic C phase transition studies in NOBA // Z. Naturforsch. 1985. V. 40 a. P. 466-468.
17. Safinya C. R., Birgeneau R. J., Litster J. D., Neubert M. E. Critical fluctuations near a nematic - smectic A - smectic C multicritical point // Phys. Rev. Lett. 1981. V. 47. № 9. P. 668-671.
18. Szydlowska J., Pociecha D., Krowczynsky K., Gorecka E. Tilted and orthogonal smectics in thiényl and furyl substituted enaminoketones // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1997. V. 301. P. 19-24.
19. Tinh N. H., Hardouin F., Destrade C., Levelut A. M. A re-entrant polymorphism N - S<sub>A</sub> - S<sub>C</sub> - N<sub>A</sub> // J. de Phys. Lett. 1982. V. 43. P. L-33-L-37.
20. Tinh N. Polymorphisme des substances mesogènes à molécules polaires. III. Aspect moléculaire // Ibid. P. 83-98.
21. Weissflog W., Pelzel G., Wiegeleben A., Demus D. New polymorphism variant: nematic - smectic C - smectic A - nematic // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1983. V. 56. (Letters) P. 295-301.

# ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ И МОДУЛЬ СДВИГА ВОДЫ ПРИ МАЛЫХ СКОРОСТЯХ ТЕЧЕНИЯ

Р. А. Анашев, В. В. Павлов

Исследовано затухающее течение воды по инерции в цилиндрическом сосуде. Обнаружен эффект возвратного движения воды – "отдача" при падении скорости деформации сдвига до величины порядка  $10^5 \text{ с}^{-1}$ . Установлено, что в области малых скоростей деформации вода ведет себя как среда с очень небольшим пределом прочности и модулем сдвига порядка  $10^6 \text{ Па}$ .

**Ключевые слова:** вода, затухающее течение, малые скорости деформации, возвратное движение, предел прочности, модуль сдвига.

Damped inertial water flow in a cylindrical vessel is investigated. A return effect or "recoil" as the shear strain rate falls to a value of the order of  $10^5 \text{ s}^{-1}$  is observed. Over the range of low strain rates the water behaves like a medium with very low shear strength and a shear modulus of the order of  $10^6 \text{ Pa}$ .

**Key words:** the water, damped flow, low strain rates, a return effect, the shear strength and modulus.

Вода – одно из распространенных на Земле веществ. Вода и системы на ее основе играют важнейшую роль в геологии, геофизике, нано-и макро-механике. При этом вопрос реологического поведения воды в различных условиях является одним из центральных в динамике жидкости вследствие его фундаментального характера и практической значимости.

Часто типичную (ニュтоновскую) жидкость определяют как среду, течение которой в отличие от твердого тела возможно при любом сколь угодно малом напряжении сдвига. Считается, что реологическое поведение такой жидкости полностью определяется величиной единственного параметра – вязкости  $\eta$  [1]. С другой стороны, в ряде случаев, например при исследовании тонких пленок жидкости, выявляются тангенциальная упругость и некоторый предел прочности – свойства, присущие твердым телам [2, 3, 4]. Твердоподобные свойства отмечены при исследовании физико-химических параметров свежей поверхности воды [5]. Обсуждается существование предельного напряжения сдвига не только у поверхностных пленок, но и у больших масс воды [2, 9]. Однако подобные результаты и предположения основаны на косвенных данных или связаны с особыми, например высокоскоростными, воздействиями на жидкость.

Критическим пунктом, подлежащим экспериментальной проверке, является вопрос

о том, будет ли поведение жидкости, предсказываемое теорией, иметь место в предельном случае очень малых скоростей деформации? Если жидкость имеет хотя бы небольшой предел прочности  $\sigma$ , то характер ее течения должен измениться, когда скорость сдвига станет меньше отношения  $\sigma/\eta$  или напряжение сдвига  $\tau = \eta \dot{\gamma}$  станет меньше предполагаемой прочности.

В настоящей работе было предпринято исследование реологического поведения воды комнатной температуры в широком интервале малых скоростей деформации сдвига. Для этого изучалось затухающее круговое течение воды по инерции в цилиндрическом сосуде. Данная методика позволяет наблюдать течение жидкости при непрерывном плавном уменьшении скорости деформации в широкой области значений. При этом из аппаратурного оформления эксперимента полностью исключаются традиционные как механические (торсионы определенной жесткости), так и иные, например электромагнитные, чувствительные элементы, что существенно расширяет возможности реометрии жидкости.

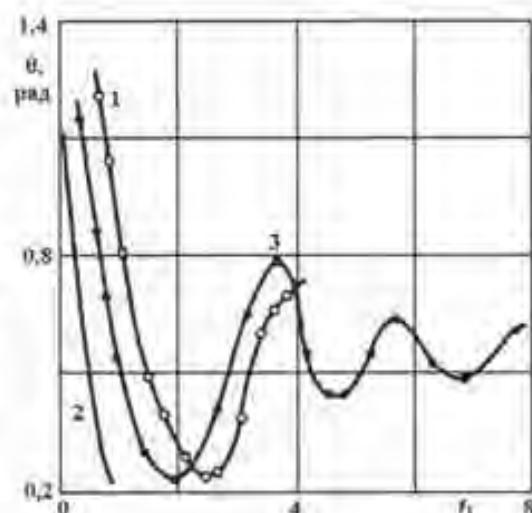
Исходное течение воды инициировалось равномерным вращательным движением вмещающего ее сосуда. Использовались сосуды диаметром 40 и 65 см с различным их заполнением водой по высоте от 10 до 25 см.

Для фиксирования скорости течения применялась метка в виде стеклянного цилиндрического поплавка с капиллярной верхней частью. Диаметр цилиндрической части поплавка 8 мм, общая его высота 35 мм, из них 15 мм - длина капилляра. Заполняя поплавок балластом, добивались практически полного вертикального погружения, оставляя над водой 2-3 мм капилляра. При этом для исключения влияния боковых стенок поплавок находится от края сосуда на расстоянии не менее 60 мм.

Для защиты поверхности воды от конвективных воздушных потоков сосуд закрывался стеклом. Траектория и скорость движения поплавка фиксировались по координатной сетке, нанесенной на стекло и дно сосуда. Максимальная расчетная погрешность определения скорости не превышала 2,2 % даже при очень малых значениях самой скорости. Если в силу каких-либо причин поплавок сбивался с начальной круговой траектории, эксперимент прекращался.

Основной результат, полученный в работе, состоит в том, что характер движения действительно изменяется, после того как угловая скорость затухающего течения воды достигнет определенной достаточно малой величины (порядка  $10^{-3}$  рад/с). После такого замедления течения наступает возвратное движение - четко наблюдается эффект «отдачи». Общий сдвиг в обратном направлении составляет 0,43-0,87 рад (смещение метки на 5-10 см) примерно за 20 мин. Характерная экспериментальная кривая изображена на рисунке в виде зависимости углового смещения метки  $\Theta$  от приведенного времени (кривая 1)  $t_1 = t / (\rho / h^2)$ . В этом случае  $t_1 = 1$  соответствует 15 мин.

Поскольку обнаруженное явление представляет достаточно тонкие свойства жидкости, в методике измерений большое внимание уделялось специальным исследованием. Так, отмечено влияние на воспроизводимость результатов поверхностной адсорбционной пленки. Эта пленка образовывалась и начинала исказять результаты измерений через 15-20 ч. после заполнения сосуда. Поэтому в каждом эксперименте использовалась свежеприготовленная дистиллированная вода, охлажденная до комнатной температуры. Результаты качественно не изменяются, если фикси-



Затухание процесса течения воды по инерции  
(диаметр сосуда 40 см,  
высота уровня воды 10 см):

- 1 – эксперимент (без поплавка - шпиндель);
- 2 – теоретическая кривая для ньютонаской  
жидкости; 3 – эксперимент  
с поплавком-шпинделем

ровать круговое течение воды по вращению алюминиевого диска толщиной 1,5 мм и диаметром 20 см, погруженного в воду на 5 см. Диск контактировал с поверхностью лишь небольшим поплавком диаметром 15 мм.

Серия исследований была направлена на изучение зависимости эффекта «отдачи» от высоты уровня жидкости в сосуде и от его размеров. Проведенные эксперименты с использованием цилиндрических сосудов диаметром 40 и 65 см при их заполнении водой по высоте уровня на 10, 15 и 25 см отчетливо показали полную воспроизводимость эффекта в области малых скоростей сдвига. Замена стеклянного сосуда на изготовленный из другого материала, например из нержавеющей стали, не меняет картины.

Эффект возвратного движения воды наблюдался и в измененном варианте методики измерений, когда на поверхности воды в центре сосуда помещали цилиндрический пенопластовый поплавок (или «шиннель») диаметром 20 см. Сверху к нему крепился металлический маховик, имеющий момент инерции  $J = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ . Под действием нагрузки поплавок притапливался на 2 см. Исходное движение маховика создавалось за несколько секунд двумя направленными струями воздуха, которые действовали как пара сил, дающая «чи-

тое» вращение. Через несколько минут начинали записывать результаты, так как устанавливалось медленное экспоненциально затухающее вращение, которое сохранялось десятки минут. В этом варианте легче достигается переход затухающего вращения маховика во вращательные колебания, близкие к гармоническим. Поплавок способствует сохранению кругового течения в сосуде. При этом, например, за 30 мин маховик совершал два-три полных колебания (см. рисунок, кривая 3). Опыт оказался успешным, если изучаемая система надежно изолировалась от внешних возмущений: вибрации, толчков, конвективных воздушных потоков и т. п. В неблагоприятном случае выявлялись только одна полуцикла колебания или смена направления вращения, как в описанных выше экспериментах без поплавка-шпинделя; после отдачи обычно движение терялось на фоне случайных воздействий. Данный прибор отличается от обычного ротационного вискозиметра тем, что вращение поддерживается не внешними силами, не двигателем, а идет лишь по инерции с убывающей скоростью. Это устройство можно назвать инерционным вискозиметром. Основная методическая особенность выполненных измерений состоит в том, что удалось пройти в область малых скоростей течения, например на 3-5 порядков величины меньше, чем при обычной вискозиметрии.

По методике инерционного вискозиметра провели также измерения с более вязким расплавом оксида бора при 950 К ( $\eta=100 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ). Выяснилось, что при такой повышенной вязкости легко наблюдается исследуемый переход затухающего вращения во вращательные колебания, и измерение предела прочности жидкости и ее модуля сдвига не труднее, чем обычное определение вязкости. Достаточные для измерения усилия возникали в тигле на 100 г расплава при шпинделе диаметром 8 и высотой 43 мм; при том же маховике период вращательных колебаний составил 35 с вместо 10 мин у воды. Основная методическая трудность состояла в том, чтобы подобрать достаточно хороший подшипник, обеспечивающий свободное вращение подвешенного маховика со шпинделем [7].

Известны строгие решения для установившегося ламинарного движения жидкости между

коаксиальными цилиндрами, для плоскопараллельного течения между неподвижной и подвижной плоскостью, неподвижным и медленно вращающимся диском [6]. Первое решение применимо к пространству между боковыми стенками цилиндрического поплавка и сосуда, второе - к пространству между нижней поверхностью поплавка и дном сосуда. Скорость течения в этих случаях изменяется по координате (по радиусу или по высоте) линейно, ее градиент постоянен. Для ньютона жидкости с постоянным коэффициентом вязкости скорость  $V$  затухающего течения по инерции экспоненциально убывает со временем  $t$ . Действительно, для слоя жидкости высотой  $h$  со свободной верхней поверхностью при линейном распределении скоростей ( $dV/dh=\text{const}$ ) импульс  $p=\rho h V/2$  ( $\rho$ -плотность жидкости), а сила  $f$  вязкого сопротивления на единицу площади поверхности составляет величину  $\eta V/h$ . Из равенства получается

$$V=V_0 \exp(-2\eta t/(\rho h^2)). \quad (1)$$

Близкая к расчетной линейная зависимость  $\ln V$  от  $t$  свидетельствует об установлении ламинарного режима течения ньютона жидкости. Неламинарные течения имеют повышенные значения углового коэффициента и соответственно повышенные значения кажущейся вязкости. Общий вид теоретической кривой экспоненциального затухания скорости ньютона течения воды по уравнению (1) изображен на рисунке (кривая 2) совместно с экспериментальными зависимостями (кривые 1 и 3). Здесь кривая 2 смешена на 0,7, а кривая 3 - на 0,4 единицы влево по оси абсцисс.

Эффект возвратного движения в определенной области малых скоростей деформации сдвига свидетельствует о существовании предела прочности воды. Вращательные колебания на второй стадии эксперимента подтверждают наличие упругой возвращающей силы и соответственно упругости сдвига самой жидкости. Вода ведет себя как среда с очень малыми величинами предела прочности и модуля сдвига. Порядок величины предела прочности воды можно определить по значению напряжения сдвига  $\tau$ , при достижении ко-

торого наблюдается возвратное движение. Если слой жидкости имеет высоту  $h$  и скорость движения его верхней поверхности его  $V$ , то скорость сдвига составит  $V/h$ . На окружности поплавка-шпиннеля радиусом  $R$

Вязкость воды при 295 К составляет  $10^{-3}$  Па·с [8]. Проявление эффекта отдачи начинается при скорости сдвига порядка  $10^3$  с $^{-1}$ . Это же значение скорости сдвига характеризует возвратное движение. Следовательно, предел прочности воды имеет величину порядка  $10^6$  Па. Отметим, что в пленках наблюдали гораздо больший предел прочности воды – величиной порядка  $10^3$  Па, что объясняется структурирующим действием твердой подложки [3, 4]. Предел прочности  $\sigma$  и модуль сдвига  $G$  связаны уравнением  $\sigma = G\Theta$ . Максимальная наблюдавшаяся упругая деформация  $\Theta$  составляла около 1 рад., поэтому  $\sigma \sim G$ .

Предел прочности воды и ее растворов с глицерином наблюдался нами также в следующих экспериментах: в капиллярной трубке диаметром 0,62 и длиной 83 мм медленно текла вода или раствор; скорость течения фиксировали по перемещению извещенных коллоидных частиц, наблюдавшихся в микроскоп. Течение вызывалось давлением газа, содержащегося в большом сосуде; объем сосуда медленно и непрерывно уменьшался в результате закапывания в него жидкости так, что скорость изучаемого течения в трубке проходила через нуль и меняла направление на обратное. Около нулевых значений скорости каждый раз наблюдалась остановка течения на значительное время – как бы образовывалась квазивердкая пробка, которая разрушалась лишь тогда, когда накапливалось определенное разрушающее давление.

**Выходы.** Изучено затухающее круговое течение воды по инерции в цилиндрическом сосуде. Показано, что после достаточного замедления круговое течение в таком инерционном вискозиметре переходит во вращательные колебания; жидкость проявляет небольшой предел прочности и модуль сдвига  $G$ . Отработана методика измерений и  $G$  жидкости по частоте и амплитуде таких вращательных колебаний. Отмечено, что небольшой предел прочности жидкости определяется также по остановке ее течения в трубке, когда давление, вызывающее течение, медленно убывает, проходит через нуль и изменяется на обратное; около нулевых значений давления каждый раз наблюдается остановка течения на значительное время.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бибик Е. Е. Реология дисперсных систем. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. 171 с.
2. Бондаренко Н. Ф. Физика движения подземных вод. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 215 с.
3. Дерягин Б. В., Чураев Н. В. Смачивающие пленки. М.: Наука, 1984. 159 с.
4. Дерягин Б. В., Чураев Н. В., Муллер В. М. Поверхностные силы. М.: Наука, 1985. 399 с.
5. Кочурова М. Н., Русанов А. И. Особые свойства свежей поверхности воды и водных растворов // Коллоид. журн. 1995. Т. 57, № 4. С. 605-607.
6. Ландau Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 6. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с.
7. Павлов В. В., Анакашев Р. А. Ротационный прибор для определения реологических параметров жидкости при малых скоростях деформации // Приборы и техника эксперимента. 1995. № 2. С. 212-213.
8. Справочник химика / Под ред. Б. П. Никольского. Т. 1. М.: Л.: Химия, 1962. 1071 с.
9. Чураев Н. В. Физикохимия процессов массопереноса в пористых телах. М.: Химия, 1990. 271 с.

## ПАЛЕОНТОЛОГИЯ НА УРАЛЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ (ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ)

О. В. Богоявленская

Палеонтологические исследования на Урале имеют длительную историю, связанную с именами Ф. Н. Чернышева, Д. В. Наливкина, А. Н. Иванова, А. Н. Ходалевича. В настоящее время, когда финансирование региональных работ резко сократилось, палеонтологические работы сведены почти к нулю. Предлагается сосредоточить внимание на обобщении имеющихся данных (проблемы «Палеонтология Урала», «Музей»), а также на проблемах «Кадры», «Информация».

*Ключевые слова:* палеонтология, Урал, музей, кадры, информация

The paleontology of the Urals have been of importance successively. The great significance have research F. Tchernychev, D. Nalivkin, A. Ivanov, A. Khodalevich etc. It is necessary to realize problems «Paleontology of the Urals», «Museum», «Specialists», «Information».

*Key words:* paleontology, Urals, museum, specialists, information.

Прошедшая в мае 2005 г. конференция, посвященная 85-летию геологической службы Урала, констатировала практически полное отсутствие палеонтологического-стратиграфических исследований в Уральском регионе [5]. Между тем надежная стратиграфическая основа любых геологических работ является залогом их успеха. Стратиграфия обеспечивается целым комплексом палеонтологических работ, и биостратиграфический метод по-прежнему является ведущим в стратиграфических исследованиях. Даже в изучении докембрийских отложений биостратиграфия развивается быстрыми темпами (исследования строматолитов, онколитов, водорослей и других сообществ). Не требует подтверждения гигантская роль палеонтологии и стратиграфии в открытии нефтяных, угольных месторождений, месторождений бокситов, медноколчеданных руд и других полезных ископаемых. Нельзя забывать о том, что в создании различных палеотектонических и палеодинамических представлений о развитии Уральского региона не последнюю роль играют стратиграфические данные. Стратиграфические данные – это тот инструмент, которым проверяется обоснованность различных тектонических гипотез. Напомним, что О. Вегенер, сформулировавший первые представления о дрейфе континентов, базировался на палеонтологических данных. Многие тектонисты, сторонники этой

гипотезы, использовали палеонтологию для подтверждения своих построений. Нет возможности в рамках настоящей публикации изложить историю палеонтологического-стратиграфических работ на Урале. Достаточно будет сказать, что впервые для целей геокартографирования (картирования) определения фауны использовал Ф. Н. Чернышев, составивший геологические карты Урала, которые сопровождались изданием палеонтологических монографий. Тщательные определения, широкие корреляции делают эти монографии актуальными и сейчас. Идеи Ф. Н. Чернышева развивали многие его последователи – в первую очередь старейшины советских геологов – академик Д. В. Наливкин и его ученики. На Урале большое значение сыграли работы А. Н. Иванова по изучению стратиграфии карбона и девона западного склона Урала. А. Н. Иванов впервые на основании изучения комплекса фауны (рецептакулы, табуляты, головоногие, брахиоподы и т. д.) доказал присутствие на Урале ордовикских отложений. Наследие этого богато одаренного, своеобразного ученого еще ждет своих исследователей. А. Н. Ходалевич – ученик Д. В. Наливкина – сделал очень много для выяснения границ, объема и распространения силурийских отложений на Урале. Известна роль А. Н. Ходалевича в открытии и прогнозировании месторождений бокситов, высоко оцененная советским государством. Велика и организующая рабо-

та А. Н. Ходалевича. Будучи тесно связанным с геологическим производством, А. Н. Ходалевич совместно с И. Д. Соболевым создал в Уральском геологическом управлении Палеонтологическую партию, которая впоследствии разрослась в крупный научно-производственный коллектив, где в комплексе изучались биоты уральских палеобассейнов. Параллельно существовала группа, занимавшаяся изучением мезозойско-кайнозойских диатомей, фораминифер, радиолярий, острокол, спор и пыльцы. Коллектив возглавляла Л. А. Умова. Усилия этой группы были сосредоточены в Зауралье, заказчиками и неформальными научными руководителями были А. П. Сигов и В. А. Лидер. Усилия всех палеонтологов, изучающих фанерозой Урала, объединились Палеонтологическим обществом, члену которого возглавлял А. Н. Ходалевич. Свердловские палеонтологи работали в сотрудничестве с палеонтологами Перми (П. А. Софроницкий, О. А. Щербаков и др.), Уфы (А. П. Тяжева, А. А. Рождественская и др.). Тесные контакты поддерживались со специалистами Ленинграда, Москвы, Таллина, Киева, Сыктывкара, Новосибирска, Томска, Ташкента, Магадана и с зарубежными коллегами в странах Западной Европы, США и Канаде. Уральские палеонтологи входили в состав комиссий Межведомственного стратиграфического комитета СССР и Регионального (Уральского) стратиграфического комитета.

Палеонтологические данные использовались при тектонических построениях и брались за основу при реконструкции развития Уральской горной страны. Здесь следует назвать имя О. Ф. Нейман-Пермяковой, которая впервые показала наличие надвиговых структур на западном склоне Урала, установив широкое распространение силурийских отложений по присутствию *Halyssidae* (*Tabulata*). Наиболее полную документированную картину развития Урала нарисовал А. А. Пронин, впоследствии ее дополнили с позиций плитной тектоники В. Н. Пучков и К. С. Иванов. Не касаясь анализа представлений последних авторов, приведем штату из работы К. П. Плюснина, чье наследие мало используется современниками: «...постулаты (плитной тектоники. — О. Б.) построены с позиций крупных глобальных обобщений (геофизических

и информационных построений), в которых проблемы конкретной геологии просто потерялись» [6]. Предлагая новый метод структурной геохронологии, автор геохронологическую шкалу структурной эволюции представляет в виде «корреляции трех шкал — биологической, радиологической и структурно-кинематической, составленных на единой стратиграфической основе» [6, с. 12].

Значение палеонтологии для определения генезиса полезных ископаемых очень велико. Присутствие органических остатков в бокситах впервые было отмечено А. К. Гладковским, в медноколчеданных рудах — О. Н. Щегловой-Бородиной. Найдки фауны в медных рудах позволили существенно уточнить представление об их происхождении, что отражено в работах В. А. Прокина, В. В. Масленикова и др.

Даже этот краткий перечень проблем, которые решают с помощью палеонтолого-стратиграфических методов, впечатляет. Невозможно перечислить фамилии всех исследователей, которые своим трудом создали систему взглядов на развитие Уральской горной страны и датировали основные этапы этого процесса как для отдельных структур, так и для региона в целом. Можно сказать, что итоги палеонтолого-стратиграфических исследований на Урале в XX столетии периодически подводились на региональных стратиграфических совещаниях и закреплялись изданием стратиграфических схем по всем подразделениям криптозоя и фанерозоя (1956, 1963, 1971, 1990). Принятые на последнем стратиграфическом совещании схемы обеспечивают проведение картографирования в масштабе не крупнее 1 : 200 000. Если возникнет потребность более крупномасштабных работ, то накопленный фактический материал даст возможность «укрупнить» схемы и детализировать комплексные зоны, введя в схемы «слон с фауной». Нет нужды характеризовать современное состояние палеонтолого-стратиграфических исследований, поскольку это общезвестно: отсутствие стабильного финансирования подкосило региональные геологические работы и, как следствие, сильно ударило по фундаментальным наукам — палеонтологии, петрографии, литологии и др [5]. Что можно сделать в современных условиях

работникам учебных заведений, музеев, академического института, тех немногих палеонтологов, которые сохранились в производственных организациях? Сейчас нужно обратить внимание на следующие проблемы.

### I. Обобщение палеонтологических материалов

Этой проблеме можно дать название «Палеонтология Урала». По отдельным группам фауны должны быть составлены видовые каталоги с изображением вида, указанием голотипа и места его хранения, приведением краткого диагноза, географического и стратиграфического распространения. Первоначальный опыт уже имеется. Это работы В. П. Сапельникова, Л. И. Мизенса [7], О. В. Богоявлеской, Е. Ю. Лобанова [2]. Подобные каталоги по группам фауны составляются за рубежом [8], а также составлялись и в СССР [4, 7].

Составной частью решения проблемы «Палеонтология Урала» может явиться карта-схема палеонтологической изученности Урала, для начала — его отдельных областей. Подобная работа выполнялась для Свердловской области, но осталась незавершенной.

Составление очерков о палеонтологах, изучающих отдельные группы фауны с приведением биографических и библиографических данных [1], является существенной частью этой проблемы.

Выполнение намеченных направлений будет основой для создания банка данных по палеонтологии Урала. Результаты могут быть представлены как на электронных, так и на бумажных носителях.

### II. Сохранение палеонтологического материала

Эта проблема может быть условно названа «Музей». Следует составить каталог коллекций, хранящихся в музее УГГУ, с выделением типовых материалов (голотипов, генотипов, оригиналов). Опыт составления подобных каталогов известен в мировой практике. Музей УГГУ — это единственное в нашей области хранилище палеонтологических коллекций по разрезу уральского криптозоя и фанерозоя. Решение этой проблемы поднимает музей УГГУ на новый уровень, способствуя его популяризации за пределами Уральского региона и России.

Хранящиеся в музее коллекции, их изучение и перенужение могут помочь в решении

проблемы «Кадры», послужив основой для курсовых, дипломных и работ на соискание степени кандидата наук. Следует отметить, что некоторые образцы музея УГГУ используются при защите кандидатских диссертаций сотрудниками других учреждений, что свидетельствует о популярности музея нашего университета. Музей должен стать центром хранения палеонтологических материалов всего Уральского региона. Это потребует от сотрудников музея другого уровня организации работы. Каталог должен быть представлен как на электронных, так и на бумажных носителях.

III. Проблема «Кадры» сейчас является основной. Материал для подготовки палеонтологических кадров имеется (см. выше): это образцы, подготовленные к изучению, шлифы и др. препараты, подобранные литература по всем группам фауны и по всем подразделениям фанерозоя. Не нужно при подборе кадров бояться слова «энтузиазм»: в этом понятии нет ничего плохого. Заработка приходит как результат труда, а не даются авансом. Нельзя готовить палеонтологов группами; ясно, что в ближайшее время нужны будут специалисты по бентосной фауне, по планктону мезозоя-кайнозоя и т. д. Исходя из потребностей и нужно готовить специалистов. Опыт совместной подготовки специалистов силами Уральского государственного горного университета и Лаборатории стратиграфии и палеонтологии ИГиГ УрО РАН имеется, хотя он не всегда удачен, но, по-видимому, наиболее трудный период уже миновал, и нужно решать кадровые проблемы.

### IV. Проблема «Информация»

В последние годы палеонтологи Екатеринбурга очень разобщены, хотя среди них есть ведущие специалисты по тем или иным группам, члены Палеонтологического общества, члены международных комиссий по стратиграфии. Они активно работают, но палеонтологическая общественность мало осведомлена об их деятельности. Необходимо возродить существовавшую ранее традицию собрания палеонтологов. Необходимо ее возродить, на заседаниях ПО докладывать о результатах работы, об участии в совещаниях, симпозиумах.

Данным перечнем, безусловно, не исчерпываются проблемы палеонтологической

службы; возникает много вопросов об обновлении оборудования, проведении специализированных практик и т. д. И хотелось бы этой публикацией побудить коллег к активной работе. Ниже приводимый перечень литературных источников не претендует на полноту. Автор только хотел указать на примеры решения предлагаемых задач [1-8].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богомяленская О. В. Уральские палеонтологи-кораллисты // Изв. УГГУ. Вып. 19. Сер.: Геология и геофизика, 2004. С. 42-52.
2. Богомяленская О. В., Лобанов Е. Ю., Глебов А. Р. Указатель гидроидных и некоторых коралловых полипов (гелиолитоиды, табуляты) ордовика, силура и девона Урала. Екатеринбург, 1990. - Деп. в ВИНТИ 26.11.90, № 5894-В90, С. 101.
3. Богомяленская О. В., Наседкина В. А. Палеонтологические-стратиграфические исследования на Урале: Краткие итоги и опасения // 85 лет геологической службе Урала: Материалы конференции. Екатеринбург: Уралнедра МПР Свердловской обл., УрО РАН, УГГГУ, УКСОГ ЕН, 2005. С. 130-134.
4. Олерский В. П., Мецнер А. Н. Геологическое картирование вчера, сегодня, завтра // 85 лет геологической службе Урала: Материалы конференции. Екатеринбург: Уралнедра МПР Свердловской обл., УрО РАН, УГГГУ, УКСОГ ЕН, 2005. С. 130-134.
5. Плюснин К. П. Основные принципы структурной геохронологии: Методические рекомендации. Екатеринбург: Уральский региональный геологический комитет, УГСЭ, Уральский горный институт, 1992. С. 3-137.
6. Сапельников В. П., Мизенс Л. И. Брахиоподы нижне- и среднедевонских отложений западного склона Урала / УрО РАН. Екатеринбург, 2000. С. 3-275.
7. Flugel E., Flugel-Kahler E. Stromatoporidea (Hidrozoa paleozoica) // Fossilium Catalogus, p. 115-116, Amsterdam, 1969. S. 3-416; s. 417-680.
8. Flugel E., Flugel-Kahler E. Stromatoporidea (Hidrozoa paleozoica) // Fossilium Catalogus, p. 115-116, Amsterdam, 1969. S. 3-416; s. 417-680.

УДК 550.4+551.72(470.11)

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТОНКОЗЕРНИСТЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ВЕРХНЕГО ВЕНДА БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОГО ПЛАТО - ИНДИКАТОРЫ СОСТАВА ПАЛЕОВОДОСБОРОВ

А. В. Маслов, Д. В. Гражданкин, В. Н. Подковыров, Ю. Л. Ронкин

В статье на основе прецизионных данных о геохимических особенностях тонкозернистых терригенных пород (глин и аргиллитов) верхнего венда Беломорско-Кулойского плато реконструирован состав источников сноса для бассейна осадконакопления, располагавшегося на северо-западе Мезенской синеклизы. Наличие в проанализированных породах ясно выраженной отрицательной Eu аномалии и характер спектров РЭЭ позволяют предполагать, что породы архейского возраста на палеоводосборах существенной роли не играли. Величины отношений La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> в тонкозернистых терригенных породах свидетельствуют, что на всем протяжении позднего венда в областях размыва преобладали породы среднего состава. Снизу вверх по разрезу в составе аргиллитов и глин постепенно растет роль рециклированного компонента. Это позволяет предполагать, что в качестве одного из источников классики в рассматриваемое время выступали также осадочно-метаморфические породы Варангер-Канино-Тиманского складчато-надвигового пояса.

**Ключевые слова:** верхний венд, Беломорско-Кулойское плато, тонкозернистые терригенные породы, геохимия, состав палеоводосборов.

Source provenance rock composition of the Upper Vendian shales and argillites of the White Sea-Kuloi Plateau, Northwest Mezen Basin, has been reconstructed based on the precision data on their geochemistry. The presence of a marked negative Eu anomaly in the analyzed samples, together with the REE spectrum features, suggests a diminished role of Archean-age rocks in the paleowatershed area. Instead, the Late Vendian source areas were consistently dominated by the rocks of intermediate composition, as evident from the LREE/HREE and La<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub> ratios in fine-grained siliciclastic sediments. In addition, there is a vertical increase in percentage of recycled components in the stratigraphic record of shales and argillites. All this suggests that the sedimentary-metamorphic rocks of the Varanger-Kanin-Timan Thrust-Folded Belt could provide a source for clastic material in the Late Vendian Northwest Mezen Basin.

**Key words:** Upper Vendian, White Sea-Kuloi Plateau, fine-grained terrigenous rocks, geochemistry, source provenance rock composition.

Состав палеоводосборов, выступавших в качестве источников обломочного материала для поздневендского бассейна, существовавшего на севере Восточно-Европейской платформы, в пределах Мезенской синеклизы, до настоящего времени является предметом дискуссии.

Так, А. Н. Петровская с соавторами [4] считали, что питание обломочным материалом этого бассейна на протяжении всего позднего венда осуществлялось за счет размыва основных изверженных пород. Э. А. Пиррусс [5] отмечал, что в составе питающих провинций значительную роль играли хлоритсодержащие сланцы\*. Среди песчаников верхней части верхневендской последовательности (ергинский и падунский уровни) достаточно велика доля аркозовых и субаркозовых разностей [3], что может указывать на снос кластики с Балтийского щита. Вместе с тем анализ особенностей строения и обстановок накопления верхневендских отложений Юго-Восточного Беломорья показывает, что они были сформированы в подводнодельтовых обстановках, надводные же части делит располагались, по всей видимости, северо-восточнее рассматриваемой нами территории – в области Варангер-Канино-Тиманского складчато-надвигового пояса [1, 3]. На привнос обломочного материала с северо-востока указывает и ярко выраженный одномодальный характер распределения индикаторов палеотечений, установленный по замерам падения косых слойков и простирания слепков промон [1].

Для разрешения указанных выше противоречий мы использовали геохимические дан-

ные. Материалом для исследований послужил керн скважины 770 Чидвия, пробуренной в верховых р. Зимней Золотицы в 1980-х гг. (рис. 1) экспедицией 17 ПГО «Невскогеология», а также ряд образцов глини, отобранных из обнажения Зимние Горы и ска. С18 Агма, пробуренной в 1996 г. Новодвинской экспедицией.

Определение содержаний рассеянных, редких и редкоземельных элементов выполнено с помощью высокочувствительного массспектрометра высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой для элементного анализа и изотопного скрининга (метод ICP-MS) в ИГТ УрО РАН (аналитики О. П. Лепихина и О. Ю. Попова). Точность анализа определялась величиной концентрации того или иного элемента и составляла от 3 до 20-50 отн. % (для очень низких, на уровне предела обнаружения, содержаний). Достоверность полученных данных подтверждена также анализом дубликатов, отобранных случайным образом.

Беломорско-Кулойское плато располагается на северо-западном борту Мезенской синеклизы. В основании осадочного чехла здесь залегает туфогенно-терригенная последовательность поздневендского возраста, представленная прибрежно-морскими, флювиально-морскими и аллювиальными отложениями [1, 3, 6]. Мощность ее ~ 1000 м. В настоящее время верхневендские отложения в Юго-Восточном Беломорье расчленены на ляминскую, верховскую, зимнегорскую и ергинскую свиты [1]. Условно в состав верхнего венда помещается также падунская свита.

Осадочная последовательность ляминской и верховской свит (400 м) сложена циннеческим чередованием интервалов тонкослоистых глин с пачками пересланцеванием мелкозернистых

\* Т. е. по сути дела также породы основного состава (А. М. и др.).



Рис. 1. Положение скв. 770 в пределах Беломорско-Кулойского плато

песчаников, алевролитов и глин. Каждый такой циклит в основании сложен трансгрессивными тонкослоистыми глинами, которые сменяют конденсированная толща переслаивания алевролитов и глин с карбонатными прослойками, соответствующая пику трансгрессии, а завершается циклит регressiveкой пачкой переслаивания алевролитов и глин с прослойками штормовых песчаников. В наиболее мощных интервалах тонкослоистых глин в основании лямницкой и верховской свит залегают тонкие прослои вулканических пеплов. Перечисленные особенности строения лямнико-верховского подкомплекса позволяют интерпретировать эту последовательность как результат продвижения и периодического отступания прибрежных обстановок со штормовым режимом седиментации в область подводных илистых равнин с относительно спокойной седиментацией в условиях мелководного эпиплатформенного бассейна. Лямнико-верховская последовательность отвечает наиболее продолжительной морской фазе развития бассейна.

Строение зимнегорской свиты ярко отражает особенности соответствующего этапа развития бассейна. Осадочная последователь-

ность свиты установлена только на северо-востоке Беломорья, что свидетельствует о резком сокращении бассейна седиментации в предленинградское время, благодаря чему на большей части Беломорско-Кулойского плато отложения свиты не накапливались. Смена фаций из границе верховской и зимнегорской свит, отвечающая замещению мелководно-морских обстановок на флювиально-морские, также указывает на сокращение бассейна. Кроме того, в направлении к северо-востоку в строении разрезов свиты увеличивается роль алевролитов и глин, при этом мощность суммарного разреза свиты также возрастает до 200 м в скв. Торожма. С другой стороны, в наиболее южных разрезах (Зимние Горы) в основании свиты выявлено несколько поверхностей размыва, пакеты кварцевых песчаников, гравелиты и конгломераты, что свидетельствует о существенной роли процессов подводной эрозии и близости палеоберега. Следовательно, современные границы распространения зимнегорской свиты на территории Беломорско-Кулойского плато приблизительно отвечают границам палеобассейна. В целом на зимнегорский этап развития приходится максимально низкое стояние уровня моря.

Рассматривая особенности ергинского этапа осадконакопления, важно отметить выраженный трансгрессивный характер нижней границы ергинского подкомплекса. Во-первых, к началу подкомплекса приурочена резкая смена морфологии мелких циклитов с регressiveкой на прогressiveкую, что отражает перелом в развитии осадочной системы [1]. Во-вторых, наряду с признаками размыва мы видим резкую смену фаций: в разрезе Зимних Гор нижняя граница подкомплекса разделяет преимущественно флювиально-морские отложения подводных песков и каналов, характеризующих обстановки песчаных отмелей, от вышележащих мелководно-морских отложений прибойных микродельт. В-третьих, отложения ергинской свиты в более южных разрезах трансгрессивно залегают на поверхность отложений верховской свиты. Кроме того, в основании ергинской свиты присутствуют локальные размывы в виде карманов, заполненных песчаниками с галькой.

Черепитчатый характер залегания гальки в относительно мелководнистом песчаном

магриксе, следы волочения гальки и тонкая «триховка» на ее поверхности указывают на многократный перемыв. Нижняя граница ергинской свиты, таким образом, отвечает событию максимального затопления бассейна Мезенской синеклизы. При такой интерпретации нижняя часть ергинского подкомплекса соответствует высокому положению уровня моря. В кровле зимнегорской последовательности наблюдаются размыв и врезанная дозина с перепадом рельефа до 29 м, заполненным отложениями «ергинских слоев» в схеме А. Ф. Станковского [6]. После заполнения дозины, на территории Беломорско-Кулойского плато установились обстановки типа «подводной дельтовой равнины». Мощность отложений ергинской свиты превышает 120 м [11].

Падунская свита, мощность которой превышает 250 м, сложена средне- и крупнозернистыми красноцветными песчаниками, в то время как алевролиты и глины имеют подчиненное значение. В нижней части свиты, мощностью около 70 м, основную роль играют песчаники с мульдообразной косой и грубой горизонтальной слоистостью, которые характеризуют отложения многочисленных рукавов (русл) подводной дельтовой распределительной системы. В средней части свиты выделяется толща мощностью до 100 м, сложенная песчаниками с флизерной слоистостью, формирование которых происходит в обстановках приливного мелководья. Верхние 80 м свиты сложены ритмичным чередованием песчаников и алевролитов, что свидетельствует о трансгрессивном характере осадконакопления. В целом падунский комплекс отложений отвечает условиям постепенного прогибания бассейна. При сопоставлении разрезов Беломорско-Кулойского плато установлено, что на северо-востоке рассматриваемой территории наблюдается залегание падунских отложений на более молодых горизонтах ергинской свиты. Эта особенность строения не только указывает на эрозионный характер нижней границы падунской свиты, но и позволяет предположить, что область наиболее интенсивного прогибания бассейна располагалась на северо-востоке, в более проксимальной его части по отношению к предполагаемым источникам сноса алюмосиликоэпластике.

В скв. 770 нижняя граница верхневенецких отложений проводится на глубине 855 м по по-

дошве пачки пестроцветных тонкослонистых глин с прослойками вулканических пеплов, залегающей на красноцветных слоистых полевошпат-кварцевых песчаниках чилдийской свиты верхнего рифия [8]. Отложения зимнегорской свиты в данной скважине отсутствуют; ергинская свита на глубине 456 м залегает непосредственно на верховской. На глубине 44 м на породы венца с размывом ложатся четвертичные образования. Нижняя граница падунской свиты проходит на глубине 243 м, нижняя граница верховской – на глубине 652 м.

Для реконструкции состава пород водоносов и их мониторинга нами проведен анализ нормированных на хондрит спектров распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) и рассмотрены соотношения элементов-примесей, типичных для пород кислого и основного состава в более чем 25 пробах аргиллитов из всех литостратиграфических подразделений разреза.

Реконструкция состава источников сноса по спектрам РЗЭ основана на том, что магматические породы основного состава характеризуются низкими отношениями легких редкоземельных элементов к тяжелым (ЛРЗЭ/ТРЗЭ) и не имеют достаточно выраженной отрицательной Eu аномалии, тогда как кислым породам свойственны высокие отношения ЛРЗЭ/ТРЗЭ и отчетливая отрицательная (менее 0,9) аномалия Eu [7]. Соотношение кислых и основных пород в источниках сноса может быть оценено и по общему виду спектра распределения РЗЭ. Значения отношения  $\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N} < 4$  и пологий общий облик спектра ( $\text{Gd}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N} < 1,5$ ) позволяют предполагать существенную роль в источниках сноса магматических пород основного состава, тогда как при величине  $\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N} > 8$  (и, соответственно, кругом наклоне спектра) можно сделать вывод о преобладании в областях питания кислых магматических образований. Высокие значения отношения  $\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N} (\geq 20)$  указывают на доминирование на палеоводосборах гранитоидов [12]. Европиевая аномалия ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$ ) в аргиллитах также является показателем состава размывавшихся на палеоводосборах пород. В случае, когда величина европиевой аномалии относительно невелика ( $\sim 0,95-0,90$ ), можно сделать вывод о преобладании в областях размыва раннедокембрийских (архейских?) кристаллических пород или пород, сфор-

мированных за счет ювенильного материала, не претерпевшего существенного преобразования в континентальной коре. При величине  $\text{Eu/Eu}^* < 0,90$  можно предполагать, что породы в источниках сноса претерпели определенную внутрекоровую трансформацию [7]. Так как большинство малых элементов переносятся из областей сноса в области осадконакопления без существенной дифференциации на путях переноса, а их содержания и соотношения в различных типах магматических образований различны, то по величине ряда геохимических коэффициентов в аргиллитах можно сделать вывод о составе областей размыва. Например, для кислых магматических образований (граниты, гранодиориты) характерны на один-два порядка более высокие, нежели для базитов, значения отношений  $\text{Th/Sc}$ ,  $\text{La/Sc}$ ,  $\text{La/Co}$ ,  $\text{Th/Co}$ ,  $\text{Th/Cr}$ ,  $\text{V/Ni}$ , и, наоборот, основные магматические породы имеют на один-два порядка более высокие значения отношений  $\text{Cr/Zr}$ ,  $\text{Cr/V}$  и др. На доминирование в источниках сноса мафит-ультрамафитовых комплексов указывают высокие отношения  $\text{Ni/Co}$  и  $\text{Cr/V}$ , а также низкая величина  $\text{V/Ni}$ .

Рассмотрим теперь кратко особенности изменения ряда из указанных параметров снизу вверх по разрезу верхнего венда Беломорско-Кулойского плато.

**Отношение  $\text{LPZ}/\text{TPZ}$ .** В глинах основания ламицкой свиты рассматриваемое отношение имеет значение ~ 7,4 (рис. 2). В глинистых породах верховской свиты медианное значение данного отношения возрастает до 9,7. Глины зимнегорского уровня характеризуются еще большей величиной  $\text{LPZ}/\text{TPZ}$  (10,6). Почти столь же большая величина рассматриваемого параметра характерна и для глинистых пород ергинского уровня (10,1). Глины падунской свиты имеют величину  $\text{LPZ}/\text{TPZ} \sim 8,6$ , а у самой кровли этого литостратиграфического подразделения данный параметр меньше его значения в глинах основания ламицкой свиты. Таким образом, максимальные величины отношения  $\text{LPZ}/\text{TPZ}$  наблюдаются в тонкозернистой алломосиличко-кластике средней части разреза верхнего венда, у основания его и кровли рассматриваемый параметр имеет заметно меньшие значения.

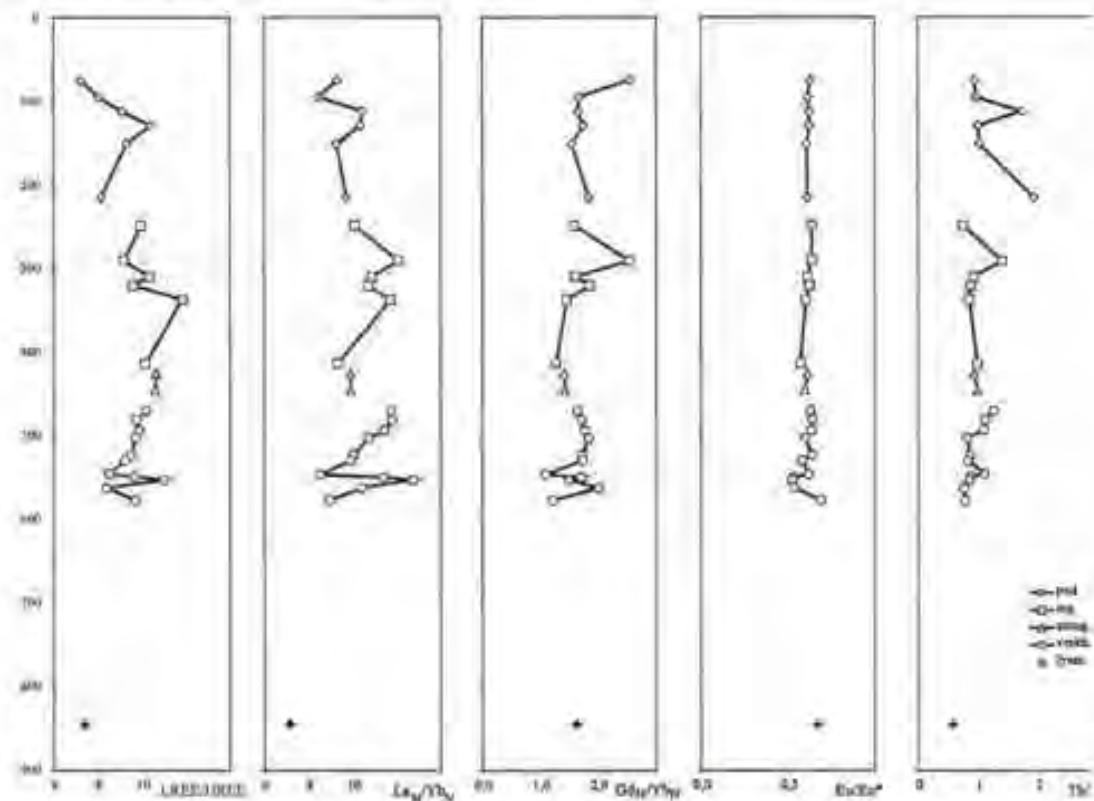


Рис. 2. Вариации значений  $\text{LPZ}/\text{TPZ}$ ,  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$ ,  $\text{Gd}_N/\text{Yb}_N$ ,  $\text{Eu/Eu}^*$  и  $\text{Th/Sc}$  в аргиллитах и глинах верхневендинской последовательности Беломорско-Кулойского плато:

Свиты: lamiat – ламицкая; verkh – верховская; zming – зимнегорская; erg – ергинская; pad – падунская

**Отношение  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$ .** Особенности изменения данного параметра снизу вверх по разрезу верхнего венца Беломорско-Кулойского плато достаточно схожи с характером изменения величины отношения ЛРЗЭ/ТРЗЭ. Глины нижней части ляминской свиты характеризуются минимальным значением данного параметра (-7,18). В глинах и аргиллитах верховской, зимнегорской и ергинской свит наблюдается тенденция к росту названного отношения, тогда как в глинистых породах падунского уровня величина  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  имеет промежуточное между типичными для аргиллитов верховской и ляминской свит значение. Так же как и величина ЛРЗЭ/ТРЗЭ, рассматриваемое отношение характеризуется существенными вариациями внутри каждого литостратиграфического подразделения, за исключением ляминской и зимнегорской свит.

Величина отношения  $\text{Gd}_N/\text{Yb}_N$  в целом по разрезу верхнего венца не выходит за рамки 1,0-2,0, что указывает на отсутствие какого-либо существенного деплетирования тяжелых РЗЭ. Только в двух пробах аргиллитов из верхних частей ергинской (рт-8) и падунской (рт-1) свит данный параметр составляет 2,53-2,54, и это позволяет предполагать, что в составе указанных проб присутствует некоторая доля архейского компонента.

**Eu аномалия ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$ )** демонстрирует во всем разрезе верхнего венца удивительную стабильность. Её медианное значение составляет 0,62, что всего лишь на несколько сотых меньше, чем значение  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  в среднем австралийском постархейском глинистом сланце (PAAS) [7]. Только в средней части верховской свиты, в интервале 549-565 м, в трех пробах аргиллитов величина европиевой аномалии увеличивается до 0,52-0,54.

**Отношение  $\text{Th}/\text{Sc}$ .** Аргиллиты основания ляминской свиты характеризуются весьма низкой величиной данного отношения (0,57), сопоставимой со значениями  $\text{Th}/\text{Sc}$  в породах ряда диорит - гранодиорит. В глинистых породах верховской свиты медианное значение данного параметра составляет 0,86, а в целом по разрезу свиты мы видим рост отношения  $\text{Th}/\text{Sc}$  от 0,78 до 1,25. Медианные значения  $\text{Th}/\text{Sc}$  в глинистых породах трех верхних подразделений разреза достаточно сходны и составляют соответственно 0,96, 0,89 и 1,01.

Основываясь на приведенных значениях и общем характере изменения величины отношения  $\text{Th}/\text{Sc}$  снизу вверх по разрезу, мы можем предполагать, что в начале поздневенецкого этапа осадконакопления (ляминское время) в областях сноса доминировали породы среднего состава, а позднее (верховско-падунское время) состав размывающегося субстрата стал более кислым. Примечательно, что в глинах и аргиллитах кровли верховской и зимнегорской свит, а также зимнегорской и подошвы ергинской свит значения отношения  $\text{Th}/\text{Sc}$  весьма близки, указывая тем самым на отсутствие сколько-нибудь существенных изменений в составе областей питания в течение всего ляминско(-?)-ергинского этапа. Иная ситуация наблюдается на границе ергинской и падунской свит. Глины в кровле ергинской свиты характеризуются величиной отношения  $\text{Th}/\text{Sc} \sim 0,7$ , тогда как глины из основания падунской свиты имеют значение рассматриваемого параметра 1,93.

На диаграмме La-Th точки составов аргиллитов и глин всех литостратиграфических единиц разреза слагают весьма компактное поле (рис. 3); исключение составляет точка глин ляминской свиты, имеющая заметно меньшие содержания как Th, так и La, нежели все остальные пробы. Высокие значения отношения  $\text{La}/\text{Th}$  (2,5-3,5) указывают на размытие в областях сноса преимущественно пород кислого состава.

Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в аргиллитах и глинах всех литостратиграфических уровней верхнего венца достаточно однообразны и имеют форму, характерную для подавляющего большинства постархейских глинистых пород (рис. 4).

Все сказанное выше позволяет сделать следующие выводы. Наличие в аргиллитах и глинах верхнего венца Беломорско-Кулойского плато ясно выраженной отрицательной европиевой аномалии и типичная для большинства постархейских глинистых пород форма спектров РЗЭ позволяют предполагать, что породы архейского возраста на палеоводосборах практически не были представлены. Характерные для глин и аргиллитов верхнего венца величины отношений ЛРЗЭ/ТРЗЭ и  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  свидетельствуют, что на всем протяжении позднего венца в областях размытия преобладали породы среднего состава (диориты, гранодиориты

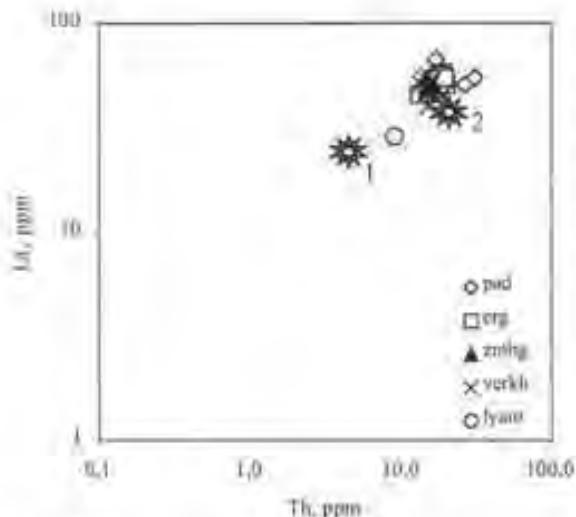


Рис. 3. Положение фигуративных точек состава аргиллитов и горизонта верхнего венда на диаграмме La–Th.

Санты, Lyam - лыминская; verkh - верховская, zing - зимнегорская; erg - ергинская; rad - падунская; 1 - средний архейский аргиллит; 2 - PAAS [7]

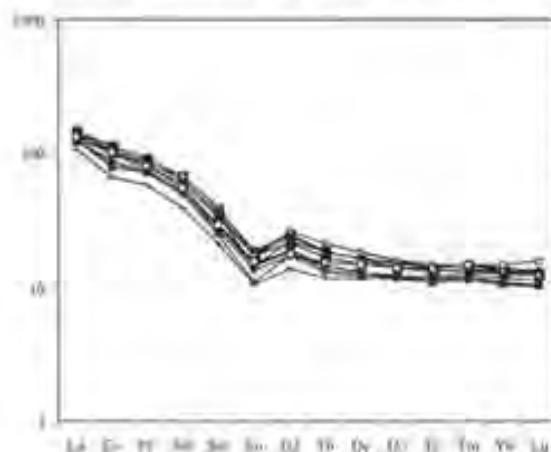


Рис. 4. Нормализованные по хондриту спектры распределения РЭЗ в глинах верховой свиты

и т. д.). Максимально высокие значения указанных отношений наблюдаются на ергинском уровне. Существенного изменения состава областей размыва на границах верховской и зимнегорской, а также зимнегорской и ергинской свит, по всей видимости, не происходило. Только для границы ергинской и падунской свит, исходя из резкого повышения величины отношения  $Tb/Sc$  в глинах основания падунской свиты по сравнению с глинами кровли ергинской свиты, можно предполагать появление в области сноса пород более кислого состава.

Исходя из геохимических особенностей глинистых пород верхневендской последова-

тельности Беломорско-Кулойского плато, очевидно, что в источниках сноса доминировали породы среднего состава при подчиненной роли гранитоидов. Наличие в аргиллитах и глинах всего разреза хорошо выраженной отрицательной европиевой аномалии указывает на размытые породы, претерпевшие заметную дифференциацию в континентальной коре и минимальную роль среди них субстратов архейского возраста (однако на то, что подобные субстраты на палеоводоемах все же присутствовали, указывают, на наш взгляд, высокие (~2,5) величины отношения  $Gd/Yb$  в нескольких пробах глини падунского и ергинского уровней). По приведенным данным нельзя, однако, сделать вывод о присутствии в области размыва осадочных или осадочно-метаморфических образований.

В то же время по ряду лито- и геохимических критериев можно попытаться оценить степень рециклирования слагающей верхневендскую последовательность тонкозернистой алюмосиликокластички. Известно, что для рециклированных тонкозернистых терригенных образований характерна величина отношения  $K_2O/Al_2O_3 < 0.3$  (в «first cycle» породах этот параметр  $> 0.4$ ) [9, 10]. Формирующиеся при длительном переотложении тонкой алюмосиликокластички (или, что то же самое, многократном переотложении осадочных пород) осадочные последовательности обнаруживают некоторое увеличение с течением времени содержаний слабо растворимых компонентов, таких, как, например, Th и U. Параллельно вверх по разрезу происходит снижение содержаний относительно хорошо растворимых элементов (U, Sr и др.). Процессы рециклирования ведут также к постепенному увеличению отношения LРЗЭ/ТРЗЭ, однако, в отличие от той ситуации, когда подобный тренд определяется сменой в источниках сноса основных пород кислыми, при многократном переотложении не происходит фракционирования Eu, и, следовательно, величина Eu/Eu\* остается неизменной, и, наоборот, в последовательностях, сложенных породами «first cycle» типа, значения отношений LРЗЭ/ТРЗЭ и Eu/Eu\* симбатично растут вверх по разрезу.

Как же ведут себя указанные лито- и геохимические отношения в разрезе верхнего вен-

да Беломорско-Кулойского плато? Медиана отношения  $K_2O/Al_2O_3$  в аригиллитах и глинах верховской свиты составляет 0,25, глины пробы ГРД-1, отобранный у подошвы ляминской свиты, имеют величину данного отношения также 0,25. В глинах ергинской свиты медианное значение отношения  $K_2O/Al_2O_3$  составляет  $0,29 \pm 0,02$ . Медиана  $K_2O/Al_2O_3$  в глинах падунской свиты составляет 0,28. Содержания Ti и Y в глинистых породах снизу вверх по разрезу несколько растут, содержание U практически не меняется, а содержания Sr если и увеличиваются, то весьма незначительно. Величина LPZ/GRZ в интервале от подошвы ляминской свиты до кровли ергинской свиты растет, а европиевая аномалия практически не меняется ( $\sim 0,62$ , см. рис. 2). На таком же уровне она остается и в глинах падунской свиты.

Таким образом, основываясь на критериях, предложенных в работах [9, 10 и др.], можно констатировать, что снизу вверх по разрезу верхнего венца Беломорско-Кулойского плато роль рециклированного тонкозернистого терригенного материала растет, а это, в свою очередь, не противоречит предположению, что в качестве одного из источников кластики в рассматриваемое время выступали также осадочно-метаморфические породы Варанг-гер-Канино-Тиманского складчато-надвигового пояса, как это следует из анализа индикаторов палеотечений [1].

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект 03-05-64121), Программы 25 Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы» и гранта NER/A/2001/01049.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гражданкин Д. В. Строение и условия осадконакопления вендинского комплекса в Юго-Восточном Беломорье // Стратиграфия. Геол. корреляция, 2003. Т. 11. № 4. С. 3–34.
- Гражданкин Д. В., Бронников А. А. Новое местонахождение остатков подиенитовых мягко-
- телых организмов на Онежском полуострове // Докл. РАН, 1997, Т. 357, № 6, С. 792–796.
- Гражданкин Д. В., Подковыров В. Н., Мисюк А. В. Палеоклиматические обстановки формирования верхневендинских отложений Беломорско-Кулойского плато (Юго-Восточное Беломорье) // Литология и полез. ископаемые, 2005, № 2, С. 267–280.
- Петровская А. Н., Воловиковая А. И., Володченкова А. И. К вопросу об условиях осадконакопления в верхнедокембрийское и кембрийское время на юге центральной части Московской синеклизы // Литология и палеогеография палеозойских отложений Русской платформы. М.: Наука, 1972. С. 47–57.
- Пиргус Э. А. Глинистые минералы в вендинских и кембрийских породах и их значение для палеогеографии и стратиграфии // Палеогеография и литология венда и кембра запада Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1980. С. 97–104.
- Станковский А. Ф., Веричев Е. М., Добейко Н. П. Венда Юго-Восточного Беломорья // Вендинская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 1985. С. 67–76.
- Тейлор С. Р., МакЛеннан С. М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
- Якобсон К. Э., Кугаева М. Ю., Станковский А. Ф. и др. Рифей Зимнего Берега Белого моря // Сб. геологии. 1991. № 11. С. 44–48.
- Cox R., Lowe D. A conceptual review of regional-scale controls on the composition of clastic sediment and the co-evolution of continental blocks and their sedimentary cover // J. Sed. Res. 1995. V. A65, P. 1–12.
- Cox R., Lowe D. R., Cullers R. L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States // Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59. P. 2919–2940.
- Gruzhankin D. Late Neoproterozoic sedimentation in the Timan foreland // Gee, D. G. & Pease, V. L. (eds) 2004. The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Geological Society, London. Memoirs. 2004. V 30. P. 37–46.
- Wronkiewicz D. J., Condie K. C. Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Transvaal Supergroups, South Africa: cratonic evolution during the early Proterozoic // Geochim. Cosmochim. Acta. 1990. V. 54. P. 343–354.

## ГЕОДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОФИОЛИТОВЫХ УЛЬТРАОСНОВНЫХ МАССИВОВ УРАЛА И СВЯЗАННОГО С НИМИ ХРОМИТОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

И. А. Малахов

Рассмотрено влияние геодинамики формирования уральских оphiолитовых ультраосновных массивов на состав и текстурные особенности связанного с ними хромитового оруденения. Показана гетерогенность происхождения глиноземистых и высокохромистых руд в оphiолитовых тектонит-перидотитах - первые связаны с мантийными гарцибургитами, становление которых проходило в океаническую стадию, а вторые - с эпигенетическими дунитами, формировавшимися при обдуке тектонит-перидотитов в последующую островодужную стадию. Установлена магматическая природа более железистых по составу хромитовых руд хабаринского типа, в полосчатых дуните-клинопироксенитовых комплексах, образующихся при дифференциации габброидов в земной коре.

*Ключевые слова:* геодинамика, оphiолиты, перидотит, дунит, хромит, островодужная стадия.

The paper discusses the effect of geodynamics of forming of the Ural ophiolitic ultra-basic massifs on the composition and the texture peculiarities of chromite mineralization related to them. Heterogenic character of the origin of aluminous and high-chromium ores in ophiolitic tectonite-peridotites is demonstrated - the first being related to mantle harzburgites formed in oceanic stage and the second ones - to epigenetic dunites originating from the obduction of tectonite-peridotites to the further island arc stage. Magmatic nature of more ferriferous in composition chromites of Khabarinskiy type is identified in striate dunite-pyroxeenite complexes formed during differentiation of gabbroids in the Earth's crust.

*Key words:* geodynamics, ophiolite, peridotite, dunite, chromite, islandarc stage

Как показали проведенные нами в последние годы исследования, геодинамика становления широкораспространенных оphiолитовых массивов на Урале решающим образом предопределяет состав генетически связанных с ними хромитовых руд [8]. Однако их состав сильно зависит также и от степени их высокотемпературного и низкотемпературного метаморфизма [6], а также от пространственного положения хромитовых руд в разрезе тектонически внедрившихся из верхней мантии в пределы земной коры рестиогенических гарцибургитов [8, 9]. Нами и другими исследователями установлены общие закономерности состава оphiолитовых ультрамафитов и ассоциирующих с ними хромитов, становление которых происходит в нижнем и среднем ордовике [3] в зоне Главного Уральского глубинного разлома (ГУГРа), а также Алапаевско-Теченского, Джетыгаринско-Аккаргинского и ряд других региональных разломов [4, 14]. В настоящее время установлено, что наиболее широко распространенные

на Урале оphiолитовые гарцибургитовые массивы рестиогенного происхождения изначально формировались в условиях океанического спрединга [13, 14] и содержат небольшое количество глиноземистых руд в виде сплошных шлиров и рудных сегрегаций [7].

Следует также отметить, что глиноземистые руды верблюжьегорского формационного типа [8], формирующиеся в различных частях перидотитовых пластин, подвергались разномасштабным процессам последующего высокотемпературного метаморфизма, в основном происходящего в коллизионную стадию в интервале от верхнего девона до перми, но в основном в карбоне [3]. Состав проанализированных хромшипелидов из руд Татищевского массива, расположенного в верхней части разреза, и из руд Верблюжьегорского массива - в нижней его части, приводится в табл. 1. Из приведенных химико-аналитических данных и результатов их пересчета следует, что лишь в хромитовых рудах

верхних частей ультраосновного разреза (типа Татищевского массива) слагающие их хромшпинелиды обладают зональным строением. В нижних же частях перidotитовых пластин подобная зональность хромшпинелидов в руках чаще всего отсутствует вследствие интенсивности процессов вторичного их преобразования (Алапаевский, Первомайский, Верблюжьегорский и Чураевский массивы).

Детальное изучение одного из самых крупных на Урале Войкаро-Сынинского хромитоносного массива, ранее выполненное Г.Н. Савельевой [14], показало, что его обдукация сопровождалась образованием в нижней части пластины ультрамафитов зоны антигоритовых и оливин-антигоритовых пород, связанных с надвигом пластины ранее внедрившихся гарцибургитов и дунитов на терригенные породы Лемвинской зоны.

Выполненный нами анализ имеющихся геолого-петрографических данных по составу пород и руд из целого ряда хромитоносных массивов Среднего и Южного Урала свидетельствует, что обдукционные процессы, сопровождающиеся надвиговыми дислокациями массивов преимущественно в СЗ и западном направлениях, для них весьма характерны. В частности, обдукации подверглись гарцибургиты и ассоциирующие с ними хромиты Верблюжьегорского массива, породы которого подверглись широкомасштабной антигоритизации, а хромиты – интенсивному метаморфизму, связанному с выносом алюминия из кристаллической решетки слагающих их хромшпинелидов.

О глубинном и высокотемпературном характере этого процесса свидетельствует часто фиксируемое повышение магнезиальности в краевых частях зерен хромшпинелидов (анализы 1, 2 и 11, 12 в табл. 1).

В одной из наших работ [9] показано большое значение активности кислорода при кристаллизации акцессорных и рудообразующих хромшпинелидов. Как следует из выполненных расчетов, величина  $P_{O_2}$  может меняться в широких пределах: при региональных высокотемпературных процессах метаморфизма обычно происходит в них существенное повышение содержания нормативного хромита, а при низкотемпературных локальных – повышение содержания нормативного магнетита [1].

Масштабы процессов метаморфизма, с которыми нередко связано повышение хромистости руд [6, 11], обычно контролируются тектоническими разломами и нарушениями, сопровождающимися тектоническим течением вещества вдоль границы раздела пластичной и вязкой сред. Подобная зона перехода от мантийных тектонит-перidotитов к магматическим комплексам основных пород океанической коры свойственна офиолитовым разрезам развитого спрединга в целом ряде офиолитовых комплексов – типа Омана или Ньюфаундленда [14]. Естественно, подобный подход полностью относится и к офиолитовым комплексам Урала, где надежно установлен полный классический цикл Вильсона.

Субдукционный режим, наступивший в северной части Урала в верхнем ордовике, а на Среднем и Южном Урале в верхнем силуре и продолжавшийся до раннего девона [3], коренным образом изменил геодинамическую обстановку, которая в это время соответствовала островодужной. Важно подчеркнуть, что именно в этот период во внедрившихся несколько ранее в условиях океанического спрединга гарцибургитовых тектонитах появилась в значительных количествах летучая фаза, в основном представленная водой и частично хлором. На основе обобщения большого фактического материала В. В. Ярмолюком и др. [16] было установлено, что в последующий островодужный этап происходило существенное обогащение пород литосферы летучими, вследствие многократно повторявшихся процессов рециклирования летучей фазы. Именно в островных дугах в активизированной краевой части платформы появляются мантийные источники, обогащенные многимирудными элементами. Согласно данным работы [16], магмы океанических островов по сравнению с расплавами СОХ содержали  $H_2O$  больше в 1,5 раза, а хлора – даже более чем в 2,5 раза. Принципиально важные данные о фракционировании магния, никеля и хрома в офиолитах в качестве индикаторов островодужного режима были получены В. Г. Степанцом и А. Г. Кеммером [17].

В отличие от наиболее часто встречающихся гарцибургитов, дуниты в составе офиолитовых ультрамафитов пользуются относительно ограниченным распространением.

Таблица 1  
Состав рудных хромитов из глиноземистых руд верблюжьегорского и формининского типа среди сарыбургитов Алапаевского, Первомайского, Татищевского, Верблюжьегорского и Чусовского месторождений на Среднем и Южном Урале

Минерал	Алапаевский			Первомайский			Татищевский			Верблюжьегорский			Чусовской		
	Бернина Р.	Алапаевск (центр рудного тела)	3-й Площадный рудник (центр рудного тела)	Качканар 5 (центр тела)	Столы	Иланушево	Напруднен.	Гудановский	№ 10 (центр рудного тела)	Гудановский	Гудованчик	Гудованчик	Гудованчик	Гудованчик	
Текстура руд	Массивные			Густотекущие			Густотекущие			Массивные			Густотекущие		
Номер анализа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14
Металлы	Центр	Край	Центр	Край	Центр	Край	Центр	Край	Центр	Край	Центр	Край	Центр	Центр	Край
TiO <sub>2</sub>	0,30	0,28	0,35	0,37	0,28	0,35	0,23	0,28	0,03	0,03	0,07	0,05	0,07	0,02	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,53	21,65	22,94	5,67	23,39	23,28	24,71	7,33	14,62	14,62	23,07	23,34	20,58	20,56	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48,39	49,21	46,75	61,31	48,16	46,49	42,54	59,04	52,80	52,80	48,22	48,86	47,27	47,43	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,81	2,41	6,29	1,87	1,80	5,78	3,71	6,34	6,34	2,21	3,49	5,90	6,07		
FeO	13,31	13,54	14,47	17,65	12,66	12,63	9,09	17,34	12,01	12,01	5,84	4,24	11,06	11,19	
MnO	0,56	0,60	0,19	0,61	0,13	0,19	0,19	0,30	0,34	0,34	0,16	0,14	0,24	0,22	
MgO	14,43	14,46	13,90	10,21	15,60	15,15	17,54	9,87	14,49	14,49	18,61	20,66	15,84	15,84	
Сумма	101,33	102,75	99,80	101,92	102,10	99,89	100,08	97,87	100,63	100,63	99,18	100,78	100,89	101,30	
Главные минеральные составляющие, %															
Железитизация	0,69	0,63	0,80	0,92	0,62	0,80	0,8	1,1	0,8	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	
Шпинель	36,79	38,28	41,32	11,06	40,86	41,52	43,1	14,7	45,7	27,0	40,5	40,9	36,7	36,6	
Магногемит	28,62	26,84	22,01	39,30	28,07	26,83	34,2	35,4	27,1	40,7	42,2	49,5	34,7	34,7	
Хроалит	29,55	31,53	34,45	40,89	28,36	28,80	15,5	44,1	24,7	24,7	14,7	6,6	21,8	21,9	
Маринит	4,36	2,72	1,43	7,83	2,09	2,06	6,4	4,7	7,2	7,5	2,5	3,8	6,7	6,9	
Основные расчетные параметры, %															
Железистость (FeO <sub>сост</sub> )	39,4	37,7	38,6	56,2	34,0	34,5	31,4	54,0	30,1	40,7	21,0	16,7	37,7	37,1	
Железистость f (FeO)	34,1	34,3	36,9	49,2	31,3	31,9	22,5	49,6	27,0	31,7	17,1	10,3	28,1	28,4	
Хромистость Y	61,3	60,4	57,7	87,9	58,0	57,3	53,6	84,4	53,0	70,8	58,4	58,4	60,6	60,7	
Доля Fe <sup>2+</sup> в R <sup>2+</sup> Z	4,4	2,7	1,4	7,9	2,1	6,5	4,8	2,2	7,5	2,5	3,8	6,7	6,9		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /FeO <sub>сост</sub>	2,89	3,13	3,60	3,02	3,36	3,26	2,98	2,65	2,54	2,98	5,46	6,62	2,89	2,85	

Подавляющая часть офиолитовых массивов Урала, обладающих значительными площадями и объемами эпигенетических дунитов, принадлежат к числу явно хромитоносных, причем именно среди них располагаются и наиболее крупные тела высокохромистых руд (Рай-Изский, Войкаро-Сынинский, Алапаевский, Халиловский, Кемпирсайский, Аккаргинский, и целый ряд других массивов).

В сложных по строению ультраосновных массивах Приполярного, Среднего и Южного Урала хромитоносные дуниты чаще всего располагаются в нижней части мощной толщи ретигенетических гарцбургитов. Их образование пространственно и генетически связано с процессами эпигенетической оливинизации, происходившей в стадию формирования островных дуг с участием летучей фазы и в первую очередь хлора, решившим образом влиявшим на массоперенос хрома, платины, иридия, палладия, а также золота.

Полученные за последние годы многочисленные данные по взаимоотношениям рудоносных дунитов и гарцбургитов – этих двух главных разновидностей альпинотипных ультрамафитов, однозначно свидетельствуют в пользу эпигенетической природы хромитоносных дунитов по сравнению с гарцбургитами. Определяющую роль процессов оливинизации при формировании хромитоносных ультрамафитов Урала еще тридцать лет назад активно пропагандировала С. В. Москалев [12]. Значительно раньше А. Н. Заварицкий (1932) на примере детального изучения полярноуральского массива Рай-Из на целом ряде конкретных примеров показал возможность метасоматического развития дунитов вместе с хромитами по секущим трещинам в гарцбургитах. В конце 80-х годов прошлого столетия подобные же представления о метасоматическом развитии хромитовых руд – в результате привноса магния и хрома, развивала Т. А. Смирнова (1990).

Уместно также отметить, что крупнейший специалист по геологии и металлогении Урала Д. С. Штейнберг допускал метасоматическое происхождение промышленных хромитовых руд даже в таком уникальном по масштабам рудоносности массиве, как Кемпирсайский [15]. Позднее было установлено, что формирование массива происходило в условиях

субдукционного режима в острородную стадию [14] при активном участии пневматолит-гидротермальной летучей фазы в хромитовом рудообразовании [8].

Состав хромшпинелидов из высокохромистых руд выделенных нами курмановского, кемпирсайского и кракинского типов [7] приводится для сравнения в табл. 2. Систематизация данных по структурно-текстурным особенностям руд также свидетельствует о явном преобладании среди высокохромистых руд, генетически связанных с дунитами, вкрашенного типа руд, обладающего крупнозернистой или среднезернистой структурой. А. В. Алексеевым [1], выполнившим многочисленные минералогические подсчеты содержания нормативного энстатита в гарцбургитах рудоносных дунит-гарцбургитовых комплексов по ряду ультраосновных массивов Урала, показано, что они характеризуются более низкими его содержаниями (порядка 24 %, против 32 % в обычных гарцбургитах).

Помимо эпигенетических дунитов, слагающих значительные площади в хромитоносных ультраосновных массивах, высокохромистые руды входят в состав вторичных по происхождению полосчатых дунит-пироксенитовых комплексов, широко распространенных в целом ряде уральских массивов: Войкаро-Сынинском, Алапаевском, Верхнеййинском, Баженовском, Ключевском, Нуралином, Халиловском, Хабаринском и ряде других. Образование подобных полосчатых комплексов обычно связывают с процессами расслоения ультрабазитов и габбронитов, происходящими в отличие от офиолитовых тектонит-перidotитов непосредственно в пределах земной коры.

Практически все изученные офиолитовые массивы с подобными дунит-клинопироксенитовыми полосчатыми комплексами, обладающими кумулятивной природой, содержат промышленные выделения высокохромистых, но относительно более железистых по составу хромитовых руд. В отличие от мантийных существенно магнезиальных руд, содержащихся в тектонит-перidotитах, железистые хромиты, залягающие непосредственно в дунитах полосчатых комплексов, формируются при кристаллизационной дифференциации внедрившихся в пределы земной коры продук-

Таблица 2

Состав рудных хроминовидов из различных типов высоких руд среди дунитов, образующихся при облучении и спутникообразующих эйпроцессах оливоподобных минералов частей периодической системы в острородовых узлах преобразованной оливинитовой комплексной Урала

Тип руды	Курмановский			Кемирасбайский			Кракитский			
	Массив	Алгиновский	Кезицеральский	Ашшакельский	Пермоянский	Халиловский	№ 59	Башкортостан	Карталинский	
Месторождение	Курмановское									
Текстура руды	Среднекристаллическая	Средне- и густо-извратленная	Массивная и густоизвратленная	Густоизвратленная	Массивная	Густоизвратленная	Густоизвратленная	Густоизвратленная	Густоизвратленная	
Место	Центр	Край	Центр в теле 1	Центр в теле 2	Центр	Край	Центр	Край	Центр	
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,18	не опр.	0,20	0,20	0,40	0,23	0,12	0,07	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,48	14,32	18,27	17,68	9,29	9,23	11,56	9,26	8,86	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56,78	56,41	50,87	51,44	61,59	61,84	58,45	58,39	60,16	
FeO <sub>1</sub>	3,33	3,00	3,46	3,70	2,81	2,59	7,01	5,34	4,75	
FeO <sub>2</sub>	13,46	13,97	13,25	12,81	11,04	10,93	8,71	9,58	12,00	
MnO	0,24	0,28	не опр.	0,38	0,21	0,14	0,18	0,23	0,18	
MgO	13,70	13,56	14,15	14,37	14,38	14,48	17,24	16,20	14,28	
Сумма	101,15	101,72	100,00	99,69	99,65	103,57	101,49	101,43	100,29	
Ульвильитность	0,57	0,63	—	0,7	0,7	1,4	0,8	0,4	0,2	
Шпинель	24,96	26,32	33,5	32,4	17,7	20,6	21,2	17,4	16,8	
Магногемит	39,21	36,71	32,1	34,2	51,5	52,0	57,2	53,8	50,3	
Хромит	31,32	32,82	30,4	29,0	27,0	26,7	12,8	17,9	26,2	
Магнетит	3,94	3,52	4,0	4,3	3,1	8,0	6,2	5,7	6,4	
Основные расчетные параметры										
Железистость (FeO <sub>общ</sub> )	40,9	41,5	39,3	38,7	35,6	34,9	33,1	33,5	39,3	
Железистость f (FeO)	35,5	36,6	34,4	33,4	30,1	29,7	22,1	24,9	32,1	
Хромистость Y	73,9	72,5	65,1	66,1	81,6	81,8	77,2	77,1	81,5	
Доля Fe <sup>3+</sup> в R <sup>2+</sup> Z	4,0	3,5	4,0	4,3	3,4	3,2	8,1	6,3	5,7	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /FeO <sub>общ</sub>	3,39	3,38	3,11	3,19	3,79	4,66	3,89	4,06	4,74	

тов щелочно-тодоритовой магмы, с которой генетически связаны габброиды.

Итак, в соответствии со сложившимися на Урале представлениями на генезис дунитов и звеноиницирующих с ними хромитовых руд в уральских олиолитовых массивах, их формирование происходило в условиях субдукции, в островодужной обстановке, когда в пределах земной коры формировалась и основная масса габброидов. При сжатии и последующем тектоническом столкновении переместившихся из магмы в пределы земной коры гардбургитовых тектонических пластин происходил их дополнительный разогрев, сопровождавшийся явлениями десерпентинизации, вследствие чего в них фиксировалось повышенное количество летучей фазы. Возможность проявления процессов оливинизации при надвиговых дислокациях в нижней части гардбургитовых пластин вполне объяснима и базируется на экспериментальных данных о возможности растворения во флюиде до 10 % образующегося при этом свободного кремнезема.

Этот процесс проходил в соответствии с реакцией  $2(\text{Mg},\text{Fe})\text{SiO}_3 \rightleftharpoons (\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4 + \text{SiO}_2$  и хорошо известен специалистам, занимающимися изучением строения ультраосновных массивов в олиолитовых комплексах. Чаще всего он осуществляется в условиях явного повышения температуры. Поскольку образующийся при оливинизации энстатит кремнезем обычно выносится в более высокие горизонты ультраосновного разреза, за его счет нередко образуются энстатититовые жилы в верхних частях перидотитового разреза. Подобный процесс неоднократно нами наблюдался непосредственно в коренных обнажениях и карьерах Халиловского, Кемпирсайского, Южно-Кракинского, Алапаевского и Ключевского хромитоносных массивов на Южном и Среднем Урале, а также в массиве Рай-Из на Полярном Урале.

Как нами ранее установлено [6, 11], помимо алюминия из энстатита, а также из гораздо реже встречающегося клинопироксена выносится также хром, идущий на образование шпинелевого, магнохромитового и хромитового минералов. Процесс оливинизации нижних частей гардбургитовых массивов при последующих процессах обдукии тектонит-перидотитов осуществлялся при температуре

800–1000 °С, что отвечает шпинелевой фации глубинности (10–15 кбар) [5, 6, 10]. Образование же кумулятивных полосчатых оливин-верллит-пироксенитовых комплексов в нижних частях габброидов, судя по изучению оливин-хромитовых парагенезисов, соответствует диапазону температур 700–900°, что объясняется влиянием летучей фазы, снижающей температуру кристаллизации на 200 °С [13].

Поскольку процессы оливинизации в основном происходили в нижней части перидотитовых пластин, то генетически связанные и ассоциирующие с новообразованными дунитами высокохромистые руды также имеют вторичное происхождение и в основном располагаются в нижней части ультрамафитового разреза [7]. Как свидетельствуют проведенные нами микрозондовые исследования, высокохромистые руды принадлежат к трем типам – курмановскому, кемпирсайскому и кракинскому [8]. Первый из них представлен средними и бедновкрапленными текстурными типами высокохромистых руд; второй принадлежит к наиболее рудоносному промышленному типу и представлен как сплошными, так и вкрапленными рудами, наконец, третий характеризуется умеренными по размерам и мощности сплошными и вкрапленными рудными телами. Характерно, что в третьем формационном типе часто фиксируются в красных частях рудных тел узкие (до метра) зоны околоврудных дунитов. Типичные составы хромшпинелидов из высокохромистых руд, располагающихся среди эпигенетических дунитов, приведены в табл. 2.

Мощная толща тектонит-перидотитов мантийного происхождения, по петрографическому и химическому составу соответствующая гардбургитам, содержит большое количество мелких тел глиноземистых руд верблюжьегорского типа, значительная часть которых, особенно примыкающая к разломам и нарушениям, подверглась последующему высокотемпературному метаморфизму с существенным повышением их хромистости [11].

Судя по работам [6, 8], хромшпинелиды из руд, находящихся в верхней части перидотитового разреза, выявленных, в частности, в Татищевском и Успеновском массивах, обладают зональным строением. С другой стороны, в хромитовых рудах Чураевского и Вер-

Таблица 3

Состав хроминиилдов из различных типов хромитовых руд Алапаевского массива на Среднем Урале

Формат, тип	Верхнекаменогорский			Хабаринский			Верхнекаменогорский			Курмановский		
Металлорудник	3-й Центральный рудник			Верхнекаменогорский, южнее тела "Старое"			Курмановский			Курмановский		
Место отработки	Лесной бок			Лесной бок			Высокий бок			Курмановское		
Текстура руд	Массивная			Массивная			Высокий бок			Высокий бок		
Место	Центр	Край	Центр	Центр	Край	Центр	Центр	Край	Центр	Центр	Край	Центр
TiO <sub>2</sub>	0,35	0,37	0,25	0,22	0,35	0,28	0,33	0,33	0,35	0,38	0,16	0,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,94	5,67	20,73	21,39	19,29	18,74	7,48	6,54	15,93	15,51	13,48	14,32
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	46,73	61,31	48,35	49,59	48,11	47,91	62,31	60,13	56,37	55,51	56,78	56,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,24	6,29	1,32	0,90	2,72	2,33	0,82	1,39	1,49	1,02	3,33	3,00
TiO <sub>2</sub>	13,12	13,46	25,77	23,84	13,26	13,21	25,77	23,84	13,12	13,46	13,97	8,71
MnO	0,19	0,61	0,20	0,10	0,18	0,20	0,57	0,65	0,20	0,28	0,24	0,28
MgO	13,90	10,21	13,80	12,52	13,88	13,46	5,24	5,47	14,49	13,78	13,70	13,56
Сумма	99,80	101,92	98,36	98,68	97,79	96,13	102,52	98,35	101,97	99,94	101,15	101,72
Ульвингитель	0,80	0,92	0,59	0,51	0,83	0,68	0,84	0,87	0,81	0,90	0,57	0,63
Шпинель	41,32	11,06	48,16	34,46	35,98	35,54	14,89	13,57	28,89	28,79	24,96	26,32
Магнетит	22,01	39,30	26,09	23,19	29,43	29,03	11,50	15,14	37,58	35,90	39,21	36,71
Хромит	34,45	40,89	33,61	37,36	30,62	31,92	71,73	68,56	31,00	33,20	31,32	32,82
Марказит	1,43	7,83	1,56	-	3,23	2,82	1,04	1,85	1,72	1,21	3,94	3,52
Алмазоминералы	-	-	-	4,48	-	-	-	-	-	-	-	-
Основные геометрические параметры												
Железистость (FeO <sub>тот</sub> )	38,6	56,2	37,7	40,0	38,8	39,0	73,9	72,0	35,9	36,9	40,9	41,5
Железистость f (FeO)	36,9	49,2	35,8	40,0	34,9	35,5	73,4	71,0	33,7	35,4	35,5	36,6
Хромистость Y	57,7	87,9	61,0	60,9	62,6	63,2	84,8	86,0	70,4	70,6	73,9	72,5
Доля Fe <sup>2+</sup> в R <sup>3+</sup> Z	1,4	7,9	1,6	0,0	3,3	2,8	1,1	1,9	1,7	1,2	4,0	3,5
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / FeO <sub>тот</sub>	3,00	2,63	3,24	3,34	3,06	3,13	2,35	2,34	3,90	3,86	3,45	3,38
											3,89	4,06

блюжьегорского массивов зональность слагающих их хромшпинелидов устанавливается редко, поскольку как акцессорные, так и рудные шпинели практически на цело изменили свой состав при последующем их метаморфизме. Обращает на себя внимание, что для них характерен оливин-антigorитовый парагенезис, свойственный зонам тектонитов.

Широко распространенные среди офиолитовых ультраосновных массивов и приуроченных к ним хромитовых руд процессы высокотемпературного метаморфизма связаны с выносом из кристаллической решетки слагающих их акцессорных и рудных хромшпинелидов иллюминия и частично магния с образованием хлоритовых кайм и микровключенияй и в конечном итоге приводят при последующих коллизионных процессах к существенному повышению хромистости рудной шпинели [6, 11]. Интересно, что в целом ряде офиолитовых массивов Урала установлено несколько формационных типов руд. Своеобразным «рекордсменом» является Алапаевский массив, где, согласно нашим данным, выделяются четыре формационных типа хромитовых руд (табл. 3).

При проведении минералого-литографических исследований были выявлены различия между глиноземистыми и высокохромистыми рудами не только по составу, но и по структуре и текстуре: первые практически всегда являются явно более мелкозернистыми и чаще всего представлены сплошными (массивными) хромитами при весьма ограниченном количестве вкраплений разновидностей, вторые же, напротив, характеризуются среднезернистой или крупнозернистой структурой, а по текстуре среди них явно преобладают бедно-, средне- и густовкрапленные разновидности. Подобная зависимость установлена для высокохромистых руд в массивах Рай-Из, Алапаевском и Верхне-Тагильском на Среднем Урале, Успеновском, Халиловском, Кемпирской, Аккаргинском и в ряде других рудно-носовых дунитовых и дунит-гарцбургитовых массивов на Южном Урале.

В частности, по данным проведенного изучения, вкрапленный тип хромитовых руд явно преобладает среди наиболее крупных месторождений в массиве Рай-Из на Приполярном Урале – Западном, Юго-Западном

и Центральном. Причем в последнем из объектов сплошные и густовкрапленные руды встречаются лишь в 9-й рудной залежи, располагающейся в лежачем боку мощной зоны вкрапленных хромитов.

Как недавно нами было установлено, помимо верблюжьегорского лишь хабаринский тип хромитовых руд по генезису является явно магматическим и обладает кумулятивным происхождением; он повсеместно располагается среди дунитов полосчатого дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса, образующегося в нижней части толщи габброндов, формирующихся в островодужную стадию в пределах земной коры и налегающих чаще всего с угловым несогласием на мантийные офиолитовые тектонит-periidotиты. Состав их из ряда уральских массивов приводится в табл. 4. Обращает на себя внимание явно более железистый состав слагающих их высокохромистых шпинелей.

Как свидетельствуют наши многочисленные оптические и химико-аналитические данные, надежным критерием для выявления генетической природы процесса является сопоставление железистости оксидных и силикатных существующих минералов. При регressiveм метаморфизме, в условиях понижения температуры, постоянно отмечается повышение железистости хромистых шпинелей и, напротив, понижение железистости сосуществующих с ними оливинов, что связано с процессами обмена Mg и Fe между оливином или пироксеном и хромистой шпинелью.

Для ассоциаций, обладающих магматическим, в том числе и кумулятивным происхождением, в условиях понижения температуры, напротив, характерно единообразное повышение железистости оливинов и хромшпинелидов, как в породах, так и в рудах.

Обращает также на себя внимание, что сами офиолитовые тектонит-periidotитовые массивы в складчатой части Урала и приуроченные к ним хромиты характеризуются лишь ограниченной платинондной Os-Ir-Ru минерализацией. Лишь образующиеся в островодужную стадию при субдукционных процессах кумулятивные дуниты и приуроченные к ним руды хабаринского типа часто содержат весьма ограниченную по масштабам платиновую минерализацию – в виде Pt-Fe в дунитах и Pt-

Таблица 4

Состав рудных хромитов иллюстрированных лупами полосчатых лунит-клинопироксеноитовых комплексов Алапаевского, Верхнеййинского, Ключевского, Иткульского и Хабаринского массивов на Среднем и Южном Урале, принадлежащих к хабаринскому формационному типу

Массив	Алапаевский			Верхнеййинский			Ключевской			Иткульский			Хабаринский		
	Месторождение	Манохименское		Бертишский р. Аль- насы	Александровское		Густоокреплен- ный	Перво- майское	Сред- ний	Итульское	5-1	5-2	Средн- (46 шт)		
Текстура руд		Среднепротяжен- ный	Редкозернистый		Конт.	Немагн.									
Метро-	Конт.	Немагн.	Конт.	Немагн.	Центр	Край	Центр	Край	Конц.	Массиша	Густо- зернистый	Конц.	Виды- породы	Конц.	Масси- ческая
TiO <sub>2</sub>	0,26	0,98	0,27	0,83	0,33	0,07	0,07	-	0,00	0,07	-	-	-	-	0,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,01	11,04	6,53	9,42	7,48	17,29	17,84	8,75	8,32	5,12	3,00	12,44	8,46	11,84	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56,11	57,65	47,63	52,15	62,31	53,87	54,14	57,81	59,07	63,14	63,74	51,49	54,80	54,56	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,74	0,00	16,51	9,49	0,82	0,10	1,36	7,19	5,14	3,72	3,41	10,48	8,75	5,33	
FeO	19,03	20,25	20,88	16,38	25,77	12,85	11,77	12,88	16,44	24,18	25,70	8,45	15,66	15,74	
MnO	-	0,08	0,44	0,10	0,57	0,18	0,18	-	-	0,76	0,66	-	-	-	
MgO	9,58	9,00	7,57	11,46	5,24	13,86	15,07	13,37	11,03	4,92	4,23	16,48	11,30	12,07	
Сумма	99,80	99,09	100,10	99,97	102,52	98,31	100,50	100,00	100,00	100,15	101,10	99,33	98,98	99,94	
Ультапиросил- ик	1,0	3,7	1,0	3,1	0,84	0,2	0,2	-	-	0	0,2	-	-	-	1,5
Шпинель	19,6	21,5	13,2	18,1	14,89	22,2	32,3	16,8	16,2	6,5	6,3	23,2	23,2	22,5	
Магнезомагнит	27,8	22,5	25,6	37,7	11,50	33,2	36,8	48,1	38,2	19,5	16,0	54,5	54,5	35,5	
Хромит	45,8	52,3	39,2	29,7	71,73	34,3	29,1	26,3	39,1	-	-	9,8	9,8	34,0	
Магнетит	5,8	0,0	21,0	11,5	1,04	0,1	1,6	8,8	6,5	69,0	73,0	12,5	12,5	6,5	
Железистость (FeO <sub>разн</sub> )	57,7	56,0	73,5	55,2	73,9	39,2	64,6	44,8	51,7	75,8	79,2	37,8	53,9	48,8	
Железистость f (FeO)	52,7	56,0	60,7	44,5	73,4	38,7	55,6	35,1	45,5	73,4	77,3	22,3	43,7	42,3	
Хроматистость Y	79,0	77,8	83,0	78,8	84,8	87,8	97,3	81,6	82,6	93,1	93,4	73,5	81,3	75,6	
Доля Fe <sup>II</sup> в K <sup>+</sup> Z	6,0	0,0	21,5	12,0	1,1	0,4	12,4	8,8	6,4	5,0	4,5	12,5	11,0	6,6	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /FeO <sub>разн</sub>	2,41	2,85	1,33	2,09	2,35	4,16	4,17	2,99	2,80	2,57	2,22	2,88	2,33	2,66	

Основные расчетные параметры

$\text{Ir-Fe}$  в высокохромистых рудах, также ассоциирующих с дунитами [12]. В этом отношении они обладают большим сходством с дунитами и хромитами зональных дунит-клинопироксенитовых комплексов Платинопосного пояса Урала, также формировавшихся в островодужную стадию. Однако в последние масштабы платинового оруденения намеримо больше и разнообразнее [2, 11].

## Заключение

1. Проведенные нами в последние годы исследования полностью подтвердили правомочность и целесообразность выделения среди офиолитовых ультрамафитов Урала пяти формационных типов хромитов. Наиболее широко распространенный – верблюжьегорский тип, генетически и пространственно связан с мантийными реститогенными гарцбургитами (тектонит-периidotитами). Они слагают подавляющее большинство ультраосновных массивов, изначально формировавшихся в океаническую стадию. Другие типы хромитовых руд непосредственно связаны с эпигенетическими дунитами (курмановский тип) или с рудоносным полосчатым дунит-гарцбургитовым комплексом (кемпирсайский и кракинский типы), располагающимися в зонах обдукии офиолитовых ультрамафитов, и их формирование проходило в последующую островодужную стадию – при участии флюидов водно-хлоридного состава пневматолит-гидротермальным путем. Лишь один хабарининский формационный тип хромитовых руд представлен высокохромистыми, но более железистыми по составу кромшпинелидами. Пространственно он приурочен к кумулятивным дунитам, входящим в состав полосчатого дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса, образовавшегося при процессах дифференциации островодужных габбройдов в пределах земной коры и непосредственно налегающего на верхние части ранее внедрившихся в пределы земной коры мантийных офиолитовых тектонит-перидотитов. Характерно, что лишь с этим типом генетически связаны также платина, представленная Pt-Ir-Fe ассоциацией и рядом платинойдов, в первую очередь Rh и Pd.

2. Полученный нами и другими исследователями геологический материал на Урале и

ряде других регионов мира свидетельствует, что эпигенетические дуниты, входящие чаще всего в состав рудоносных дунит-гарцбургитовых комплексов, являются обдукционными по механизму своего формирования, сопровождаются процессами эпигенетической оливинизации гарцбургитов, а приуроченные к ним хромитовые руды обладают чаще всего пневматолит-гидротермальным происхождением.

3. В пределах некоторых хромитоносных массивов могут быть представлены два и более формационных типа хромитовых руд. С своеобразным «рекордсменом» в этом отношении является Алапаевский массив, в котором отмечаются хромитовые руды четырех формационных типов. Сам массив в основном представлен реститогенными гарцбургитами, внедрившимися в океаническую стадию из мантии в пределы земной коры по серии региональных субмеридиональных разломов. С ними пространственно и генетически связаны ограниченные по мощности и протяженности тела хромитовых руд глиноземистого состава. В дальнейшем массив подвергся субдукционным и обдукционным процессам. В нижней (западной) его части при оливинизации сформировалась зона эпигенетических метасоматических дунитов с рудами курмановского и кракинского типов, а в северо-восточной его части, где на тектонит-гарцбургиты налегают породы полосчатого дунит-клинопироксенитового комплекса, среди дунитов которого располагаются прожилково-вкрапленные руды высокохромистых, но более железистых руд хабарининского типа.

4. Процессы последующего высокотемпературного метаморфизма глиноземистых и высокохромистых руд, выявленные в целом ряде уральских массивов, происходили линии в условиях субдукционного режима – как в стадию островных дуг, так и в коллизионную стадию, когда существенно возросло в офиолитовых ультраосновных массивах количество летучей фазы. Начальные стадии подобных вторичных изменений с образованием зональных индивидов хромшпинелидов устанавливаются среди хромитовых руд, находящихся в верхних частях гарцбургитовых пластин. Однако наиболее интенсивным преобразованиям подвергаются руды, находящиеся в нижних частях офиолитовых массивов.

Исследования выполнены на средства по проекту «Университеты России» ур.09.01.43!

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азакеев А. В., Малахов И. А., Бурмако П. Л. Общие закономерности состава альпинотипных ультрабазитов и хромитовых руд // Эволюция внутренконтинентальных подвижных поясов (Х чтения А. Н. Заваринского). Екатеринбург: УрО РАН, 2004. С. 195-199.
2. Запеев К. К., Волченко Ю. А., Коротеев В. А., Малахов И. А., Мардиросян А. Н., Хрынов В. Н. Платинометальное оруденение в геологических комплексах Урала. Екатеринбург: ОАО «УГСЭ», 2001. 199 с.
3. Наумов К. С. Основные черты геологической истории (1,6-0,2 млрд лет) и строения Урала: Дис... д-ра геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 1998. 253 с.
4. Малахов И. А. Петрохимия ультрабазитов Урала // Тр. ИГ УФАН СССР, вып. 79. Свердловск: Изд. УФАН, 1966. 234 с.
5. Малахов И. А. Закономерности одишин-хромитовых парагенезисов в альпинотипных гипербазитах // Петрология гипербазитов и базитов Сибири, Дальнего Востока и Монголии. Новосибирск: Наука, 1980. С. 120-131 (Тр ИГиГ СО АН СССР. Вып. 464).
6. Малахов И. А. Особенности высокотемпературного метаморфизма хромитовых альпинотипных массивов Урала, приводящего к повышению качества руд // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы научной конференции. Вып. 2. Томск: ЦНТИ, 2001. С. 306-311.
7. Малахов И. А. Положение различных типов хромитового оруденения в разрезе ультрамафитов Урала, их состав и особенности метаморфизма // Мат-лы науч. конф. «Эволюция внутренконтинентальных подвижных поясов». Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2003. С. 185-189.
8. Малахов И. А. Влияние геодинамики становления уральских альпинотипных массивов на состав и текстурные особенности содержащихся в них хромитов // Тр. Междунар. конф. «Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей». Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2004. С. 221-225.
9. Малахов И. А. Активность кислорода как индикатор состава рудных хромшипелидов при формировании альпинотипных ультрамафитов на Урале // Х чтения, посвященные памяти П. Н. Чирвинского. Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2005.
10. Малахов И. А., Бурмако П. Л., Азакеев А. В. Условия формирования разных типов хромитового оруденения в альпинотипных массивах Урала // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований: Материалы Всерос. сов. Новосибирск: СО РАН, 2003. С. 207-209.
11. Малахов И. А., Савочкин И. В., Бурмако П. Л. и др. Влияние процессов метаморфизма и метасоматизма на состав хромшипелидов в ультрамафитах и хромитах Урала // Известия УГГА. Вып. 13. Сер.: Геол. и геофиз., 2001. С. 66-73.
12. Москалева С. В. Гипербазиты и их хромитоносность. Л.: Недра, 1974. 279 с.
13. Пучков В. Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
14. Савельева Г. Н. Габбро-ультрабазитовые комплексы оphiолитов Урала и их аналоги в современной октайской коре // Тр. ГИН; Вып. 404. М.: Наука, 1986. 246 с.
15. Штайнберг Д. С., Чайкин И. С. Положение хромитового оруденения в истории формирования альпинотипных гипербазитов // Геохимия рудных элементов в базитах и гипербазитах. Иркутск: Изд. Ин-та геохимии СО АН СССР, 1990. С. 166-170.
16. Ярмашук В. В., Коваленко В. И., Наумов В. Б. Геодинамика, потоки и рециклирование летучих компонентов между мантией и верхними оболочками Земли // Геотектоника. 2005. № 1. С. 45-63.
17. Stepanov W. G., Kennett A. G. Mg, Ni and Cr fractionation in ophiolite as indication of the island arc and spreading back-arc magmatism maturity: an example from Central Kazakhstan // GEO 2002. Planet Erde, 2002. Heft 21. P.320-323

## НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ ЗОЛОТО-АРГИЛЛИЗИТОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В МЕЗОЗОЙСКИХ СТРУКТУРАХ УРАЛА

О. Н. Грязнов, А. Г. Баранников, К. П. Савельева

Приведены сведения о распространении метасоматитов аргиллизитовой формации в эндогенных месторождениях Урала. Аргиллизация, отвечающая режиму тектономагматической активизации (ТМА), наиболее масштабно проявилась себя на постколлизионном этапе развития региона в стабилизированных блоках земной коры. Выделены две стадии ТМА - ранняя ( $P_1-J_1$ ) и поздняя ( $J_2-K$ ). Возможно существование и завершающей третьей стадии ( $P_3-Q$ ).

С ранней стадией ТМА связано формирование в активизированных структурах нового для региона типа полигенетических и полихронных золоторудных месторождений, в объеме рудоносных пород которых определяющая роль приходится на метасоматиты золото-аргиллизитовой формации. На примере рассмотренных месторождений (Светлинского, Воронцовского, Новогоднине-Монто) разобрана этапность их формирования, стадийность аргиллизитового процесса, описаны типоморфные минеральные ассоциации изученных метасоматических колонок. Формирование малоглубинных (телефермальных) объектов поздней стадии протекало в условиях масштабной пeneplенизации региона и сопровождалось своеобразным гипогенетично-гипергенетическим типом золотого оруденения (Чернореченский и иные участки). Выявление подобных объектов затруднено близостью состава продуктов золотого рудогенеза и химических кор выветривания.

Перспективы выявления новых золоторудных месторождений на Урале следует связывать с объектами золото-аргиллизитовой формации.

*Ключевые слова:* Урал, золото, метасоматоз, аргиллизиты, формация, активизация.

Data is given about occurrence of metasomatites of argillite formation in endogenic deposits of the Urals. Argillization, responding to the conditions of tectonic-magmatic activation (TMA), more fully demonstrated itself at the post-collision stage of the region development in stabilized blocks of the earth's crust. Two stages of TMA are distinguished: early ( $P_1-J_1$ ) and late ( $J_2-K$ ). Existence of the third concluding stage ( $P_3-Q$ ) is possible.

Formation of new for this region types of polygenous and polychronous gold ore deposits in activated structures is connected with the early stage of TMA. Specific role in the volume of ore-bearing rocks belongs to metasomatites of gold-argillite formation. On the example of investigated deposits (Svetlinsky, Vorontsovsky, Novogodnino-Monto) the stages of their formation, phases of argillite process are detailed. Typomorphic mineral associations of investigated metasomatic columns are described. Formation of low (telethermal) objects of late stages took place in conditions of great peneplenization of the region and was accompanied by unusual hypogenic-hypergenic types of gold mineralization (Chernorechinsky and other sections). Revealing of similar objects is difficult due to closely related composition of products of gold ore genesis and chemical crusts of weathering.

Perspectives for discovery of new gold-bearing deposits in the Urals should be connected with the objects of gold-argillite formation.

*Keywords:* the Urals, gold, metasomatism, argillites, formation, activation.

Значительное истощение россыпей благородных металлов за более чем 260-летний период эксплуатации традиционных типов золоторудных месторождений на Урале обусловило проблему определения рационального направления прогнозно-поисковых и оценочных работ из золота на ближайшую и отдаленную перспективу. Очевидно, что при рассмотрении данного вопроса необходимы новые и порой

нетрадиционные подходы, «свежие» взгляды, опирающиеся на современные геотектонические и минерагенические концепции, прогрессивные методы исследования, учитывающие достижения технологии переработки золотосодержащих руд (пород с низкими и убогими содержаниями) на основе методов выщелачивания благородного металла (кущным, чановым, подземным и иными способами). В этой

связи самого пристального внимания заслуживает, по нашему мнению, проблема оценки перспектив Уральского региона на новые и пока крайне слабо изученные типы золото-аргиллизитового оруденения.

Первые упоминания о наличии глинистых минералов в ассоциации с гидротермальными образованиями в некоторых эндогенных месторождениях Урала содержатся в работах Г. Н. Вертушкова, Д. Г. Коржинского, А. Н. Заварницкого и др. Обширные материалы о наличии ассоциаций глинистых минералов в рудных объектах различной формационной природы нашли отражение в трудах конференций, проведенных в стенах СГИ (ныне УПГУ), посвященных метасоматическим формациям (1976–1997), а также в многочисленных публикациях. Интересное мнение высказано в монографии В. Н. Разумовой. Глинистые эловиальные образования ею рассматриваются как продукт «гидротермально-водяного» происхождения. Не разделяя в полной мере столь ортодоксальную точку зрения, следует подчеркнуть, что рассмотренные в книге примеры заставляют более осторожно относиться к интерпретации ряда фактов, ранее казавшихся очевидными.

К настоящему времени глинистые минералы в ассоциации с продуктами гидротермального рудогенеза установлены в колчеданных, скарновых, медно-порфировых, золоторудных, редкометалльных, ураноносных объектах, а также на месторождениях горного хрусталия, аметиста, агата-переливта и др. Все многообразие этих глинистых минералов и пород предложено объединить в четыре группы низкотемпературных метасоматических образований [5]: 1) формацию гидротермальных окорудных аргиллизитов; 2) формацию гидрослюдистых метасоматитов; 3) формацию сольфатарно-фумарольных аргиллизитов; 4) ассоциацию гипогенных глинистых минералов в объеме иных метасоматических формаций. Применительно к рассматриваемой нами проблеме золотоносности наибольшего внимания заслуживают две первые из обозначенных метасоматических формаций, а также четвертая.

Аргиллизитовая формация установлена в связи с проявлением позднекаледонского (U, Mo), позднегерцинского (аметист, агат-

переливт) гранитного магматизма в структурах Восточно-Уральского пояса поднятий и сопряженных прогибов и прилегающих блоков Тагило-Магнитогорского прогиба, а также магматизма мезозойской тектономагматической активизации в консолидированных структурах Урала и Зауралья (U, Mo, Cu, Au) [3, 9].

Достоверно установлено, что аргиллизиты обычно завершают длительный и нередко растянутый во времени процесс золотого рудогенеза. В наибольшей степени они проявили себя на заключительном этапе развития Уральского складчатого пояса, развиваясь в поднявшихся (активизированных) структурно-вещественных комплексах, содержащих то или иное количество золота в генетически разнородных объектах. В благоприятных геологических условиях под воздействием низкотемпературных гидротермальных растворов происходит переотложение золота, его выявление в новые гидротермально-метасоматические циклы. Это в определенных обстановках могло привести к формированию золоторудных объектов не только среднего, но и крупного масштаба с различными источниками металла (как мантийного, так и корового происхождения).

Мезозойская тектономагматическая активизация (ТМА) достаточно широко проявилась в структурно-вещественных комплексах (СВК) Урала: в расколах сиалических блоков докембрийской стабилизации и срединных массивов Уральской геосинклинали; в пограничных разломах, разделяющих антиклиновые и синклиновые структуры I и II порядков; в наложенных мезозойских депрессиях чехла и складчатого фундамента Зауралья. Металлогеническую и геохимическую специализацию этой эпохи определяют золото, платина, уран, молибден, вольфрам, бериллий, литий, ртуть. Одним из ведущих рудообразующих процессов, определивших во многом металлогенез зон ТМА, явился процесс аргиллизации. Его наложение на более ранние рудоносные системы в узлах эндогенной активности привело к формированию полигенных и полихронных месторождений.

Понятие «зоны автономной тектономагматической активизации» было введено А. Д. Щегловым [16] как самостоятельный тип эндогенного режима, проявляющийся в завер-

ний этап эволюции складчатых поясов, прерывающей тектонические движения и магматизм уже в консолидированных складчатых поясах, при их переходе в платформы, а также активизации тектоно-магматической деятельности в определенные периоды развития платформ (эпиплатформенный рифтогенез). В транскрипции современных тектонических концепций применительно к подвижным поясам ТМА может быть сопоставлена с временем постколлизионного рифтогенеза.

В Уральском складчатом поясе ТМА увидено фиксируется лишь в позднепалеозойско-мезозойский период эволюции региональных структур в блоках ранней (доуралиды) и поздней (уралиды) стабилизации. На сегодняшнем уровне изучения в развитии ТМА Урала с определенной достоверностью могут быть выделены две стадии – ранняя, Р<sub>1</sub>-J<sub>1</sub>, и поздняя, J<sub>2</sub>-К<sub>2</sub>. В. С. Шуб и др. (1991) считают возможным выделить третью стадию мезозойско-кайнозойской активизации – постколлиоцен-четвертичную (Р<sub>2</sub> – Q).

С наибольшей интенсивностью и полнотой (в геологическом и металлогеническом отношении) проявилась ранняя стадия ТМА. Она выразилась в подвижении разнорядковых разломов складчатого Урала, образовании новых (карта мезозойской тектоники К. П. Плюснина), формировании наложенных тектонических, эрозионно-тектонических вулканогенно-молассовых, молассовых, часто угленосных впадин восточного склона Урала – Зауралья. Вторая стадия фиксируется тектоническими подвижками, ущербным магматизмом и продолжением гидротермальных процессов в отложениях позднего мезозоя на фоне интенсивного химического выветривания пород и процессов пenepliенализации Уральских складчатых сооружений.

Месторождения золото-аргиллизитовой формации – нового для региона геолого-промышленного типа – контролируются активизированными в мезозое региональными разломами, разделяющими антиклиниорные и синклиниорные структуры I и II порядков. К их числу принадлежат Светлинское (Ю. Урал), Воронцовское (Сев. Урал) и Новогоднине – Монто (Полярный Урал) месторождения [4, 6].

С зонами приразломного растяжения в структурах восточного склона Урала связа-

но образование наложенных угленосных структур: Челябинского грабена, Буланаш-Елкинской впадины и серии впадин Серовского района – Волчанской, Богословской, Мостовской. В основании разреза южных депрессий широко распространена вулканогенно-осадочная толща. Эффузивно-пирокластические образования, относимые к риолит-базальтовой формации туринской серии, рассредоточены в разрезе нижнего и нижней части верхнего триаса общей мощностью до 1000 м. В депрессиях Серовского района магматических образований пока не установлено. В бортах угленосных структур известны гидротермальные глинистые изменения пород, проявления киноварной минерализации, шлиховые ореолы сурьмы и ртути, а в породах рамы – золоторудная минерализация [1, 2]. Мезозойский магматизм, синекзический метасоматоз с образованием сольфатарно-фумарольных аргиллизитов с бентонитовыми глинами и цеолитами, поствулканический гидротермальный метасоматоз с урановым оруденением в аргиллизитах наиболее детально изучены в низах разреза Кушмуруинской угленосной депрессии Зауралья [10, 15].

В ранней юре растяжение сменилось кратковременным сжатием, которое привело к покровно-надвиговым дислокациям в бортах раннемезозойских угленосных впадин. Однако этот процесс был непродолжительным и уже в конце периода сменился растяжением. Начиная со средней юры возобновился рифтогенный режим с проявлением пока еще слабо изученного магматизма и эндогенных рудообразующих процессов [11]. С этим периодом могут быть связаны гипогенетическая золоторудная минерализация восточного склона Урала и урановое оруденение Зауралья [1, 2, 5, 15].

В. Н. Сазонов с коллегами [13] пытаются спорить роль мезозойского золото-аргиллизитового оруденения на Урале, отрицая проявление постколлизионного рифтогенеза (ТМА), масштабность развития низкотемпературного аргиллизитового процесса и его золотоносность, не говоря уже о его рудоносности вообще. Сказанное находит объяснение в отсутствии опыта изучения аргиллизитовой формации, неиспользовании возможностей комплексной методики геологического и ми-

нералого-петрографического карттирования рудоносных метасоматитов [7]. По-видимому, по этой причине В. Н. Сазоновым были пропущены аргиллизиты на Светлинском [14] и Воронцовском [12] месторождениях золота. Предлагаемые геодинамические построения не могут являться доказательством отсутствия мезозойского золотого оруденения на Урале и его промышленной значимости. Утверждение о монопольной перспективности коллизионного золотого оруденения – тупиковая ситуация для поисков золоторудных месторождений в Уральском регионе.

Заметим, реальные геологические структуры объективно существуют независимо от тектонических пристрастий специалистов – сторонников классической, мобилизской или шлифтной парадигм. Они определяют «лица Земли» и контролируют конкретную металлогению. Геолого-структурный и вещественный принципы прогнозно-металлогенических исследований позволяют осуществить реальную оценку перспектив рудоносности конкретных геологических структур. Никакие геодинамические реконструкции не в состоянии этого обеспечить.

Месторождения золото-аргиллизитовой формации представляют новый промышленногенетический тип золотого оруденения на Урале [6]. Два месторождения этой формации – Воронцовское и Светлинское, выявленные в начале 80-х годов прошлого столетия, предстаивают сегодня основную сырьевую базу рудного золота в регионе. В структурах Полярного, Северного, Среднего и Южного Урала к настоящему времени выявлено свыше 40 объектов, на которых установлено проявление низкотемпературного гидротермального процесса с образованием золотосодержащих минеральных ассоциаций аргиллизитовой формации.

Промышленные месторождения этого типа раннемезозойской стадии ТМА достаточно уверенно по генезису и возрасту коррелируются с магматическими комплексами Р<sub>2</sub>-J, возраста [5, 6, 8]. На развитие золотообразующих процессов в средне-позднемезозойскую стадию (и тем более в Р – Q) уже оказывали влияние не только эндогенные, но и экзогенные факторы. Минерагеническое своеобразие этой рудоносной эпохи заключается в том, что,

во-первых, она была «амагматичной» (во всяком случае, достоверно установленных проявлений магматизма юрско-мелового возраста на сегодняшний день не известно) и, во-вторых, по времени была сопряжена с масштабной пенепленизацией складчатых образований региона. Обязательным элементом процессов пенепленизации является формирование площадных кор выветривания. Благодаря этому фактору было «обеспечено» быстрое эрозионное снижение и выравнивание пересеченного рельефа. Телетермальный рудогенез в условиях масштабной пенепленизации протекал со значительным временным отставанием от пика магматической активности. Формирующиеся рудные скопления золота при этом нередко несут признаки малоглубинной природы. Они отражают собой суммарный результат как восходящих гипогенных ювенильных растворов (или минерализованных термальных вод), так и исходящих высокореакционных метеоритных вод. Именно этот смысл мы вкладываем в понятие гипогенно-стадийный тип (ГСТ) оруденения, когда эндогенные и экзогенные процессы оказались сближенными как во времени, так и в пространстве [1].

Документально установленные и известные на сегодня авторам пункты проявления процессов мезозойского золотого рудогенеза представлены практически во всех структурно-формационных зонах Урала и в вещественных комплексы различных палеодинамических обстановок. Это свидетельствует в пользу регионального, а не узко локализованного характера проявления рассматриваемых процессов. Следует подчеркнуть, что рудогенные процессы мезозойской активизации проявляют себя как «на новых площадях», так и в пределах уже ранее сформированных золоторудных объектов (что определяет их полихронность, а нередко и полигенность).

Светлинское и Воронцовское месторождения – генетически родственные объекты, связанные общностью тектонической позиции (зоны мезозойской ТМА), но сформировавшиеся в различных СВК: поднятия (Светлинское) и прогиба (Воронцовское). Они могут рассматриваться для Урала как эталонные полигенные и полихронные месторождения двух типовых моделей золото-аргиллизитовой формации – светлинского и воронцовского типов.

Приведем краткую характеристику основных рудных объектов золото-аргиллизитовой формации, сформировавшихся в различные стадии ТМА.

Светлинское месторождение приурочено к Ново-Кумлякскому долгоживущему глубинному разлому, разделяющему Арамильско-Сухтелинский мегасинклиниорий и Качкарский штоксинорий Восточно-Уральского поднятия (ВУП). Оно локализовано в глубоких метаморфизованных вулканогенно-осадочных породах рифея западного крыла Борисовского гнейсо-гранитного купола, представленных кристаллическими сланцами и мраморами. На месторождении установлена следующая последовательность эпигенетических процессов [8]: 1) березитизация – лиственизация в связи с тоналит-гранодиоритовой формацией ( $D_1$ - $C_1$ ); 2) сиалический плутонометаморфизм эпидот-амфиболитовой фации позднегерцинского этапа (310-270 млн лет) с образованием кварц-биотит-амфиболовых метасоматитов; 3) локальная грязезализация в связи с гранитами джабыкского-адуйского комплекса ( $C_2$ - $P_1$ , Синярский массив); 4) дислокационный метаморфизм зеленосланцевой ступени, обусловивший рассланцевание пород, с сопряженными карбонат-хлоритовыми метасоматитами ( $P_2$ ?); 5) гидротермальная аргиллизация в связи с комплексом эгирии-рибекитовых гранитов ( $P_3$ - $T_1$ ) с сопряженным золотым оруденением в зонах прожилково-вкрашенной минерализации стадии осаждения (золото-кварц-сульфидная ассоциация); 6) гипергенез с формированием кор выветривания и переотложением золота. В формировании месторождения фиксируются два гидротермально-метасоматических этапа: лиственинг-березитовый, ранний, давший 35 % золота, и поздний – аргиллизитовый, обеспечивший 65 % золота и оформивший месторождение как гидротермальный объект нового типа.

В развитии процесса аргиллизации отчетливо выделяются предрудная стадия кислотного выщелачивания и поздняя щелочная стадия осаждения оснований. С первой связана формирование зональных ореолов метасоматитов, со второй – образование прожилково-вкрашенной (в т. ч. рудной) минерализации (рудная стадия). Протяженность по падению вскрытых скважинами отдельных ореолов

выщелачивания варьирует от первых десятков метров до 200-250 м при мощности от 20-30 до 100-150 м. Соответствующие параметры ореолов прожилково-вкрашенной минерализации – 10-60 x 100-150 м. Общая протяженность сопряженных ореолов аргиллизитов по падению в разрезах разведочных линий превышает 600 м при вскрытой мощности до 400 м [8].

В строении ореолов выщелачивания по ассоциациям и количественным соотношениям новообразованных минералов выделяются внешние, промежуточные и внутренние зоны. Для внешних зон метасоматических колонок по метабазитам характерны хлорит (дессинт) и карбонат (доломит); с усилением процесса появляется диккотэйдрическая калиевая гидрослюдя (10-20 % минералов от объема породы). В метаосадочных породах образуются хлорит и монтмориллонит. Промежуточным зонам колонок свойственна ассоциация гидрослюды и монтмориллонита при варьирующих их соотношениях в зависимости от залегания и общем количестве 21 – 50 % объема породы. Состав внутренних зон (51-100 % новообразованных минералов) определяется ассоциацией гидрослюды + монтмориллонит + каолинит + кварц. При этом с усилением процесса выщелачивания происходит замещение гидрослюды и монтмориллонита каолинитом и кварцем, занимающими 80-100 % объема метасоматитов. Конечным результатом выщелачивания является локальное развитие зоны прожилкового окварцевания мощностью до 8 м и метасоматических кварцевых жил мощностью до 12 см.

Анализ баланса вещества при аргиллизации кварц-биотит-амфиболовых метасоматитов свидетельствует о выносе с различной интенсивностью в стадию кислотного выщелачивания практически всех породообразующих компонентов. При средней интенсивности процесса аргиллизации из 1 м<sup>3</sup> породы выщелачивается порядка 1000 кг оксидов. Внутренние зоны ореолов аргиллизитов монтмориллонит-каолинитового состава характеризуются интенсивным выносом компонентов, кроме триоксида железа (вероятно, за счет повышенной железистости монтмориллонита). Эффект выщелачивания превышает 1700 кг на 1 м<sup>3</sup> исходной породы. С наиболь-

шей активностью выносятся кремнезем (до 650 кг/м<sup>3</sup>), магнезия (280 кг/м<sup>3</sup>), диоксид железа (270 кг/м<sup>3</sup>), глиноzem (240 кг/м<sup>3</sup>) и известь (230 кг/м<sup>3</sup>). Выщелоченных компонентов вполне достаточно для образования зон вторично-го окварцевания внутренних частей ореолов аргиллизации и прожилково-вкрашенной минерализации стадии осаждения оснований.

В стадию сопряженного осаждения образовались ореолы прожилково-вкрашенной минеральной ассоциации состава: кварц (би-пирамидальный – «рисовидный»), хлорит (пеннин), карбонат (сидерит), цеолиты (десмин, клиногиптиллит), пирит (тонкокристаллический сложных кристаллографических форм – усложненный куб, октаэдр, пентагонодекаэдр). Эта ассоциация накладывается на все зоны ореолов аргиллизации стадии кислотного выщелачивания и кварц-биотит-амфиболовые метасоматиты. В ореолах прожилково-вкрашенной минерализации ее количество достигает 10–20 % от объема пород при весьма неравномерном распределении отдельных минералов. Одним из четких индикаторов стадии осаждения аргиллизитового процесса служит би-пирамидальный («рисовидный») кварц. Он образует в породах единичные рассеянные зерна, скопления индивидуализированных зерен, а также сшитые агрегаты зерен, прожилки, жилки и линзы «кварцевой сыпучки» (выявляемой в коре выветривания) мощностью до 0,4 м и протяженностью до 2,0 м.

Изучение баланса вещества при наложении прожилково-вкрашенной минерализации стадии осаждения на аргиллизированные породы промежуточной (гидрослюдисто-монтмориллонитовой) и внутренней (монтмориллонит-каолинитовой) зон ореолов кислотного выщелачивания свидетельствует о прохождении процесса со значительным привносом необходимых породо- и минералообразующих компонентов.

Золотоносность аргиллизитовой формации явила определяющей в формировании месторождения как промышленного объекта. От 28–51 до 86–92 % (в среднем 40–45 %) рудных пересечений скважин по различным профилям контролируется ореолами прожилково-вкрашенной минерализации стадии осаждения. В среднем 20 % рудных интервалов приурочено к зонам окварцевания и метасомати-

ческим кварцевым жилам стадии кислотного выщелачивания. В целом по месторождению порядка 60–65 % золоторудных подсечений связано с аргиллизитами. Основными минералами-носителями являются свободное тонкодисперсное (доли миллиметра) золото в кварце и глинистой массе, пирит, в котором установлено 0,65–7,86 г/т благородного металла. В гидрослюдде зафиксировано содержание золота 0,0079–3,7 г/т, а в монтмориллоните 0,019–4,5 г/т.

Широко развиты на Светлинском месторождении коры химического выветривания линейного и площадного типов. Экзогенные геологические процессы обусловили формирование активного карста в карбонатном автогене, пространственно совмещенного с глубоко проработанной остаточной корой полного профиля, перемещенной структурной корой и продуктами ее переотложения, что придало геологическое и минералого-геохимическое своеобразие верхней части месторождения, которое рядом геологов ошибочно отнесено к гипергенному корово-карстовому типу. Этому способствовало отсутствие опыта диагностики гидротермальных аргиллизитов, а также близость, порой идентичность минерального состава конечных продуктов низкотемпературного гидротермального кислотного выщелачивания и гипергенного глинистого перерождения исходных пород. Вместе с тем детальное минералого-петрографическое изучение и картирование этих образований по кернам разведочных скважин предоставило достаточно убедительные факты, позволяющие надежно выявлять и дифференцировать гидротермальные аргиллизиты и элювиальные продукты [8].

Воронцовское месторождение размещено в восточной части Тагильского прогиба и контролируется сопряженными структурами Серовско-Маукского глубинного разлома, отделяющего прогиб от Салдинского антиклинария ВУПа. Оно локализовано в вулканогенно-осадочных породах «андезитовой» вулкано-тектонической наложенной структуры ( $D_{1,2}$ ) и подстилающих ее известняках (S-D<sub>1</sub>), прорванных Ауэрбаховским интрузивом диоритов ( $D_2$ ). В рудном поле месторождения выявлена следующая последовательность эпигенетических процессов [6]: 1) зеленокаменный метаморфизм ранией эпидот-амфиболитовой

и подиевой пренит-пумпеллитовой фации; 2) контактовый метаморфизм с зональным развитием в экзоконтакте массива и его сателлитов амфибол-роговиковой и мусковит-роговиковой фаций с мраморизацией известняков; 3) контактово-инфилтратационный метасоматоз ( $D_2$ ) с формированием известковых скарнов тироксен-гранатовой фации с участием волластонита и везувиана и гранат-эпидот-ортоклазовой фации. С этим процессом связано формирование скарново-магнетитового и скарново-медного (золотосодержащего) оруденения, обусловившего своеобразие металлогенеза района с Ауэрбаховской и Туринской группами месторождений; 4) апоскарновая пропилитизация с золото-сульфидной минерализацией; 5) лиственитизация – березитизация пород ( $D_3$ ) с золото-сульфидно-кварцевой и золото-полиметаллической минерализацией; 6) аргиллизация в связи с субщелочным магматизмом гранитоидного и базальтоидного ряда с золото-сульфидной (пирит, арсенопирит, халькопирит, марказит, ширротин, сфалерит, блеклые руды, антимонит) и золото-мышьяково-рутутной (реальгар, ауригиптит, киноварь) минерализацией; 7) гипергенез юрско-мелового возраста с формированием коры выветривания и переотложением золота в ее пределах.

Аргиллизитовая формация на Воронцовском месторождении впервые была выявлена Б. А. Гладковским (джаспероидная фация) и В. Н. Бобровым (гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовая фация), подтверждена исследованиями К. П. Савельевой и Д. А. Костромина и детально изучена О. Н. Грязновым и С. И. Вахрушевым [8]. Аргиллизитовая формация представлена тремя фациями кислотного выщелачивания (гидрослюдистой, гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовой в алюмосиликатных породах и джаспероидной в мраморизованных известняках) и прожилково-вкрашенной минерализацией стадии осаждения, ответственной за отложение золота. Наиболее богатые рудные тела обусловлены последовательным развитием в рудовмещающих структурах известково-скарновой – пропилитовой – лиственит-березитовой и аргиллизитовой формаций с образованием золото-сульфидного типа руд в завершающих аргиллизитах.

Аргиллизиты гидрослюдистой фации слагают пологого падающие зоны вдоль контакта карбонатной и вулканогенно-осадочной толщи краснотурынской свиты. Аргиллизиты гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовой фации образуют кругопадающие сложно построенные ореолы в вулканогенно-осадочной части разреза. В непосредственной близости от известняков в экзоконтакте ореола аргиллизитов по вулканогенным породам формируются кварц-хлоритовые изменения в виде «пятен». Во внутренних зонах колонок присутствуют гидрослюды, монтмориллонит, хлорит, что свидетельствует о слабощелочной среде формирования метасоматитов. Джаспероиды развиваются при замещении мраморизованных известняков доломитом-анкеритом и затем хлоритоидовидным кварцем.

В стадию осаждения оснований образовались прожилки и гнезда среднезернистого кварца с участием «рисовидного» кварца, сидерита, хлорита (типа шамозита), лирита. Основную массу пирита составляют зернистые агрегаты: из кристаллографических форм наиболее распространены комбинации куба с октаэдром (63 %), пентагондодекаэдром (20 %), сложные формы (14 %).

Гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовая (по силикатной части разреза) и доказательная (по карбонатной части разреза) фации аргиллизитовой формации развивались позднее кварц-гидрослюдистой и контролируются кругопадающими и субвертикальными оперяющими разрывами Воронцовского надвига. С этими фациями связаны наибольшие содержания высокопробного золота. Продукты аргиллизации с комбинированным эффектом кислотного выщелачивания и стадии осаждения оснований тяготеют к наиболее рудонасыщенной центральной части, сменяясь на периферии аргиллизитами стадии кислотного выщелачивания.

Детальное описание метасоматической зональности Светлинского и Воронцовского месторождений, доказательная характеристика золото-аргиллизитовой формации приведены в статьях [6, 8].

Золото-аргиллизитовая формация на Полярном Урале впервые была выделена работами Северной научно-исследовательской

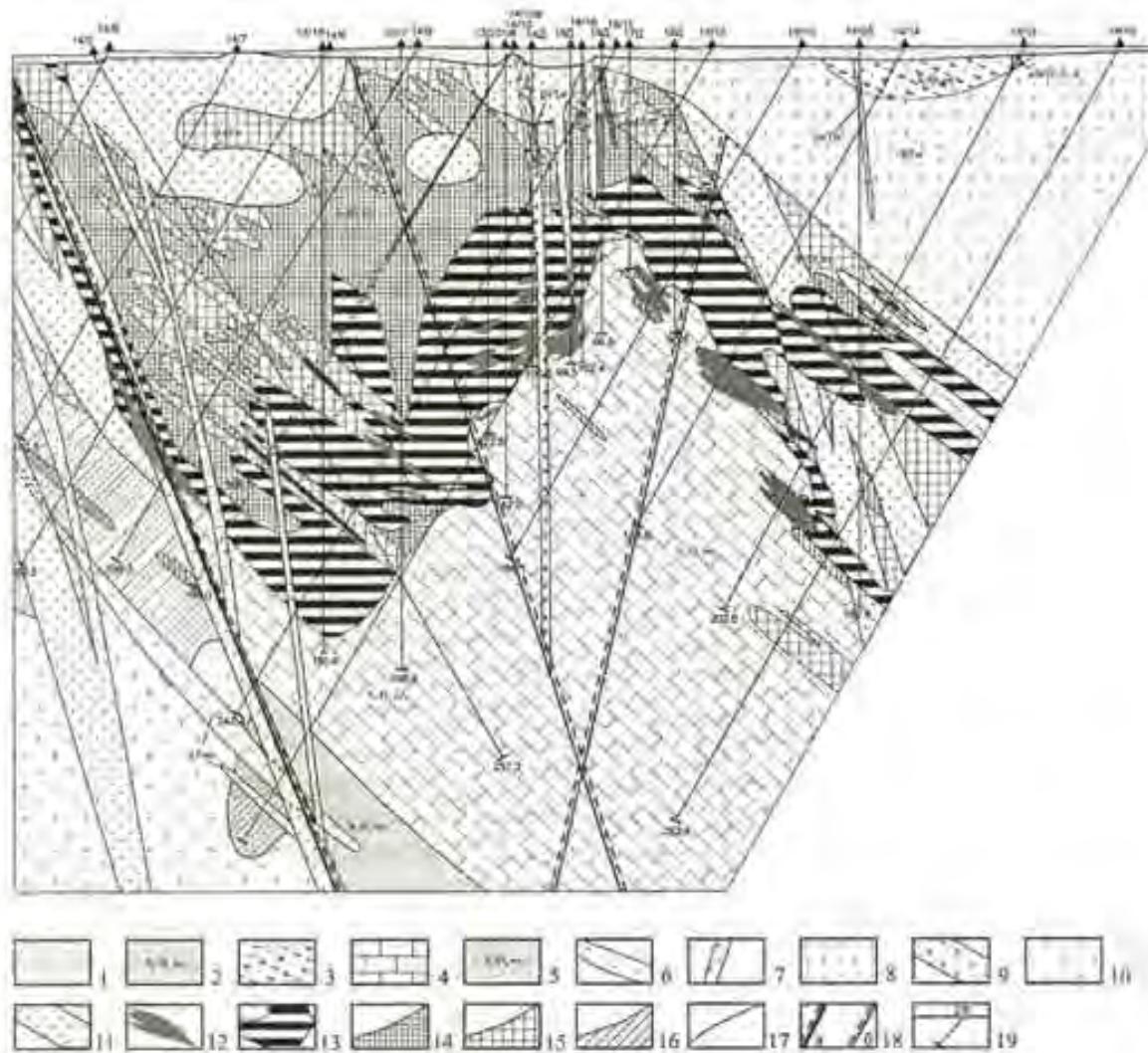


Рис. 1. Геологический разрез месторождения «Новогоднее – Монго».

По Е. В. Черняеву, Е. И. Черняевой, А. Ю. Седельникову с упрощением:

- 1 – четвертичные отложения (сугеники, дресва, щебень вулканогенных и шитрузивных пород);  
 2-3 – новогодненская толща, верхняя подтотица  $S_1$ -D<sub>1</sub>пп; 2 – лавы, завобрекции андезибазальтов, базальтов; 3 – туфоалевролиты с прослоями туфонесчаников и линзами туфоконгломератов;  
 4 – известняки рифогенные мраморизованные, брекчированные, средней подтотици  $S_2$ -D<sub>2</sub>пп; 5 – лавы базальтов, андезибазальтов нижней подтотици  $S_2$ -D<sub>2</sub>пп; 6-8 – магаданмейский комплекс Тт;  
 6 – лампрофиры (c), 7 – датеритовые порфиры, микродатериты (b, mb), 8 – порфиритоидные габбро-диориты (mb); 9 – кашерский комплекс D<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>к: монцониты, монцодиориты (тр, тдр); 10 – собский комплекс D<sub>2</sub>-Д: диориты кварцодержащие, кварцевые (qdd); 11 – зоны березитизации с наложенной аргиллитацией; 12 – сплошные сульфидно-магнетитовые тела; 13 – вкрапленные сульфидно-магнетитовые тела; 14 – сквирты известковые туроксен-гранат-эпидотовые; 15 – скарнированные горные породы; 16 – околоскарновые метасоматиты; 17 – геологические границы; 18 – разрывные нарушения: а – главные, б – второстепенные; 19 – буровые скважины и их номера

геологической экспедиции Свердловского горного института (СНИГЭ СГИ) в начале 80-х годов прошлого столетия при проведении прогнозно-металлогенических исследований М 1:200000. Гидрослюдистые метасоматиты установлены в связи с низкотемпературными гидротермальными процессами РZ(Р,?) – МZ.

тектономагматической активизации на Падь-яга-Мусюрском и Саури-Пэйском месторождениях регенерированных медистых песчаников [4]. Наряду с медью в рудах присутствуют свинец, уран, золото, серебро. В последующий более чем 20-летний период геологосъемочными, поисковыми, оценочными, развед-

жилы, тематическими работами различных организаций выявлен целый ряд полигенетических и полихронных объектов с проявлением гипогенетического и гидрогенетического типов в связи с мезозойской и мезотриасово-кайнозойской тектономагматической активизацией. Это золоторудное месторождение Новогоднене-Монто, месторождения 1-я и 3-я Рудные горки с наложением золото-аргиллизитовой формации на палеозойскую сквирально-магнетитовую оруденение; золотосодержащие фосфатоносные коры выветривания Софроновского месторождения; Собское золоторудное проявление гипогенетического типа; золотопроявления Хальмерьюзского рудного узла; золотосодержащие жилы Ягодного месторождения агатов; интересные находки золотого оруденения в Щучинском синклиниории и ряд других [5].

Золоторудное месторождение *Новогоднене-Монто* располагается в пределах Войкарской структурно-фаunalной зоны (вулкано-шлуннического пояса) северного замыкания Тагило-Магнитогорского мегасинклиниория. Оно сложено вулканогенно-терригенными породами, мраморами и битуминозными глинистыми известняками верхнего силура – среднего девона; прорванными интрузивными телами кварцевых диоритов, гранодиоритов собекского ( $D_2$ ) комплекса, многочисленными дайками монцонит- и монцодиорит-порфиров конгорского комплекса ( $D_3-C_1$ ), дайками долеритовых порфиритов, микродолеритов и лампрофиров малоханмейского ( $T$ ) комплекса. Установлены два типа золотого оруденения – сквирально-магнетитовое золотосодержащее с сопряженной гистерогенной сульфидной минерализацией и собственно золоторудное лиственит-березитовой и золото-аргиллизитовой формаций. Наиболее богатые руды зафиксированы в магнетитовых рудных телах при наложении золото-аргиллизитовой минерализации. Зоны золоторудных кварц-карбонат-гидрослюдистых метасоматитов, дикаспероидов, представляющих фации аргиллизитовой формации, широко проявлены в пределах месторождения и рудного поля и контролируются тектоническими нарушениями различных порядков (рис. 1). К осевым частям зон приурочены золото-сульфидно-кварцевые

жилы (внутренние зоны метасоматических колонок). В метасоматитах развита прожилково-акрапленная сульфидная минерализация (пирит, халькопирит, галенит, блеклые руды) с повышенным содержанием золота (в пирите его концентрация достигает 101,1 г/т). По совокупности геологических, минералого-геохимических, петрографических критериев месторождение Новогоднене-Монто может быть отнесено к воронцовскому типу месторождений золото-аргиллизитовой формации со своими индивидуальными особенностями новогодненского подтипа.

На Екатерининской площади (Северный Урал), находящейся в пределах Краснотуринской золоторудной зоны к востоку от рудо-локализующего Серовско-Маукского разлома, рудовмещающими являются породы базальт-трахинандезитовой формации нижнего девона (краснотуринская свита). Они представлены терригенными образованиями: песчаниками, алевролитами, кремнисто-известковистыми сланцами, глинистыми известняками с прослойями туфопесчаников, туффитов, туфов андезибазальтов; вулканогенными – субщелочными базальтами и андезибазальтами; известняками серыми органогенными слабо мраморизованными и темно-серыми пелитоморфными с прослойями аргиллитов, песчаников, туфопесчаников и туффитов. По ним развиты коры выветривания kontaktово-карстового и линейно-площадного типов. Названные породы пересечены малыми телами и жильными образованиями среднедевонского аурбаховского габбро-диорит-гранитового комплекса и дайками субщелочных гранитоидов более молодого (позднешеозойско-раннемезозойского) возраста. В составе аурбаховского комплекса – диориты, кварцевые диориты, спессартиты, долериты. Площади в меридиональном направлении наследуют мезозойские эрозионно-структурные депрессии: Екатерининская – в центральной части и Стрелебная – в западной, границы которых определены субмеридиональными разломами, а также нарушениями сдвигово-надвигового типа, которые обычно фиксируются на контактах карбонатных и силикатных пород. К депрессиям приурочены золотоносные аллювиальные россыпи юрского возраста (Лангурская свита): Лангурская, Екатерининская,

Семеновский Увал. Современные россыпи приурочены к водотокам, наследующим определяющие разрывные нарушения в основном широтного направления. На востоке площади по зоне крупного разрывного субмеридионального нарушения проходит граница с морскими отложениями мел-палеогенового возраста.

Рудоносность площади обусловлена проявлением в ее пределах разновозрастных процессов тектономагматической активизации, о чем свидетельствует наличие названных выше интрузивных образований среднедевонского и более молодого (позднепалеозойско-раннемезозойского) возраста. С ними связаны широко проявившиеся в породах площади метасоматические процессы: скарновый, березит-лиственитовый и аргиллизитовый. Среди золотоносных метасоматитов последнего, по данным петрографических исследований Д. А. Костромина и минералогических анализов, установлены метасоматиты собственно аргиллизитовой фашии по туфогенно-вулканогенным и интрузивным породам и джаспероиды – по карбонатным образованиям. Аргиллизитовая фашия представлена кварц-гидрослюдисто-монтмориллонитовой минеральной ассоциацией со стадией сопряженного осаждения: рисовидный кварц + пирит сложных

форм + железистый карбонат + магнезиальный хлорит + рутил + тонкое золото. Джаспероиды установлены среди карбонатных пород в пластике Екатерининской россыпи с минерализацией, свойственной Воронцовскому месторождению: пирит, арсенопирит, барит, магнетит, гранат, рутил, гессит, золото размерностью в основном 0,009–0,06 мм, реже 0,1–0,3 мм с промышленными содержаниями. В корах выветривания туфопесчаников также из плотика россыпи установлено золото в количестве от 560 до 4000 г/т рудного облика (материалы Н. М. Риндинской, Р. О. Берзона и др., ЦНИГРИ). В джаспероидах и рудоносном зловинии зафиксированы геохимические спектры, характерные для низкотемпературных золотоносных метасоматитов: Ag, Zn, Pb, Cu, Ba, As, Sb, Mn, Hg.

На прилагаемом схематическом геологическом разрезе (рис. 2) отражена роль структурно-тектонического фактора в размещении рудоносных зон. Золотоносность связана с неоднократно активизированными структурами сдвигово-надвигового типа. Рудообразующую роль играют малые тела и жильные образования габбро-диорит-гранитного комплекса. В качестве поисковых признаков линейновытянутых рудоносных зон выступают: аре-

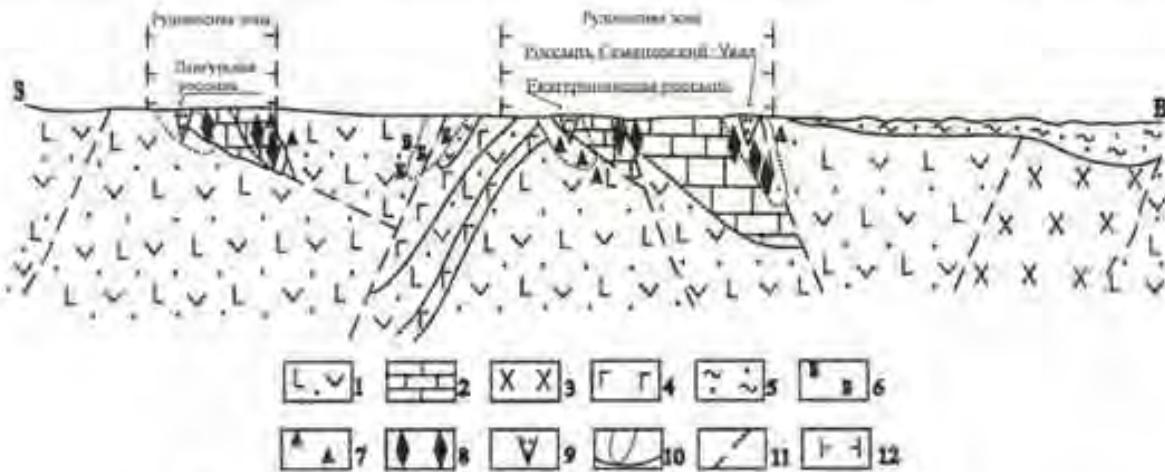


Рис. 2. Схематический геологический разрез Екатерининской площади.

По К. П. Савельевой:

- 1 – андезибазальты, туфы базальтов, андезибазальты, туфопесчаники краснотурышской стяги ( $D_1$ );
- 2 – известняки; 3 – кварцевые диориты, гранодиориты юэрбаховского комплекса ( $D_2$ ); 4 – габбро-диориты ( $T$ ); 5 – четвертичные образования; 6–8 – ореолы и шреаты метасоматитов золотоносных формаций; 6 – лиственит-березитовой, 7 – аргиллизитовой, 8 – джаспероидной фашии аргиллизитов; 9 – россыпи золота; 10 – граница контакто-карстовых золотоносных кор выветривания и геологических подразделений; 11 – разрывные нарушения;
- 12 – рудоносные зоны, перспективные на оруденение воронцовского типа

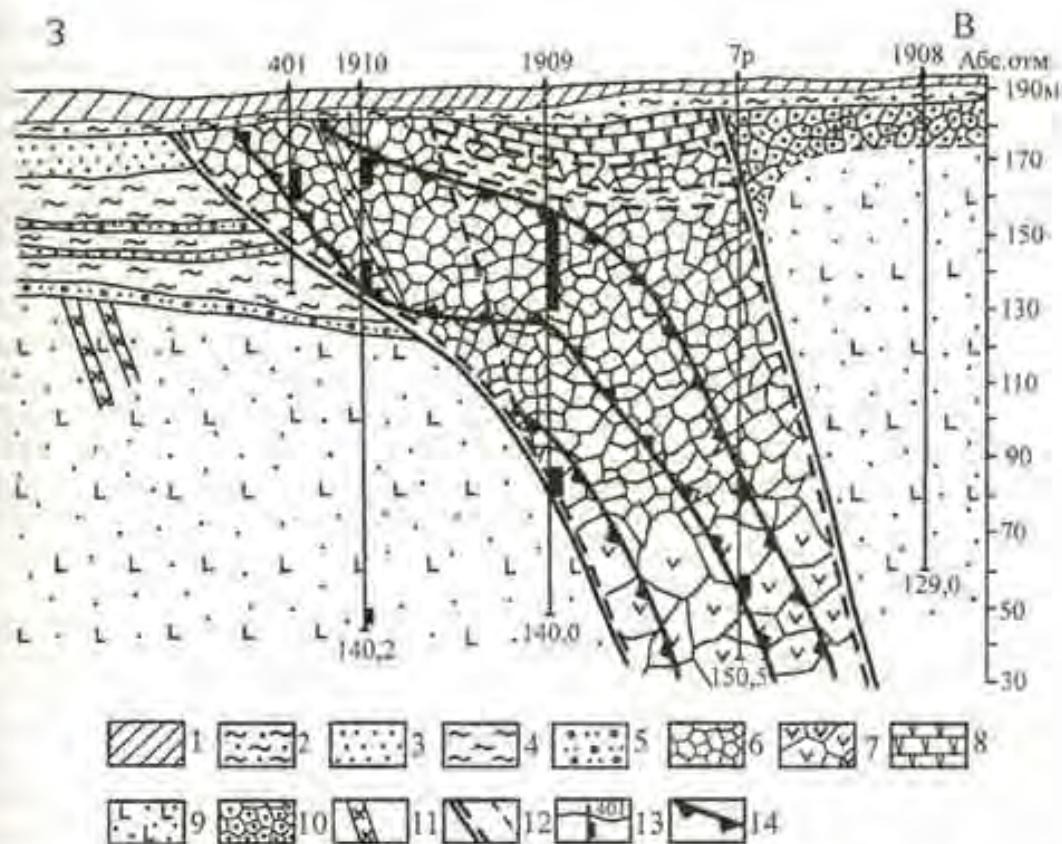


Рис. 3. Строение Чернореченского сдвигово-нальзига (восточный фланг линии 7 Чернореченского участка). По К. П. Савельевой, А. Г. Баранникову.

1 - техногенные образования; 2 - песчано-глинисто-галечные отложения ( $Q_{2,3}$ ); 3-5 - алювиальные отложения ланкурской свиты ( $J_{2,3}$ ): песчаного (3), песчано-глинистого (4), глинисто-песчано-галечного (5) состава; 6-8 - породы рудоемещающей краснотурьинской свиты ( $D_3$ ): дресвянико-щебелистые слабоветвистые, аргиллизированные породы зоны разлома (6), брекчированные, аргиллизированные сукколегиальные породы зоны разлома (7), известники брекчированные, слабо окварцованные (джасперизированные) (8); 9 - туфы андезитов, андезибазальтов; 10 - кора выветривания пуканогенитовых пород; 11 - даики среднего состава (ауэрбаховский комплекс  $D_3$ ); 12 - тектонические нарушения разных порядков; 13 - поисковые скважины с интервалами повышенных концентраций золота, их номера и глубина; 14 - комплексная геохимическая аномалия (Au, Ag, As, Sb, W, Bi).

алы и ореолы метасоматитов березит-лиственитовой и аргиллизитовой формаций; поля развития россыпей, содержащие в галечной фракции обломки джаспероидов; ореалы киновари; геохимические аномалии.

Примерами Светлинского, Воронцовского и Новогоднего-Монто месторождений и Екатерининской перспективной площади мы характеризовали полигенные и полихронные месторождения, которые промышленными масштабами обязаны золото-аргиллизитовой формации ранней стадии мезозойской ТМА Урала. Формирование тектотермальных месторождений золото-аргиллизитовой формации поздней стадии ТМА проходило на фоне

регионального развития кор химического выветривания плоского и линейного типов. Они нередко локализуются в плотике россыпных месторождений, образованных при денудации рудоносных блоков с более ранним золотом лиственит-березитовой формации, а в ряде случаев формируют гипогенно-гипергенные концентрации с наложением на коры химического выветривания. Этот тип месторождений с тонкодисперсным золотом не дает масштабных россыпей. Несмотря на слабую изученность в связи с недавним выявлением, он таит в себе огромные перспективы в комплексе с месторождениями ранней стадии активизации. Объекты этого типа установлены на ряде

площадей Северного, Среднего и Южного Урала – Чернореченской, Серебрянской, Андре-Юльевской, Кировско-Каменской и др. В качестве примера рассмотрим Чернореченский участок.

Чернореченский участок расположен на северном фланге Краснотурьинской рудной зоны. Он находится в пределах «залеченной» рудоконтролирующей зоны диагональной ориентировки. Оруденение золото-аргиллизитовой формации выявлено в пределах Чернореченского сдвига-надвига, располагающегося субпараллельно Серовско-Маукскому глубинному разлому. Сдвиго-надвиговая структура закартирована в виде нескольких чешуй. Расчетная амплитуда надвига составила 50–100 м. Восточнее надвига располагаются породы баталыт-грахнандезитовой формации краснотурьинской свиты раннего девона. По зоне разлома они полого ( $20\text{--}45^\circ$ ) надвинуты на юрские континентальные отложения лангурской свиты ( $J_{2,3}$ ), в нижней части разреза которых была ранее разведана россыпь золота (в настоящее время большей частью отработанная). Золотоносность, связанная с аргиллизацией, тяготеет к алиюхтону сдвиго-надвига и верхней части автохтона (рис. 3). Оруденение отнесено к прожилково-акрапленному типу золото-аргиллизитовой формации. Минералого-петрографическое изучение аргиллизитов, выполненное Д. А. Костроминым, позволило выявить присутствие ряда типоморфных ассоциаций минералов в пределах выделенных рудоносных зон. Стадия кислотного выщелачивания свойственны серицит-хлорит, гидрослюды, смектит, хлорит-монтмориллонит, кварц. В позднешелочную стадию (сопряженного рудоотложения) произошло выделение анкерит-сидерита, хлорит-пенинита, пирита (мелких сложных форм), бипирамидального кварца, тонкого (до 20–30 мкм) золота. Самородное золото высокопробное (930–950 %). Нередко встречается в сростках с теллуридами (теллуромисмутитом, тетрагидритом, калаверитом и др.). Среди прочих сульфидов отмечены халькопирит, галенит, сфалерит, марказит и др. Самородное золото, накопленное в россыпях и приуроченное к минерализованной зоне, существенно различается по гранулометрии, пробности. Если формирование древней (юрской) россыпи происходило

за счет коренных источников золото-сульфидно-кварцевой формации (к настоящему времени большей частью уже эродированных), то мелкое и тонкое золото минерализованной зоны в этом россыпнеобразующем процессе (являясь более поздним) уже задействовано не было. Такое обращает на себя внимание и такая деталь, как слабая выветрелость рудовмещающих пород в зоне надвига. В пользу сказанного свидетельствует и низкий уровень окисленности сульфидов, проявляющийся лишь в появлении пленок побежалости. Рудогенные процессы в зоне сдвиго-надвига по времени оказались более поздними, нежели химическое выветривание пород в юрско-меловую эпоху ( $J_2$ – $K$ ), проявившиеся на прилегающих площадях.

Приведенные примеры, раскрывающие направленность золотоконцентрирующих эндогенных процессов на ранне- и позднемезозойском этапах развития региона, не позволяют нам согласиться с точкой зрения, изложенной в работе [13]. Отмеченными авторами проявленная в постколлизионный этап золоторудная минерализация рассматривается в качестве «несущественно проявленной и невыясненного происхождения». Прогнозные ресурсы в десятки тонн по кат.  $P_1$  и  $P_2$ , выявленные в последние годы на Чернореченской, Хионинско-Елизаветинской и других площадях, в зонах развития аргиллизитов и связанных с ними химических кор выветривания свидетельствуют об обратном.

## Выводы

Рассмотренные фактические материалы, полученные в результате геологического и минералого-петрографического картирования масштабов 1:50000–1:10000, документации кернов скважин и горных выработок, построения геологических разрезов, минералогических исследований, позволяют констатировать следующее:

1. На Урале отчетливо проявилась постколлизионная тектономагматическая активизация (постскладчатый рифтогенез) раннемезозойской ( $P_2$ – $J_1$ ) и позднемезозойской ( $J_2$ – $K$ ) стадий. Допускается возможность выделения позднеолигоцен-четвертичной ( $P_3$ – $Q$ ) стадии.

2. Одним из ведущих рудообразующих процессов, во многом определившим металлогенические зоны ТМА, явился процесс аргиллизации, ответственный за формирование полигенетических и полихронных месторождений в длительно развивающихся узлах эндогенной активности. На объектах позднемезозойской эпохи неоднократно возникает специфический типогенетический тип оруденения.

3. Промышленную рудоносность мезозоя с разведанными запасами и оцененными прогнозными ресурсами на сегодня определяют месторождения золото-аргиллизитовой формации – нового для региона геологического типа. Тонкодисперсное аргиллизитовое золото, за редким исключением, не образует россыпных концентраций. Его извлечение должно базироваться на новых технологиях кучного, чанового и подземного выщелачивания.

4. Многолетней практикой разведочных и эксплуатационных работ убедительно доказано, что золото в россыпи поступало отдельными порциями в ведущие россыпьобразующие эпохи (на Урале это  $J_{2-3}$ ,  $K_2$ ,  $N_{1-2}$ ,  $N_{2-3}$ ,  $N_{2-Q}$ ), испытывая при этом неоднократный перерыв. Поэтому нельзя согласиться с точкой зрения, утверждающей, что бесспорно «молодое» золото присутствует на Урале лишь только в россыпях [13]. В отличие от рудных месторождений, металлы россыпей всегда древнее – возраст вмещающих рыхлых отложений. Вопрос о возрасте россыпных месторождений обсуждался еще в 1964 г. на II Всесоюзном совещании по геологии россыпей и после этого, ввиду его очевидности, больше в публикациях не затрагивался.

5. На полигенных и полихронных месторождениях золото-аргиллизитовой формации встречаются так называемые «слюдистые метасоматиты». Они представляют собой либо гидрослюдизированные (гидратированные) сернистые метасоматиты, возникшие при наложении аргиллизитовой формации на более ранние лиственит-березитовые метасоматиты, либо метасоматиты гидрослюдистой фации аргиллизитовой формации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранников А. Г. Типогенетико-гипергенетический тип золотого оруденения на Урале // Изв. УГГА. Вып. 8. Сер.: Геология и геофизика. 1998. С. 94-99.
2. Баранников А. Г., Угрюмов А. Н. Проблемы эндогенного золотого рудообразования мезозоя Урала // Литосфера. 2003. № 1. С. 13-26.
3. Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации зон тектоно-магматической активизации Урала // Геология метаморфических комплексов. Екатеринбург: УГИ, 1991. С. 57-66.
4. Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов. М.: Недра, 1992. 256 с.
5. Грязнов О. Н., Баранников А. Г., Григорьев В. В. Перспективы выявления месторождений золото-аргиллизитовой формации на Полярном Урале // Полярный Урал – стратегия освоения: Тр. II Полярно-Уральской научно-практической конфер. Тюмень, 2004. С. 117-131.
6. Грязнов О. Н., Вахрушев С. Н. Золото-аргиллизитовая формация Урала // Руды и металлы. 1997. № 2. С. 73-81.
7. Грязнов О. Н., Золаев К. К., Ляхович Э. М. Картирование рудоносных метасоматитов. М.: Недра, 1994. 271 с.
8. Грязнов О. Н., Савельева К. П., Костромин Д. А. Золотоносные аргиллизиты Светлинского месторождения и кора их выветривания (Южный Урал) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1995. № 5. С. 68-83.
9. Грязнов О. Н., Чесноков В. И. Аргиллизитовая формация Урала // Геология метаморфических комплексов: Межвуз. науч. темат. сб. Свердловск: Свердловск. горн. ин-т, 1985. Вып. II. С. 79-87.
10. Коробов А. Д. Бентонитовые глины месторождения Южное (происхождение и состав). Саратов: Изд-е Саратовского госуниверситета, 1978. 56 с.
11. Рапонорт М. С., Баранников А. Г. Некоторые особенности магматизма и эндогенной минерализации мезозоя Урала // Геология и минерализация подвижных поясов. Екатеринбург: Уралгепком, 1997. С. 197-209.
12. Сазонов В. Н., Мурзин В. В., Григорьев Н. А., Гладковский Б. А. Эндогенное оруденение даунского андезитоидного вулканоплатоидного комплекса (Урал). Свердловск: Изд. УрО АН СССР, 1991. 184 с.
13. Сазонов В. Н., Огородников В. Н., Коротеев В. А., Поленов Ю. А. Проблема «молодого» эндогенного золота на Урале // Литосфера. 2005. № 1. С. 128-134.
14. Сазонов В. Н., Попов Б. А., Григорьев Н. А., Мурзин В. В., Мещеряков Э. И. Корово-шантуйское оруденение в салических блоках заветнинской антиклинали. Свердловск: Изд. УрО АН СССР, 1989. 113 с.
15. Чесноков В. И., Григорьев В. В., Грязнов О. Н. Метасоматические изменения в нижнемезозойских вулканитах Тургайского прогиба // Геология метаморфических комплексов: Межвуз. науч. темат. сб. Свердловск: Свердловск. горн. ин-т, 1980. Вып. 8. С. 35-49.
16. Шеглов А. Д., Говоров И. Н. Неконейская металлогенезия и глубины Земли. М.: Наука, 1985.

# ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

В. А. Душин

Рассмотрена металлогенезия платиноидов Приполярного Урала. Здесь в разные годы выявлены повышенная платиноносность 19 магматических и осадочных формаций ответственных за проявление, 13 рудных формаций с установленной и 10 рудных формаций с потенциально возможной платиноносностью. При этом в пределах рассматриваемой территории предварительно можно выделить, по крайней мере, пять потенциально перспективных рудных районов, которые, в свою очередь, включают рудные и рудно-россыпные узлы и зоны.

*Ключевые слова:* Приполярный Урал, платина, палладий, рудная формация, перспективные рудные районы, рудно-россыпные узлы.

It is considered platinum-group metals (PGM) metallogeny Subpolar Urals Mountains. Here is revealed 19 magmatic and sedimentary formations responsible for forming heightened PGM temper displays, 13 ore formations with established and 10 ore formations with potentially possible heightened PGM temper. Thus within the limits of considered territory it is preliminary possible to allocate, at least, five potentially-perspective ore areas which include ore and ore-gravel units and zones.

*Key words:* Subpolar Urals Mountains, platinum, palladium, ore formation, perspective ore areas, ore-gravel units.

Рост потребления металлов платиновой группы (МПГ) как в России, так и во всем мире обусловлен широчайшим их использованием в науке и технике. Степень применения МПГ в производстве является показателем развитости, цивилизованности и степени жизненного уровня любой страны. В этой связи для Урала в целом расширение минерально-сырьевой базы платиноидов является важнейшей задачей геологической службы. Особенно это касается Приполярного Урала, оценка перспектив которого в отношении МПГ крайне противоречива, хотя и оптимистична [12, 16].

Промышленные концентрации МПГ установлены в месторождениях различного генезиса и связаны с рудами всевозможного состава: хромитовыми, сульфидными, сульфидно-магнетитовыми и др. Как известно [9], месторождения МПГ разделяются на собственно платинометальные и МПГсодержащие, которые, в свою очередь, делятся на коренные и россыпные.

С коренными месторождениями связано 99,7 % мировых запасов и ресурсов МПГ и 98,5 % мировой добычи [9]. Собственно платинометальные месторождения разделяются

на три геолого-промышленных типа, которые связаны исключительно с расслоенными мафит-ультрамафитовыми комплексами:

1. Риф Меренского С<sub>1</sub> – 6–22 г/т ΣМПГ, 46 % мировых ресурсов, (Pt+Pd)/Ru – 1020; – Плаэт-Риф, Великая Дайка, Джей Эм Риф (Стиллуотер), Панское, Федорово-Тундровское (Россия).

2. УГ-2 С<sub>2</sub> – 5–10 г/т; 45 % мировых ресурсов, (Pt+Pd)/Ru – 4,5–6,4; УГ-2 Бушвельд, А-Хромитит-Стиллуотер, Бураковское, Имандинское (Россия).

3. Лак-дез-Иль С<sub>3</sub> – 2,5–3,5 (6,2); < 2 % мировых ресурсов, (Pt+Pd)/Ru > 800; Лак-дез-Иль (Канада); Лес Оузн (США); Генеральское, Луккулайсварское (Россия).

Россыпные месторождения МПГ – второстепенный, но весьма экономичный источник, с которым связано 0,3 % мировых запасов и 1,5 % добываемого металла, а для России их доля в общем балансе металлов составляет 0,6 % при добыче 9,2 %.

Россыпные месторождения МПГ разделяются на две большие группы – собственно платинометальная (С<sub>4</sub> 10 мг/м<sup>3</sup> до первых г/м<sup>3</sup> – Ir-Pt, Ru-Rh-Os, Ir-Os типы) и комплекс-

ые МПГ содержание, к которым относятся только россыпи золота с содержанием МПГ 1–10 г/м<sup>3</sup> [9].

МПГ содержащие объекты представлены месторождениями черных, цветных благородных (Au) металлов, генетически связанных с магнитным магматизмом или парагенетически с углеродисто-карбонатно-вулканогенными ассоциациями, имеющими полиметальное оруденение. За рубежом МПГ содержащие объекты играют второстепенную роль (1 %), а в России практически все ресурсы сосредоточены в сульфидных медно-никелевых месторождениях норильского подтипа.

Уральский аккреционно-складчатый пояс включает структурно-вещественные формации различных геодинамических режимов. Он содержит фрагменты шельфово-островодужных террейнов Доуральского и Палеоуральского океанов, а также блоки древней, большей частью континентальной коры.

В современном структурном плане Приполярного Урала, сформировавшегося в мезозое, принято выделять следующие основные элементы: Предуральский краевой прогиб, граничащий на западе с Восточно-Европейской платформой, Западно-Уральскую и Восточно-Уральскую зоны, отвечающие рифтогенной континентальной окраине, Восточно-Уральскую зону, включающую так называемую эвгосинклиналь восточного склона. При этом Предуральский прогиб, Западно-Уральская и Центрально-Уральская зоны отвечают палеоконтинентальному сектору, а эвгосинклиналь восточного склона Урала – палеоконтинентальному сектору. Последний на востоке граничит с мезозойско-кайнозойскими платформенными комплексами Западно-Сибирской плиты [4].

В геологическом строении этой огромной территории принимают участие AR-MZ структурно-вещественные комплексы (СВК) всех трех вышеупомянутых крупнейших структурных элементов Урала – палеоконтинентального, палеобакеанического и плитного Западно-Сибирского секторов.

Первый представлен PR-Є деструктивными комплексами доурийд и рифтогенно-склоновыми формациями палеозоя. Второй известен в литературе под названием Тагильского и Войкарского синклиниориев и включает

в себя СВК меланократового основания и островодужно-коллизионные комплексы ранне-среднего палеозоя. Последний перекрывается континентальными, морскими и прибрежно-морскими осадками чехла Западно-Сибирской плиты [14].

В результате проведенных исследований с учетом данных по нетрадиционным типам платинометального оруденения (Додин и др. 1997; Гурская, 2000, 2003; Рундквист, Гурская 1986; Душин и др. 1997, 2004) в настоящее время отчетливо просматривается перспективность Приполярного Урала в отношении МПГ. Это связано как с развитием продуктивных и потенциально продуктивных рудоносных и рудовмещающих магматических и осадочных формаций (см. таблицу), так и с наличием в горной части Урала шлиховых ореолов и МПГ содержащих россыпей золота. Анализ таблицы свидетельствует о распространенности МПГ в пределах значительного временного интервала (R<sub>1</sub>-Mz) и накоплением платиноидов в различных рудных формациях, охватывающих широкий спектр руд черных, цветных, благородных и редких металлов, сформировавшихся в различных геодинамических обстановках.

В палеоконтинентальном секторе наиболее интересными в отношении МПГ являются траппиды, установленные как в рифейском (метабазальт-долеритовая), так и в раннем-палеозойском (габбро-долеритовая) разрезах. Для них характерны явления внутрикамерной дифференциации (пикриты – кварцевые долериты), сопровождающейся слабопроявленным медно-никелевым оруденением. В подобных обстановках на Пай-Хое [5] известны платиноиды в количестве до 2,5 г/т (Сопча-Мыльк), а на Северном Урале выделен своеобразный теплогорский тип (Pt – 0,1–0,7 г/т) [6].

Габбро-диорит-монцонитовая (сиагинско-манарагский комплекс) и адамеллит-гранитовая (потемынский комплекс) формации ответственны за формирование гидротермального и скарнового оруденения с широкой вариацией металлов от черных (марганец) до цветных и редких, с которыми в более северных районах также обнаружены существенные содержания платиноидов (Pt – 0,2–1,17 г/т – Лекынталбайское, Харбейское, Предгорное и др.) [5].

Очень важными, на наш взгляд, с точки зрения потенциальных источников МПГ являются щелочно-базитовые и щелочно-ультрабазитовые формации, относимые к сивыгинскому и, по-видимому, к харгескому комплексам, информация по которым несколько противоречива, хотя в работах Б. А. Голдина (1999), Ю. А. Спирионова, Б. А. Голдина (2004) им придается решающее значение. Как отмечают эти авторы, «в бассейнах рек Большой и Малый Паток, Вангыр, Парнук установлены эксплозивные брекчи, содержатся кимберлиты, обломки базанитов, авгититов, мегакристаллы шпинели, гранатов, обломки алмаза, муассонита, сапфира, ферроплатины», аналогичные и одновозрастные раннемезозойским породам Маймеч-Котуйской провинции и субщелочным никеленоносным траппам Норильска. Спецификой платинометального оруденения являются сравнительно невысокие содержания никеля (0,14–0,2 %), повышенное количество Ag (5–6 г/т), золота, кобальта, редких земель (1–2 %), ванадия (более 0,1 %) при содержаниях платиноидов 115 г/т (р. Б. Паток) [15]. Естественно, эти сообщения нуждаются в проверке. Тем не менее установленная платиноносность комплексного месторождения Чудное, открытого В. С. Озеровым, не вызывает сомнения. Здесь, по данным С. К. Кузнецова и др. [10], содержание платиноидов в измененных риолитах следующее, г/т: Ru (0,7–33,1); Rh (<100); Pd (5000–9000); Os (0,02–7,6); Ir (0,02–9,7); Pt (3,8–330).

Кстати сказать, относительно широкое развитие щелочно-базит-ультрабазитовых и щелочно-кислых магматитов, содержащих высокие концентрации платиноидов, в том числе и осмий-родий-рутений группы, объясняет появление нестандартных россыпей типа руч. Ветвистого. В ассоциации с золотом на Чудном обнаружены мерлинит, агентит, стиллуотерит, стибионадладанин, сперрилит. Дополнительно к перечисленным минералам, но уже в щелочно-базитовых парагенезах, отмечается наличие брагитта, лаурита, ферроплатины. Платинометальному оруденению, по данным тех же авторов, сопутствуют Th, Va, Zr, Sr, TR, U и др. [15]. Кроме того, повышенные концентрации платиноидов, как это уже доказано на Полярном Урале Л. И. Гурской [2, 3], должны проявиться в углеродсодержа-

щих формациях пуйвинской ( $R_2$ ) и хыдейской ( $O_{1,2}$ ) свит вблизи проявлений полиметаллов, фосфора и урана.

Принципиально новым для Урала является повышенная платиноносность мезозойских низкотемпературных метасоматитов в пределах активизированных шовных зон, сопровождающих золото-кварцевое, золото-кварц-мало-сульфидное оруденение. Содержание суммы МПГ (в основном палладия) составляет почти 1 г/т. Это выявленное нами на Полярном Урале Пензенгояхинское, Хуутинское и Нуңдерминское рудопроявления [5].

Из россыпных проявлений в пределах Палеоконтинентального сектора обращают на себя внимание небольшие, но богатые россыпи типа Ветвистого с осмий-рубидий-платиноидным составом, установленные по рр. Кохим, Щугор, Балбанью, Косью и др. [8], а также платиноносность истоков рек Сосьинского бассейна, проницающих Маньхамбовско-Ильязский блок, содержащий золото-редкометальные объекты «типа несогласия», шовные и меланжевые зоны, продуктивные на платиноиды.

Эндогенная платиноносность Палеоокеанического сектора связана, главным образом, с традиционными для Урала источниками МПГ, к каковым относятся массивы салатинского дунит-гарцбургитового комплекса (Олься-Мусюрский, синатвожский, лемпуинский и тела меланжевой зоны Иоутынинский, Польинский, Ларкен-Совытский и др.). Концентрация в них платиноидов, по данным ЦНИГРИ, составляет: Синатвожский массив – иридий до 0,09 г/т; осмий до 0,069 г/т; рутений до 0,13 г/т; Олься-Мусюрский до 0,0069 г/т; Ларкен-Совытский – палладий до 0,04 г/т, платина до 0,068 г/т [16]. Это типичная для уральских офиолитов россыпнообразующая платиноидно-хромитовая формация с Ru-Ir-Os-Pt (Pd) минерализацией.

Следующими традиционно платиносодержащими (россыпнообразующей группой) формациями, связанными с дунит-клинопироксенит-габброй ассоциацией являются: а) платиноидно-титаномагнетитовая в клинопироксенитах (качканарский тип) Pd – 0,170–0,219 г/т; Pt – 0,012 г/т (Межгорное); б) платиноидно-мединосульфидная титаномагнетитовая в горнбледитах (первоуральский тип) Pd – 0,634, Pt – 0,152 (Мал. Поля); в) платиноидно-медио-железо-вана-

дневая (волковский тип), достоверная информация по которому в настоящее время отсутствует; г) золото-платино-пallадиевая малосульфидная в алатитовых оливиннатах (баронско-клиевский тип): Pd – 0,176 г/т, Pt – 0,01 г/т,  $P_2O_5$  – 4,7 % (Усыньшорское и др.) [6].

Что касается выделения наиболее известного и в прошлом промышленного (добыто до 1 т платины) платиной-хромитового (Соловьевогорского, Ниженетагильского) типа, то его реальная идентификация пока под вопросом ввиду отсутствия достоверных сведений в фондовой и опубликованной литературе. Ссылки на широкое развитие [12] не убедительны вследствие отсутствия изолированных петрологически идентичных массивов, содержащих высокие концентрации МПГ. Как отмечает в своем анализе С. О. Федорова [16], «дунитовых тел, соизмеримых с соловьевогорскими, в регионе нет», за исключением мелких массивов, выявленных М. М. Павловым и др. [11] в центральной части Ялпингирского массива и предполагаемых небольших интрузий в составе Щекуринского массива, общая суммарная площадь которых не превышает 10 км<sup>2</sup> [11].

Очень важным, на наш взгляд, платиносодержащим оруденением, имеющим место, по крайней мере на севере рассматриваемой территории в районе Хордьюского массива, является недавно выявленное на Полярном Урале Озерное рудопроявление комплексных малосульфидных платино-золото-пallадиевых руд, предположительно отнесенных к волковскому типу. Содержание Pd до 14 г/т, Pt до 0,26 г/т; оруденение стратиформного облика приурочено к среднему, расслоенному дунит-верлит-клинопироксенит-габбро-иоритовому ритму вблизи границы раннего габбро-амфиболитового комплекса и плагиогранитов собского габбро-диорит-тоналитового комплекса. Оно вытянуто почти на 5 км, а прогнозируется более чем на 50 км. И, как считают авторы, «рудопроявление Озерное обладает значительными прогнозными ресурсами меди и комплекса благородных металлов, позволяющих предполагать выявление на участке крупного или среднего месторождения комплексных руд» [7].

Определенными перспективами в отношении платиноидов обладают колчеданные проявления (Малососьвинское и др.) в контрастных вулканитах ордовик-раннего силура.

Верхнетагильский габбро-диорит-плагиогранитовый комплекс ( $S_2$ ) характеризуется, как и везде на Урале, повышенной платино-метальностью (Pd-0,026 г/т, Pt-0,012 г/т) скарнового типа. Не исключено, что с кислыми дериватами связано медно-порфировое оруденение (Северо-Малопольинское) также с возможной существенной платиноносностью. Тем более, что в этом районе установлены МПГ содержащие россыпи.

В среднем палеозое с трахибазальт-долеритовой формацией возможно проявление платиной-никелевого оруденения по аналогии с девонскими траппами Сибири. Весьма обещающим может оказаться раннемезозойская (Т) терригенно-угленосная формация, вмещающая известные германниты содержащие месторождения угля Лильтинское и Турупинское. При этом, как установлено в Приморье, платиносодержащими являются только германнитоносные месторождения, в которых содержания платиноидов могут достигать сотен мг/т и даже первые г/т. Германниты содержащие угли, по данным В. В. Середина (2002), обогащены Ag, Sb, Hg, W, Br, Cs и U. Сульфиды платины обнаружены только в органических образованиях, что может быть связано с биогенной сульфатредукцией. В целом данная ассоциация Приморья наиболее близка к гидротермальному Au-Pd-Pt-месторождению Серра-Пелада (Бразилия), залегающему в осадочных лиофазиях [14].

С мезозойской активизацией, которая, по-видимому, обусловила и германнитоносность углей, на Полярном Урале Л. И. Гурской установлена Pt-Pd ассоциация южного и восточного блоков массива Сыум-Кеу [3], приуроченная к узлу пересечения Щучинско-Хадатинской поперечной структуры с Восточно-Сыумкеуской шовной зоной. Платино-пallадиевая минерализация ( $\Sigma$ МПГ – до 1,7 г/т) обнаруживает устойчивую сильную корреляционную связь с серой, селеном, мышьяком и никелем, а золото (0,5 г/т) – с карбонатным веществом и мелью при высоких концентраци-

## Эндогенные и экзогенные плютиносодержащие формации Приполярного Урала

	2	3	4	5	6	7	8
Приоритет	R <sub>3</sub>	Габбро-диорит-мощнитовая (Сибиргинско-шандрыгский)	Платиноидно-золото-редкометалльная				
	R <sub>2</sub>	Песчано-щелочно-углеродистая (Пуйвинская)	Платиноидно-углеродистая				
	R <sub>1</sub>	Метабазальт-долеритовая	Платиноидно-сульфидично-модно-никелевая	Теплогорский тип			

Замечания: МПГ в мг/т.

\*Примеры Среднего и Полярного Урала.

и ртути (до 0,29 г/т) и серебра (1,5 г/т). Платиновая минерализация близка к Пензентогинскому типу [5] и также может быть обнаружена в пределах Приполярного и Северного Урала.

Россыпная платинометальность палеоокеанического сектора значительно выше, чем палеоконтинентального, и связана с золотоносными россыпями. Не учитывая характеристику золотоносных россыпей, данную в работах О. С. Федоровой [16] и Ж. К. Золоева и др. [12], мы можем только констатировать значительное проявление металлов платиновой группы в Сосьвинском, Вольянско-Щекуринском рудно-россыпных районах, тогда как в наиболее северном Хордьюско-Олысямусюрском районе отмечены спорадические находки «сырой» платины по притокам рек Хулги, Хальмерью, Хосая, Нядокота, Неркаю, Максимка-Шор и др.

Анализ имеющейся на сегодня информации по платиноносности Приполярного Урала свидетельствует о несомненной привлекательности данного региона в отношении платиноидов. Здесь в разные годы выявлена повышенная платиноносность 19 магматических и осадочных формаций, ответственных за проявление 13 рудных формаций с установленной и 10 рудных формаций с потенциально возможной платиноносностью (см. таблицу). При этом в пределах рассматриваемой территории предварительно можно выделить, по крайней мере, пять потенциально перспективных рудных районов (РР), которые, в свою очередь, включают рудные и рудно-россыпные зоны и узлы:

1. Сосьвинский рудно-россыпной район

состоит из Манынского, Лопсинского и Иоутынинского рудно-россыпных узлов и охватывает юго-восточную (палеоокеанический сектор) часть площади. Он характеризуется очень слабой (за исключением МПГ содержащих россыпей) изученностью. Во многих водотоках по работам прошлых лет обнаружены золотые с платиной россыпи с содержанием в шлихах МПГ до 5 %, а в отдельных россыпепроявлениях количество платиноидов преобладает над золотом. Платиноиды из россыпей по рекам Арбыня, Маня представлена изоферроплатиной с небольшим количеством родия и палладия. Эндогенная платинометальность Ялпингнерского массива пока не установлена.

2. Вольянско-Щекуринский рудно-россыпной район включает Хоросюрский, Сертынинский и Польинский рудно-россыпные узлы, в пределах которых можно выделить Усыньшорскую, Охтямскую, Сертынинскую, Люльинскую и Малопольинскую перспективные и потенциально перспективные площади. Здесь, как правило, околограммовые содержания МПГ в рудах и породах сопровождаются знаковой зараженностью шлихов. Наиболее интересна, на наш взгляд, Малопольинская площадь, которая не достаточно изучена.

3. Хордьюско-Мусюрский рудно-россыпной район состоит из Малохосаянского проблематичного рудно-россыпного узла и Верхнегулгинской потенциально рудной зоны. Если перспективы первого, хотя и при наличии россыпной составляющей, нам представляются слабыми, то потенциал второй весьма высок в отношении объектов, близких к Озерному, Пятире-

ченскому и другим, ресурсный потенциал которых оценивается более чем в 100 т [7].

4. Кожимский рудно-россыпной район включает Вангырско-Малдинскую, Народинско-Сальнерскую, Тыкотловско-Золотошорскую рудно-россыпные зоны и Малопатокско-Харгеский рудно-россыпной узел. Известная платинометальность металлогенических подразделений описана выше и связана главным образом с системой шовных зон, активизированных в мезозое в связи с проявлениями щелочно-базитового и щелочно-ультрабазитового магматизма. Обращает на себя внимание северо-западная ориентировка Малопатокско-Харгеской зоны, которая далее на восток, уже в палеокеканическом секторе (Вольинско-Щекурышинский район), также платиноносна. При этом, если подтвердится платинометальность германоносных углей, которые установлены только в пределах этой зоны (Люльинское), то наложенный, молодой характер оруденения можно будет считать доказанным. Кроме того, в районе проявлены два мощных структурно-стратиграфических несогласия – рифейское и раннепалеозойское с установленной палладиеносностью (Чудное), а также своеобразная россыпь руч. Ветвистого и реки Щугор.

5. Няртинский рудно-россыпной подрайон, включающий Парусшорскую потенциально перспективную площадь, выделен отдельно от Кожимского ввиду его геологической обособленности и определенных перспектив терригенно-углеродистых формаций (содержание углерода в породах 3-3,5 %), которые на севере в Харматалоуской структуре платиноносны ( $Ir > 1 \text{ г/т}$ ) [2, 5].

6. Маньхамбовско-Верхнепечорский рудно-россыпной район состоит из Ильязской, Маньхамбовской, Ыджиглягинской, Верхнеманьгинской потенциально перспективных рудных зон и Верхнепечорского рудно-россыпного узла. Перспективы этого района весьма высоки как в связи с традиционными, так и нетрадиционными типами МПИ. Здесь наряду с потенциально перспективными активизированными шовными зонами установлено продуктивное рифейское несогласие и выяснено наличие шлиховых МПГ приди-осиевого и платино-иридевого типов.

Подводя итог вышесказанному, опира-

ясь на литературные, фондовые источники и собственные многолетние исследования региона, в пределах перспективных и потенциально перспективных площадей следует обратить особое внимание в первую очередь на:

1) полиметаллические объекты, тяготеющие к региональным структурно-стратиграфическим несогласиям ( $R_1, R_2, E_1, O$ );

2) сульфидное оруденение, располагающееся в черносланцевых толщах рифея и палеозоя с доказанной платиноносностью;

3) возможное присутствие в районе платиноносности стиллуторского типа в расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузиях и из высокоуглеродистые пегматоидные платиноносные трубы ультраосновного состава, образовавшиеся на поздних стадиях (активизация) их формирования;

4) редкометалльное сульфидное, в том числе золото-кварцевое, золото-сульфидно-кварцевое, оруденение в активизированных шовных зонах, включая трубы взрыва, нески и дайки, сложенные продуктами щелочно-ультрабазитового магматизма.

Естественно, что domainами повышенного внимания остаются россыпьобразующие магматиты дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциации, хромитовое оруденение в оффолитах, медноколчеданный, медно-порфировый и медно-никелевый типы, традиционные для Урала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гайдин Б. А., Казин Е. П., Пучков В. Н. Рифтогенные магматогенные формации западного склона Северного Урала и их минерализация // Геология и минер. ресурсы Европейского Северо-Востока России, т. II. Сыктывкар: Геопринт, 1999. С. 147-151.
- Гурская Л. И. Платинометальное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
- Гурская Л. И., Смелова Л. В. Платинометальное минералообразование и строение массива Сым-Кей (Полярный Урал) // Геология рудных месторождений. 2003. Том 45. № 4. С. 353-371.
- Душин В. А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора Севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
- Душин В. А., Малюгин А. А., Козынин В. С., Попова О. М. Минерально-сырьевой потенциал Полярного Урала по золоту, платиноникелям, уран-

- и алмазам // Полярный Урал - стратегия освоения. Тюмень-Салехард, 2004. С. 101-109.
6. Золота К. К., Ватченко Ю. А., Коротеев В. А., Мардаросыян А. Н. Платиноносное оруденение в альбиноитовых дунит-гарнокорундитовых комплексах Урала // Проблемы геологии и рудообразования в геологической истории Урала. Екатеринбург, 2001. С. 73-91.
7. Котельников В. Г., Романова Н. В. Новый тип платиноидно-золото-палиевого оруденения на восточном склоне Полярного Урала // XIV Геологический съезд Республики Коми «Благородные металлы и алмазы». Сыктывкар, 2004. С. 40-42.
8. Макеев А. Б. Перспективы платиноносности Республики Коми. Сыктывкар, 1996. 36 с.
9. Металлы платиновой группы // Минеральное сырье: Справочник / В. И. Кочнева-Первухов, Е. С. Заскин, О. М. Конкина и др. М.: ЗАО «ГеоИнформпресс», 1998. 58 с.
10. Кузнецова С. К., Тарбаев М. Б., Ефановец Л. И. Платиноиды и редкие земли проявления Чудного на Полярном Урале // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов. М., 2002. С. 173-174.
11. Павлов М. М., Кругликов Ю. В., Катин М. И. Отчет о производстве работ по геологическим
- кому дополнению масштаба 1:50 000 Находского участка. Сараншуль, 1981. 370 с.
12. Рудный потенциал Ханты-Мансийского автономного округа. Стратегия и тактика геологоразведочных и горнорудных производств / Под ред. К. К. Золотева, М. С. Рапопорта и др. Екатеринбург-Ханты-Мансийск, 2001. 176 с.
13. Рундквист Д. В., Гурская Л. И. Новые перспективные типы платинометального оруденения // Очерки металлогении. Тбилиси: Изд-во Мешни-Кеба, 1986. С. 119-137.
14. Середин В. В. Золото и платиноиды в германит-угольных месторождениях Приморья: формы нахождения, условия накопления, перспективы освоения // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов. М.: ООО «Связь-Принт», 2002. С. 374-378.
15. Спиридонов Ю. А., Гайдин Б. А. Коренная платиноносность Европейского Северо-Востока // XIV геологический съезд Республики Коми. Сыктывкар, 2004. С. 97-99.
16. Федорова С. О., Столяренко В. В. и др. Оценка перспектив и прогнозных ресурсов рудной и россыпной платиноносности восточного склона Северного и Приполярного Урала: Отчет по договорной теме 89. М., 2003. 146 с.

УДК 553.3(083)

## ГЛАВНЫЕ ТИПЫ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ, ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А. Б. Макаров

Рассмотрены процессы формирования главных типов техногенно-минеральных месторождений Урала, связанных с добычей полезных ископаемых, их металлургическим переделом, химическим и энергетическим производством. Приведена их характеристика, показаны особенности строения и состава, которые определяют направления использования техногенно-минерального сырья.

**Ключевые слова:** техногенно-минеральные месторождения, литотехногенез, отвалы, шлаки, золы.

Description of relationship between extraction of mineral deposits, its metallurgical chemical, energetic using and forming processes of technogenic mineral deposits at the Urals. Show characteristic of composition and structure features designate to using of that technogenic Mineral deposits.

**Key words:** technogenic mineral deposits, lithotechnogenesis, dumps, scorias, ashes.

Накопление значительных объемов отходов предприятий различных отраслей промышленности в пределах Уральского, а также других промышленных регионов России (Северо-Западного, КМА, Западно-Сибирского) привело к формированию нового типа месторождений – техногенно-минеральных (ТММ). Под техногенно-минеральными месторождениями понимают скопление минеральных веществ на поверхности земли или в горных выработках, образовавшихся в результате отделения от массива и складирования в виде отходов горного, обогатительного и других производств и пригодных по количеству и качеству сырья для промышленного использования [5, 7]. Появление подобных месторождений обусловило целый ряд проблем, связанных как с исследованием этих объектов, так и переработкой техногенно-минеральных образований. Вовлечение их в переработку способствует и решению многих проблем, связанных с экологической ситуацией в промышленных регионах: ликвидации источников загрязнения воздушного бассейна, водотоков и водоемов, подземных вод и почв; введению в оборот новых земель в районах добычи и переработки минерального сырья. При этом наиболее привлекательными для изучения являются техногенно-минеральные образования, формирующиеся в результате работы горно-металлургического комплекса, что определяется их значительными объемами и широким спектром накапливающихся в них ценных компонентов, особенно цветных, редких и благородных металлов. Наибольшие объемы техногенно-минеральных образований характерны для горнодобывающей отрасли: за 300 лет ее функционирования в России накоплено не менее 100 млрд т горнопромышленных отходов, в том числе около 40 млрд т пригодных для производства строительных материалов [1, 8, 9].

Для Урала характерно большое разнообразие добываемых полезных ископаемых и обусловленное этим наличие многочисленных предприятий горно-металлургического комплекса, принадлежащих преимущественно черной и цветной металлургии. Технологическим и экологическим аспектам, касающимся переработки техногенно-минеральных образований, уделяется в настоящее время особое

внимание. В значительно меньшей мере исследованы вопросы строения, минерального и химического состава техногенно-минеральных месторождений, их взаимодействия с природной окружающей средой, а также методические аспекты их геолого-экономической оценки.

Процесс формирования новых техногенных пород, в том числе и техногенно-минеральных образований как за счет изменения, дезинтеграции природных горных пород, так и в процессе производственной деятельности (шламы, шлаки, золы), определяется как процесс литотехногенеза, принадлежащий к эзогенным геологическим процессам и протекающий в самой верхней части литосферы [5, 6]. Литотехногенез включает несколько этапов, завершающие из которых формируют техногенно-минеральные месторождения. Реже в разрезе этих образований развиваются зоны окисления и вторичного обогащения. Первым этапом литотехногенеза является процесс отделения горных пород от массива, их дробление, классификация и транспортировка к местам складирования. Последующий этап литотехногенеза выражается в формировании собственно тела техногенных образований в виде отвала, террикона, шламохранилища. Завершающий этап представляет собой изменения образовавшегося скопления техногенно-минерального сырья. Это может быть горение террикона с образованием «горельников», интенсивное выветривание наиболее слабоустойчивых горных пород в ТММ – отвалах горнорудных предприятий, окисление сульфидов в угольных отвалах и шламохранилищах обогатительных фабрик цветной металлургии. Процесс литотехногенеза, в отличие от процесса литогенеза, охватывает менее продолжительный временной период, завершающийся в большинстве случаев формированием техногенно-минеральных месторождений и их последующими изменениями.

Техногенно-минеральные месторождения подразделяются на ряд типов [2], главными из которых являются объекты, связанные с добычей, обогащением полезных ископаемых, их металлическим переделом, химическим и энергетическим производством.

Техногенно-минеральные образования, формирующиеся в результате добычи полез-

ископаемых, занимают наиболее значительные площади и объемы. Они не меняют существенно своих природных свойства и используются преимущественно в качестве строительных материалов с учетом петрографических разновидностей горных пород. ТММ, представленные отходами обогащения (хвосты и шламохранилища), имеют достаточно однородный фракционированный состав преимущественно уже не в виде обломков горных пород, а мелко- и тонкообломочных частиц минералов, в том числе и рудных. Поэтому помимо использования техногенно-минерального сырья, образующегося при добыче и обогащении руд, для производства стройматериалов, оно может служить дополнительным источником извлечения рудных минералов или некоторых редких металлов [5]. Существенные отличия в минеральном составе несут ТММ, формирующиеся из продуктов, образование которых связано с металлургическим переделом. Шлаковые отвалы черной и цветной металлургии состоят преимущественно из искусственных минеральных и стекловатых фаз и существенно отличаются от природных образований. Они могут являться источником получения целого ряда полезных компонентов, в том числе цветных, редких и благородных металлов.

Особенности строения и состава техногенно-минеральных месторождений – отходов добычи полезных ископаемых – определяются в первую очередь составом вскрытых, вмещающих пород и забалансовых руд, а также условиями добычи и складирования, степенью их последующего выветривания в поверхностных условиях. Особую экологическую опасность для природной окружающей среды представляют отходы добычи медноколчеданных руд, активно включающиеся в процессы выветривания, и склонные к самовозгоранию отвалы угольных шахт и разрезов. Около 80 % всех подобных отходов горнодобывающей промышленности сосредоточено в сухих отвалах – плоских пластообразных и террасированных, конических (терриконники) и гребневидных отвалах, сложенных разнозернистым, в различной степени слежавшимся кусковым материалом [1]. Отвалы добываемых руд черных металлов на Урале сложены преимущественно вмещающими вулканогенными породами,

реже – осадочными, туфогенно-осадочными породами и известняками. В отвалах скарновых месторождений присутствуют диориты и скарны, магматических – горнблейниты и цироксениты.

Техногенно-минеральные месторождения – отвалы добычи руд цветных металлов, формируются в пределах Уральского региона в основном при разработке месторождений медноколчеданных руд, где они представлены преимущественно вулканогенными породами, из которых в настоящее время в Республике Башкортостан производится основная часть щебня (вскрышные и вмещающие породы месторождений Таш-Тау, Бакр-Тау, Учалинского, а также переработка отвалов действующих на их базе горно-обогатительных предприятий).

Значительно большую ценность представляют техногенно-минеральные месторождения, представленные скоплениями отходов обогащения, учитывая более однородный состав уже дробленого, часто фракционированного материала. К тому же хвосты обогащения содержат многие ценные компоненты, в том числе и металлы. Отходы, образующиеся при сухих способах переработки (хвосты сухой магнитной сепарации, сухой гравитации), широко применяют в строительной индустрии. Хвосты сухой магнитной сепарации (СМС), отличающиеся повышенной крупностью (20–70 мм) и пониженным содержанием металлов, практически полностью используются в качестве щебня [5]. Состав щебня определяется петрографическим составом вмещающих пород.

Хвосты мокрой магнитной сепарации Качканарского горно-обогатительного комбината в виде однородного материала, состоящего преимущественно из пироксена с преобладающим фракционным составом 0,5–1,5 мм, образуются при обогащении титаномагнетитовых руд. Общее количество хвостов здесь составляет около 916 млн т, они содержат 0,3 % титана и 0,003 % ванадия, а также платину – 0,048 г/т, золото – 2,5 мг/т, скандий – около 100 мг/т, галлий, германий и другие редкие и рассеянные элементы.

Расположенные в Уральском регионе техногенно-минеральные месторождения – хвостохранилища обогатительных фабрик медеп-

лавильных комбинатов – формируются в течение длительного времени. При этом состав ТММ здесь определяется изменениями качества руды, содержаний в ней полезных компонентов и объектов добычи. Пространственно разобщенные зоны повышенной концентрации цветных металлов образуются в них как в процессе формирования хвостов, так и под воздействием более поздних процессов окисления и перераспределения с участием водных растворов.

Наиболее значительными запасами хвостов обладают Кировградская, Среднеуральская, Гайская и Учалинская обогатительные фабрики. Содержания главных компонентов в хвостах обогатительных фабрик Урала показаны в таблице.

Техногенные минеральные месторождения, связанные с металлургическим переделом руд, обладают значительными вариациями состава, включая металлургические шлаки, пыли и шламы различных технологических процессов и производств. Промышленные отходы черной металлургии отличаются значи-

тельным разнообразием состава. Это доменные, литьевые, мартеновские шлаки, сталеплавильные и ферросплавные шлаки, а также шламы и пыли. Общий объем техногенно-минерального сырья черной металлургии оценивается в 70 млн т [9].

ТММ – отвалы шлаков черной металлургии сложены в основной массе доменными и мартеновскими шлаками. Так, самый северный на Урале металлургический завод им. А. К. Серова работает с полным металлургическим циклом на сырье уральских железорудных месторождений, используя привозной кокс и металлический лом, производя около 150 различных марок высококачественной стали. Доменный шлак после выпуска из печи поступает в чаши на установку грануляции гидро-желобного типа, мартеновский шлак в полном объеме поступает на шлакоотвал. По состоянию на 01.01.2001 г. в шлакоотвале находилось 610,95 тыс. т шлаков доменного производства и 3791,91 тыс. т мартеновских шлаков.

Доменные шлаки – ценнейшее минеральное сырье, основные направления использования

Характеристика хвостохранилищ обогатительных фабрик, перерабатывающих руды цветных металлов

Фабрика	Запасы хвостов, млн т	Запасы и содержание в хвостах, тыс. т		
		Медь	Цинк	Сера
Турынская	10,68	9,63 0,09	и/д	108,7 1,02
Красноуральская	20,35	71,39 0,35	125,11 0,61	3464,5 17,0
Пышминская	4,6	3,7 0,08	-	138 3,0
Кировградская	27,84	49,77 0,18	68,30 0,24	2227,3 7,97
Среднеуральская	32,0	83,4 0,26	136,1 0,42	11418 35,7
Карбашская	9,21	23,30 0,25	30,19 0,33	3081 33,44
Гайская	39,81	123,37 0,31	124,36 0,31	6592,1 16,56
Сибайская	14,42	27,49 0,16	12,86 0,51	4988,9 34,61
Бурибасская	5,65	26,89 0,48	10,96 0,19	1460,8 25,86
Учалинская	21,32	76,10 0,36	127,94 0,60	45811 21,9
Всего:	177	374,95	679,31	37413,6

второго – донизвлечение металла, производство гранулированного шлака с дальнейшим его использованием для получения шлакового щебня, пемзы, минеральной ваты, каменного литья. В измельченном виде доменные шлаки используются как компонент портландцемента и материала для известкования почв в сельском хозяйстве. Мартеновские шлаки используются после донизвлечения металла для производства шлакового щебня, удобрения из шлаковой муки, в качестве основных флюсов в шихте доменных печей.

Значительные объемы ресурсов техногенно-минерального сырья находятся в шлакоотвале Нижне-Тагильского металлургического комбината (НТМК), расположенному на северо-восточной окраине г. Нижний Тагил. Он состоит из отвала доменных шлаков и отвала сталеплавильных шлаков. Оба отвала являются действующими и функционируют с 1949 г. Длина отвалов 1200 м, ширина – 1000 м. Преобладает отвал доменного шлака, объем которого около 30 млн т, а сталеплавильных – около 20 млн т.

Крупнейшими ТММ черной металлургии являются также шлаковые отвалы Магнитогорского металлургического комбината (шлаки доменные – 160,650 млн т), Челябинского металлургического комбината (шлаки металлургические – 2572 млн т) и Чусовского металлургического завода (шлаки доменные – около 10 млн т).

Техногенно-минеральные месторождения, формирующиеся в связи с производством ферросплавов на Урале, представлены шлаковыми отвалами Серовского завода ферросплавов (6609,6 тыс. т шлаков производства феррохрома на 01.01.2000 г.), Ключевского завода ферросплавов (5754 тыс. т шлаков на 01.01.1999 г.) и Челябинского электрометаллургического комбината (шлаков производства низкоуглеродистого феррохрома – 8,2; углеродистого и передельного феррохрома – 3,3; ферросилиция и ферросиликохрома – 1,0; ферровольфрама – 0,53; ферромолибдена – 0,5 млн т). Основное перспективное направление переработки – использование в качестве строительного материала с предварительным извлечением металлических фаз [4].

Среди медеплавильных комбинатов наиболее значительные количества шлаков накоп-

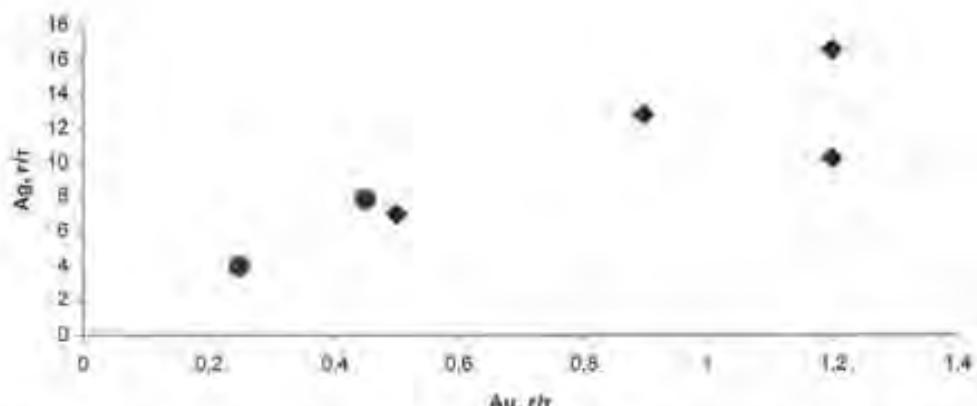
лены на Кировградском и Красноуральском медеплавильных комбинатах, Среднеуральском и Карабашском медеплавильных заводах и Башкирском медно-серном комбинате. Шлаки металлургического производства поступают в отвалы после предварительной грануляции или в горячем состоянии. В них содержатся медь, цинк, свинец, сера, висмут, кадмий, германий и др.

Распределение благородных металлов в техногенно-минеральных образованиях медной подотрасли цветной металлургии, по данным работы [3], показано на рисунке. Максимальными их концентрациями характеризуются хвости обогащения медноколчеданных руд, содержания золота и серебра в шлаках значительно ниже.

Техногенно-минеральные месторождения, связанные с энергетическим производством, образуются при сжигании твердых видов топлива на тепловых электростанциях (ТЭС). При этом ежегодный выход золошлаковых отходов в России превышает 104 млн т. В Свердловской области ТММ этого типа расположены вблизи крупных электростанций в виде отвалов, наиболее значительными из которых являются золоотвалы ГРЭС, тыс. т: Рефтинской – 123336,6, Верхнетагильской 39182,8, Серовской – 23832,1.

Золоотвалы Рефтинской ГРЭС расположены в 70 км к северо-востоку от Екатеринбурга и эксплуатируются с 1970 г. Зола транспортируется по системе гидро-зольоудаления и складируется в золоотвал или улавливается на станции. Площадь золоотвалов косогорного типа составляет 440 (№ 1) и 890 (№ 2) га. Строение отвала неоднородное. В процессе намыва происходит дифференциация материала по гранулометрическому составу, при этом более крупные разности осаждаются вблизи выхода пульпы, более тонкие по периферийной зоне.

Золошлаковые отходы широко используются в производстве бетонов различных видов, выполняя функции мелкого заполнителя, вяжущего и пластифицирующей добавки, а также в дорожном строительстве. Промышленный интерес представляет извлечение из зол алюмосиликатных микросфер – полых сферических частиц диаметром от 50 до 250 мкм с толщиной стенки от 2 до 10 мкм.



Соотношение золота и серебра в шлаках и хвостах медной подотрасли цветной металлургии.

Шлаки:

- 1 – Среднеуральского медеплавильного завода, 2 – Кировоградского медеплавильного комбината; хвосты:  
3 – Бурибашской ОФ, 4 – Среднеуральской ОФ, 5 – Кировоградской ОФ, 6 – Красноуральской ОФ

обладающих низкой теплопроводностью и плотностью, высокой прочностью на сжатие. Известные в золах концентрации алюминия сопоставимы с его содержаниями в бокситах, для магнитной фракции зол характерны высокие содержания золота, платины и палладия.

Техногенно-минеральные месторождения химического производства сосредоточены на Урале преимущественно на предприятиях цветной металлургии, где на базе отходящих газов ведется производство серной кислоты (Красноуральский медеплавильный комбинат, ОАО «Минудобрения» в Башкортостане), а также суперфосфата (Среднеуральский медеплавильный завод). Кроме того, ТММ химического производства представлены шламохранилищами ОАО «Хромпик» и Полевского криолитового завода.

Отвалы пиритных огарков, образующихся в процессе производства серной кислоты, содержат многие полезные компоненты: железо, медь, цинк, свинец, золото и серебро. В настоящее время предложено несколько направлений их переработки, позволяющих извлечь из них золото, серебро, медь и цинк и использовать переработанные огарки в качестве сырья для получения железосодержащих окатышей.

Для фосфогипсов доказана возможность использования в изготовлении гипсовых вяжущих и изделий на их основе, сульфатированных цементов, извести и серной кислоты, фторогипсов – для производства гипсовых строительных материалов.

В целом использование техногенно-минерального сырья определяется его вещественным составом. Его разновидности, близкие по составу к природному минеральному сырью, используются практически в тех же направлениях, что и природное, – в качестве рудного, горно-химического, горно-технического,нерудного строительного и кристаллосырья. Техногенно-минеральное сырье горного производства находит широкое применение для засыпки карьеров и разрезов, отсыпки дамб хвостохранилищ, при производстве закладочных и строительных материалов. В то же время изучение минерального и химического состава ТММ, связанных с деятельностью как горнодобывающей (отвалы, хвостохранилища), так и других отраслей промышленности (металлургической – шлакоотвалы, топливно-энергетической – золоотвалы), показывает, что они могут являться не только дополнительным источником строительных материалов, но также и цветных, редких и благородных металлов. Спектр полезных примесей в техногенно-минеральном сырье уральских медеплавильных комбинатов включает помимо меди, цинка, серы и благородных металлов свинец, мышьяк, сурьму, висмут и другие элементы. Аналогичный комплекс металлов несут и грунты территорий перерабатывающих производств, в ряде случаев представляющие собой комплексные руды. Отсутствие данных по вещественному составу и количеству полезных компонентов по большинству объектов определяет необходимость выпол-

на ревизионно-оценочных работ, а также разведки и геолого-экономической оценки.

Освоение техногенных месторождений является насущной необходимостью. Однако эта проблема связана с разработкой новых технологий, и поэтому решение ее не может быть однозначным. Первоочередные направления освоения могут определяться, во-первых, необходимостью использования полученной продукции на нужды промышленности, во-вторых, улучшением экологического состояния окружающей среды, в третьих, получением определенного экономического и социального эффекта. Если исходить из этих положений, то наиболее важными для первоочередного освоения являются объекты, расположенные в пределах (или вблизи) городских территорий. Представляется, что первыми объектами для переработки могут быть отвалы золоторудных месторождений, где с помощью современных центробежных концентрикаторов и винтовых шлюзов возможно получение промышленного концентрата. Однако эти объекты требуют предварительного изучения и опытно-методических работ по их оценке и отработке технологии. С целью улучшения экологической ситуации необходимо вести и переработку отвалов, расположенных вблизи и в пределах городских территорий.

Первым этапом освоения техногенных месторождений является проведение на них поисково-оценочных или ревизионно-оценочных геологоразведочных работ. Как отмечалось ранее [3], по результатам предварительной паспортизации 180 техногенно-минеральных объектов Свердловской области по большинству из них степень изученности крайне неодинаковая, в большинстве случаев низкая. Поэтому, согласно рекомендациям Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых РФ, на техногенных объектах необходимо проведение геологических исследований, включающих две стадии – стадию ревизионно-оценочных работ и стадию разведки техногенного месторождения. В состав полевых ревизионно-оценочных работ входит маршрутное исследование отвалов и хвостохранилищ с проходкой и опробованием закопушек, единичных разведочных выработок (шурфы, скважины). Геологическое и технологическое опробование проводится с целью изучения ка-

чественного и количественного состава объекта и свойств слагающих его техногенно-минеральных образований.

Разведочные работы проводятся с целью геолого-экономической оценки объекта и получения исходных данных для проектирования нового предприятия по добыче и переработке техногенно-минерального сырья, а также организации его использования на действующем предприятии. Основным способом разведки техногенно-минеральных месторождений является бурение скважин и проходка горных выработок (шурфов, канав, расчисток).

Второй этап освоения – выбор и внедрение новых технологий. Отходы черной металлургии после извлечения из них металлических включений в основном используются в качестве щебня. Схема переработки шлакоотвалов медеплавильного производства реализована на Среднеуральском медеплавильном заводе, где в ходе отработки отвала, дробления и флотационного обогащения шлаков на обогатительной фабрике получают медно-цинковый концентрат и магнетитсодержащий песок. Для шламохранилищ, учитывая их специфические особенности, необходимо вести опытные работы по внедрению геотехнологий. Отходы золотодобывающей промышленности требуют применения при их переработке современных экологически чистых методов, в частности центробежных концентрикаторов (Knelson и др.).

Разнообразие техногенно-минеральных месторождений на Урале определяет задачи и проблемы изучения, которые могут способствовать их успешному освоению. В их число необходимо включить в первую очередь минералого-геохимические исследования техногенно-минерального сырья с целью его последующего комплексного использования, технологические исследования, в том числе технологическое карттирование ТММ, и исследование изменчивости распределения полезных компонентов. Помимо этого важнейшее значение приобретают геоэкологические исследования, направленные прежде всего на оценку экологической опасности этих объектов и их влияние на природную окружающую среду, что может служить одним из критериев для первоочередной отработки ТММ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коняев В. П., Крючкова Л. А., Туманова К. С. Техногенное минеральное сырье России и направления его использования // Инф. сб. Вып. 1 / АО «Роснедра». М., 1994. 42 с.
2. Макаров А. Б. О классификации техногенных месторождений // Известия УГГА. Вып. 18. Серия: Геология и геофизика. 2003. С. 158-163.
3. Мориц С. И., Салникова В. Л., Амосон Л. А. и др. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду. Екатеринбург, 2002. 206 с.
4. Промышленные отходы ЧЭМК: состав, направления использования / Тиллай А. Г., Макаров А. Б., Глушкова Т. А. и др. Екатеринбург: НТО «Горнол», 1995. 62 с.
5. Тиллай А. Г., Макаров А. Б., Зобин Б. Б. Техногенные месторождения Урала, методы их ис-следования и перспективы разработки // Известия вузов. Горный журнал, 1997. № 11-12. С. 20-36.
6. Техногенно-минеральные месторождения Урала: Особенности состава и методология исследования / А. Б. Макаров, А. Г. Тиллай, И. В. Буров и др. М., 1999. 41 с.
7. Трубецкой К. Н., Уманец В. Н., Никитин М. Б. Классификация техногенных месторождений и основные факторы их комплексного освоения // Комплексное использование минерального сырья. 1987. № 12, С. 18-23.
8. Чантурия В. А., Коркин Б. М. Анализ техногенного минерального сырья Урала и перспективы его переработки // Проблемы геотехнологии и недропользования (Мельниковские чтения). Доклады Междунар. конф. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. Т. 3. С. 26-34.
9. Якоалев В. Л., Бастан П. П. Техногенные месторождения России // Известия вузов. Горный журнал, 1996. № 10-11. С. 146-157.

УДК 556.3

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЕКАТЕРИНБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А. И. Семячков, И. В. Коновалов

Описывается химический состав дренажных вод Екатеринбургского метрополитена по результатам регулярных наблюдений продолжительностью более 10 лет. Делается вывод о влиянии метрополитена на изменение химического состава подземных вод. Рассмотрены процессы, получившие развитие в связи с работой водопонизительных систем, которые могут повлиять на устойчивость зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от объектов метрополитена.

**Ключевые слова:** метрополитен, химический состав, дренажные воды, суффозионный вынос.

In clause the chemical compound of drainage waters of the Ekaterinburg underground, by results of regular supervision, by duration more than 10 years is described. It is judged influence of underground on change of a chemical compound of underground waters. Processes received development are considered in connection with work water systems which can affect stability of buildings and the constructions located in immediate proximity from objects of underground.

**Key words:** underground, chemical composition, drainage waters, suffusion.

### Введение

В 1968 г. численность населения г. Екатеринбурга (тогда г. Свердловска) превысила миллион человек [2]. В результате появились

проблемы с перевозками пассажиров и осуществлением. Тогда и возник вопрос о необходимости строительства метрополитена.

В настоящее время на территории России в шести городах имеются действующие мет-

рополитены (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Самара, Новосибирск и Екатеринбург).

Эксплуатируемый участок I-й линии метрополитена в г. Екатеринбурге, протяженностью около 10,0 км, имеет меридиональное направление и проходит под улицей 8-е Марта от цирка до городского пруда, далее - под прудом, стадионом «Динамо», посадочными платформами железнодорожного вокзала, к проспекту Космонавтов у завода «Пластмасс», далее под проспектом Космонавтов до района пос. Веер. В настоящее время по трассе размещены семь станций. Продолжается проходка перегонных тоннелей, строительство приトンнельных сооружений. Схема Екатеринбургского метрополитена, действующий и строящийся участки представлены на рис. 1.

### Геологическое строение

В структурном отношении исследуемый район располагается в пределах Свердловского синклиниория, переходящего на западе в Верх-Исетский и на востоке - в Монетниковско-Сидельниковский антиклиниорий - тектонические структуры третьего порядка [3].

В геологическом строении района принимают участие разнообразные, в значительной степени метаморфизованные палеозойские осадочно-вулканогенные образования, интрузивные породы и жильные образования, древняя (мезозойская) кора выветривания и четвертичные отложения.

В разрезе комплекса осадочно-вулканогенных пород, относящихся к верхнеордовикским и силурским образованиям, выделяются следующие свиты (снизу вверх):

- нейвинская (верхний ордовик) - сложена амфиболитами с подчиненным распространением туфов, биотит-амфиболовых гнейсов-сланцев и зеленых сланцев мощностью 400 - 700 м;

- невьянская (ланцоверийский ярус, нижний силур) - сложена преимущественно сланцами различного петрографического состава, мощность свиты до 800 м;

- кировградская (венлокский ярус, нижний силур) - в составе свиты резко преобладают пирокластические породы: туфы базальтового и андезибазальтового составов с про-

слойми тонкозернистых туффитов; мощность свиты от 200 до 1100 м.

Среди интрузивных пород выделяются породы габбро-перidotитовой формации - Уктусский массив дунитов, пироксенитов и Балтымский габбровый массив верхнедевонского возраста, а также граниты Верх-Исетского и Шарташского массивов верхнепалеозойского возраста.

Трасса эксплуатируемого участка I-й линии метрополитена проходит в породах вулканогенно-осадочного комплекса кировградской и невьянской свит нижнего силура. Коренные породы представлены метаморфическими сланцами различного петрографического состава. Прорваны многочисленными жильными телами. Последние фиксируют мелкие нарушения и трещины разнообразных направлений. Большинство жил и даек располагается параллельно или субпараллельно простиранию вмещающих пород.

В верхней части разреза коренные породы представлены продуктами физического и химического выветривания пород - корами выветривания, покрытыми рыхлыми отложениями с высоким содержанием щебня и дресвы.

С поверхности залегают маломощные четвертичные отложения, представленные аллювиальными, делювиальными суглинками, супесями, глинами, а также техногенными образованиями.

### Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия района определяются развитием трещинно-грунтового водонапорного горизонта, приуроченного к верхней трещиноватой зоне коренных пород и их злованию.

Трещинные воды имеют, как правило, грунтовый (ненапорный) характер. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, утечек из подземных водоносущих коммуникаций, за счет поглощения поверхности стока и инфильтрации из различных понижений рельефа. Глубина залегания уровня грунтовых вод определяется высотным положением земной поверхности и изменяется от 0,1 м на участках разгрузки эрозионных врезов до 25,0 м - на наиболее возвышенных участках.

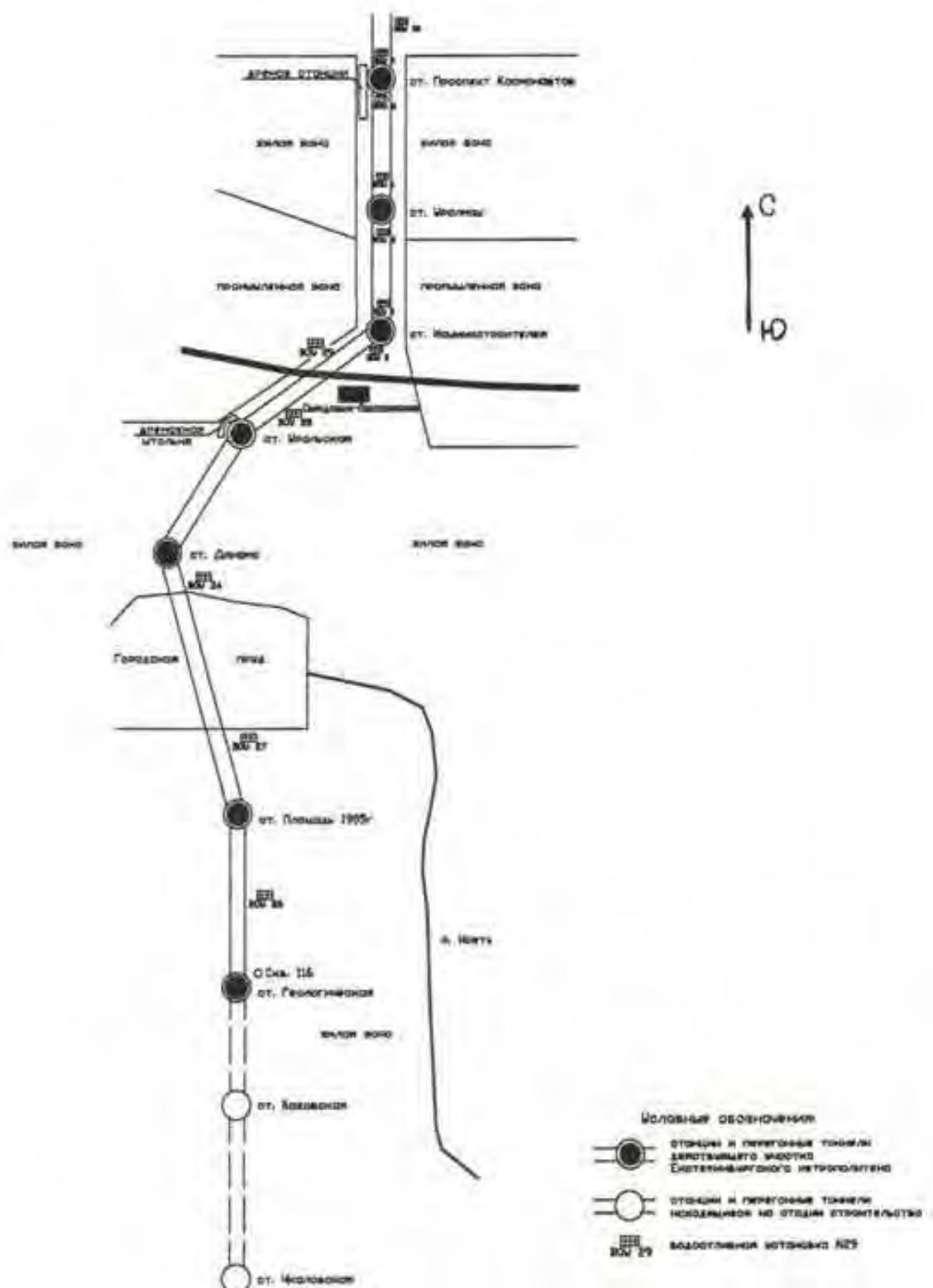


Рис. 1. Схема Екатеринбургского метрополитена.  
Действующий и строящийся участки

Основной особенностью трещинного водоносного горизонта является его весьма высокая неоднородность по водопроводимости как в плане, так и по глубине: коэффициенты фильтрации ( $K_f$ ) изменяются от сотых долей единицы до 10 - 20 м/сутки. Водопроводимость горизонта определяется интенсивностью и глубиной развития трещиноватости водоемещающих пород.

Основными факторами, влияющими на трещиноватость горных пород, являются: первичная и тектоническая трещиноватость, интенсивность выветривания, вещественный состав, структура и генезис горных пород. Процессы выветривания на одних участках усиливают первичную трещиноватость с раскрытием трещин и повышением водопроницаемости, на других происходит кальматация трещин продуктами выветривания. Также на водопроводимость горизонта влияют структура и генезис пород. Наиболее водообильные участки отмечаются на контактах более молодых интрузивных тел с более древними вулканогенно-осадочными породами. Тектоническая трещиноватость наибольшую интенсивность имеет в зонах разрывных нарушений, в шарнирных частях складок, в узлах пересечения разрывных нарушений, по дайкам кислых пород, в краевых частях интрузивных массивов и более мелких тел.

Эффективная мощность трещинно-грунтового горизонта в районе редко превосходит 80 метров.

#### Анализ химического состава дренажных вод

Вся система подземных сооружений метрополитена представляет собой единый водозабор, состоящий из отдельных водозaborных участков. Всего по действующему участку первой линии метрополитена дебит водоотбора составляет приблизительно 21 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Откачиваемые при эксплуатации метрополитена подземные воды сбрасываются без использования через городской ливневой коллектор в бассейны рек Исеть и Пышмы.

В состав водозaborных сооружений на I-м пусковом участке входят:

- водозaborные скважины;

- постоянно действующие вертикальные дренажи;
- дренажная штолня на станции Уральской с лучевыми горизонтальными скважинами;
- водоотливные установки станций и перегонных тоннелей (ВОУ).

По химическому составу дренажные воды пресные с минерализацией от 198,5 до 918,0 мг/дм<sup>3</sup>, pH от 7,0 до 8,3, сульфаты от 38,8 до 194,0 мг/дм<sup>3</sup>, хлориды от 15,5 до 81,2 мг/дм<sup>3</sup>.

Подземные воды водоносного горизонта дrenируют в перегонные тоннели и сооружения метрополитена. Наивысшее содержание компонентов химического состава соответствует водам продвесенного подъема. Исключение составляют воды на участках водозаборов, расположенных на станциях (строительство осуществлялось в открытых котлованах) с обратной засыпкой пазух отсевом гранита с  $K_f = 3-5$  м/сут, и на перегонных тоннелях мелкого заложения. На этих участках происходит скачкообразное изменение химического состава (как увеличение, так и снижение) в течение всего года.

Следует отметить, что химический состав подземных вод определяется воздействием техногенных факторов в основном за счет утечек из различных хозяйственных коммуникаций. Сумма минеральных солей по водозаборам изменяется от 198,5 до 918,0 мг/дм<sup>3</sup> и указывает на неравномерное загрязнение подземных вод различными стоками.

Срок наблюдения за химическим составом дренажных вод составляет 10 лет. По данным этих наблюдений построены гистограммы распределений химического состава дренажных вод. Выявлено, что макрокомпоненты, содержащиеся в дренажных водах, подчиняются нормальному закону распределения (рис. 2, 3). Гистограммы имеют ярко выраженный максимум. Следовательно, данные элементы поступают с водами водоносного горизонта, испытывая минимальное влияние от объектов метрополитена.

На основании сказанного можно сделать вывод о том, что подземные воды, поступающие в сооружения метрополитена, уже подвержены загрязнению со стороны городской застройки. Метрополитен оказывает минимальное влияние на химический состав,

исключение составляют содержания нефтепродуктов.

Проведенный корреляционный анализ на основе обработки 1000 проб позволил выявить макроэлементы, оказывающие большое влияние на формирование сухого остатка. Во внимание принимались коэффициенты корреляции выше 0,5 (табл. 1).

Водозаборы, в водах которых обнаружен высокий коэффициент корреляции  $\text{SO}_4^{2-}$ -иона, расположены преимущественно в районах с высокой промышленной нагрузкой (крупные предприятия различных отраслей). Высокая степень загрязненности промышленных территорий, занимающих огромные площади города, оказывает влияние на все компоненты

геологической среды. Воды с высокими коэффициентами  $\text{Cl}^-$ -иона соответствуют территориям жилой застройки. Это объясняется высокой степенью износа инженерных сетей, их малой надежностью. Данные элементы при формировании сухого остатка играют ведущую роль (определяют состав воды).

При анализе общирного материала мониторинга в черте города наблюдается тенденция увеличения содержания в подземных водах хлоридов, сульфатов, общей жесткости и минерализации, а также возрастание агрессивности подземных вод.

Рассчитанные коэффициенты вариации по каждому элементу для всех водозаборов отражены в табл. 2.

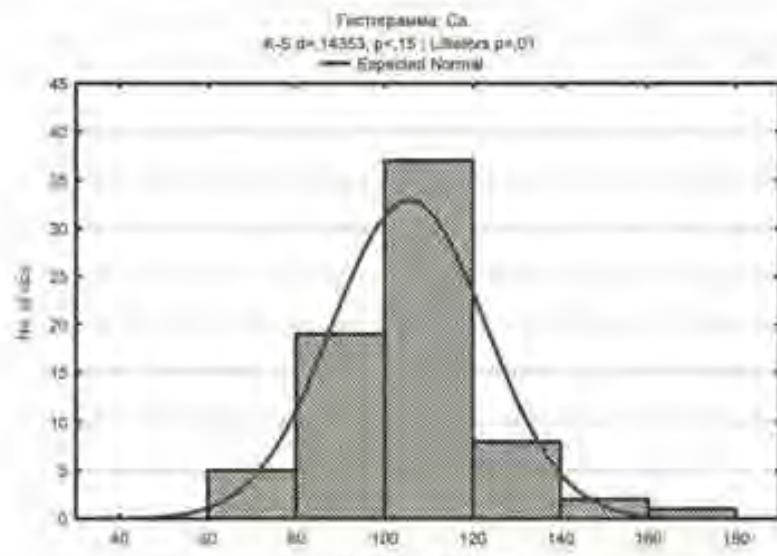


Рис. 2. Гистограмма распределения содержания Ca в дренажных водах станции Уральской

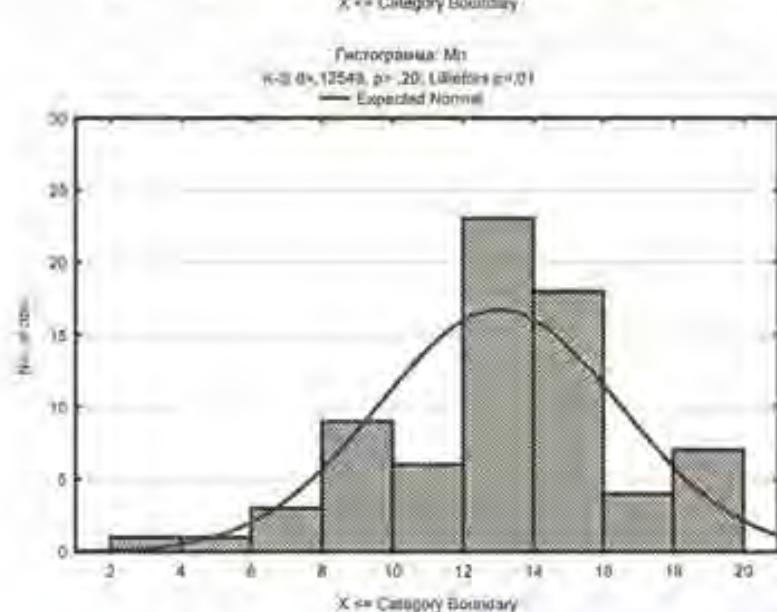


Рис. 3. Гистограмма распределения содержания Mn в дренажных водах станции Проспект Космонавтов

Таблица 1

Значения коэффициента корреляции содержания макрокомпонентов с сухим остатком в дренажных водах Екатеринбургского метрополитена

Водозабор	Коэффициент корреляции с сухим остатком		
	SO <sub>4</sub>	Cl	Ca
Пр. Космонавтов, ВОУ-1	0,62	-	-
Пр. Космонавтов, дренажная станция	-	0,53	-
Уралмаш, ВОУ-1	0,53	0,62	0,59
Уралмаш, ВОУ-2	-	0,75	-
Машиностроителей, ВОУ-2	-	0,52	-
ВОУ №26	0,54	0,54	-
ВОУ №27	0,53	-	-
ВОУ №28	0,59	-	-
ВОУ №30	0,68	-	0,66
ВОУ №34	0,62	0,50	-
Скважина №116	-	-	0,69

Таблица 2

Значения коэффициентов вариации элементов в дренажных водах Екатеринбургского метрополитена ( $N = 1000$ )

Элемент	Среднее, мг/дм <sup>3</sup>	Коэффициент вариации, %
Взвешенные вещества	2,00-6,85	28,31-89,09
Сухой остаток	235,50-875,65	7,93-26,89
pH	7,25-7,90	10,05-26,11
Нефтепродукты	0,07-0,16	23,70-382,78
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	50,45-185,00	13,67-39,12
Cl <sup>-</sup>	20,55-74,00	9,56-77,51
Fe	0,10-1,75	13,65-47,82
Ca	31,25-124,85	10,07-40,53
Mn	8,10-14,35	14,80-63,24

Нефтепродукты в дренажных водах испытывают сильнейшее влияние со стороны объектов метрополитена, их содержания ураганно изменяются в течение всего года. Минимальное значение соответствует водам скважины № 116 (ст. Геологическая), которая находится на некотором удалении от перегонных тоннелей.

Высокие значения коэффициента вариации по Mn в водах станции Машиностроителей и ВОУ № 29. Эти водозаборы, расположенные в непосредственной близости друг от друга, свидетельствуют о локальном участке повышенных содержаний. На поверхности данной территории несет высокую промышленную нагрузку (непосредственная близость территории завода «Уралмаш» и других промышленных предприятий). Это свидетельствует об отчетливой взаимосвязи содержаний макрокомпонентов в подземных водах и загрязняющих веществ поверхности.

#### Активизация процессов, связанных с работой водонапорных систем метрополитена

Для безопасной эксплуатации Екатеринбургского метрополитена производится постоянная откачка воды дренажными скважинами и водоотливными установками. Ежемесячно производится отбор проб воды для контроля за химическим составом дренажных вод.

Станция Проспект Космонавтов эксплуатируется под защитой дренажа, состоящего из 6 скважин, пущенных в эксплуатацию в 1992 году. Скважины работают с суммарным дебитом 332 м<sup>3</sup>/ч при динамическом уровне воды в скважинах от 19,0 до 28,0 м. При вводе в эксплуатацию дренажной системы отмечены изменения гидрогеологических условий: значительное снижение уровней подземных

вод, увеличение градиентов напора и скоростей потока.

Регулярные наблюдения за химическим составом дренажных вод начались с 1999 г. Средние значения взвешенных веществ за период наблюдений изменялись от 1,4 до 2,9 мг/дм<sup>3</sup> и не имеют тенденции к снижению.

При изысканиях, проведенных трестом «УралТИСИЗ» по трассе I-й линии метрополитена, отмечено:

1. С поверхности залегают глинистые грунты, мощностью до 8,0 м, характеризующиеся неоднородным составом.

2. Под глинистыми грунтами залегают скальные грунты, представленные вулканогенными породами основного состава различной степени выветрелости.

Процессы выветривания неоднозначно повлияли на фильтрационные свойства скальных грунтов – в одних случаях они привели к увеличению трещиноватости и повышению водопроницаемости массива, в других – к кольматации трещин и снижению фильтрационных параметров.

По результатам анализа состава дренажных вод на участке станции Проспект Космонавтов и по результатам расчетов выявлено, что ежедневный вынос взвешенных веществ составляет приблизительно 14,07 м<sup>3</sup> (при средней плотности 2,1 г/см<sup>3</sup>). Таким образом, за время эксплуатации суммарный объем составляет ориентировочно 196,98 м<sup>3</sup>.

Причинами выноса дренажными водами взвешенных частиц могут быть суффозионные явления. Основной действующей силой, которая может вызвать развитие суффозии, является высокая скорость движения фильтрационного потока при высоких значениях градиента напора [1]. В процессе суффозии происходит вынос мелких частиц элювия и заполнителя трещин.

Вынос мелких частиц может явиться причиной различных видов деформаций поверхности земли и вызвать неравномерные осадки существующих наземных и подземных зданий и сооружений. Также суффозия может возникнуть и развиться в основании станции, что может вызвать значительные и неравномерные осадки, нарушение устойчивости, деформации и разрушения.

## Выводы и рекомендации

После ввода в эксплуатацию I-й линии метрополитена в г. Екатеринбурге отмечены следующие изменения гидрогеологических условий: нарушение уровенного режима, увеличение скоростей и градиентов потока, изменение химического состава подземных вод. Данные изменения обуславливают дополнительные исследования:

– Оценка изменения уровенного режима позволит сделать прогноз осушения территории и отдельных водозаборов.

– Оценка и прогноз выноса взвешенных веществ дренажными водами для прогноза возможных деформаций зданий и сооружений.

– Оценка и прогноз изменения химического состава подземных вод в целом и на отдельных водозаборах, для контроля качества откачиваемой воды.

– В настоящее время весь объем откачиваемых вод сбрасывается без использования. После дополнительных исследований и разработки соответствующих программ возможно привлечение этих вод для промышленного водоснабжения предприятий.

– В последнее время все более активно рассматриваются вопросы освоения подземного пространства. Ведется разработка программ возведения заглубленных зданий и сооружений, строительства подземных гаражей, коллекторов и подземных транспортных тоннелей. Все это приведет к изменению геологической среды. На примере Екатеринбургского метрополитена возможно провести всестороннее изучение изменения и активизация инженерно-геологических процессов при проведении строительства, связанного с освоением подземного пространства.

Решение этих задач позволит снизить влияние неблагоприятных факторов, которые могут нанести вред комфорту проживанию населения и развитию инфраструктуры города.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: Недра, 1983. 510 с.
2. Лихов С. В. Проблемы строительства метрополитена в Екатеринбурге // Метро и тоннели. 2004. № 3.
3. Яровой Ю. И. Прогноз деформаций земной поверхности и защита городской застройки при строительстве метрополитенов на Урале. Екатеринбург, 1999. 257 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ Г. НАДЫМА

И. В. Абатурова, И. А. Носкова

На основе анализа материалов изучения инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий г. Надыма М 1:50000 (УГГУ, 2004 г.) рассмотрены основные закономерности распространения многолетнемерзлых пород, установлены факторы, влияющие на деградацию многолетнемерзлых пород и как следствие приводящие к деформации зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** многолетнемерзлые породы, техногенно нарушенная зона, деформации зданий и сооружений, деятельный слой, физико-механические свойства.

On basis analysis of materials of research engineering-geological, hydrological and geological conditions of city Nadym, main relationships of spreading of perennial frozen rock were examined, the factors, influenced on degradation of perennial frozen rock. Leading to deformation of buildings and constructions, were determined.

**Key words:** perennial frozen rock, technogenic-sicat zone, deformations of buildings, physical-mechanical properties.

Исследования, проведенные в ряде северных городов (Салехард, Надым), показали, что под влиянием техногенеза в пределах освоенных территорий отчетливо видны значительные изменения мерзлотно-геологических условий, которые приводят к ощутимым деформациям зданий и сооружений. Причем в последние годы этот процесс принял «главнообразный» характер. Резкое снижение контроля за строительством и эксплуатацией зданий и сооружений, отсутствие путей фильтрации атмосферных осадков, старая система коммуникаций вызвали негативные реакции не только на отдельных сооружениях, но и в пределах природно-территориальных систем криолитозоны в целом. В связи с этим еще на ранних стадиях освоения территорий необходимо изучать характер и особенности распространения многолетнемерзлых пород (ММП) и дать экспертную прогнозную оценку мерзлотного состояния природно-территориальных систем.

Техногенно нарушенная зона (г. Надым) в пределах изучаемой площади является очагом концентрированного техногенного влияния на природную обстановку, приводящего к развитию опасных для устойчивости зданий геокриологических процессов. Они выражаются в изменении теплового состояния грун-

тов и как следствие приводят к деформации зданий и сооружений. При изучении инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий г. Надыма в ходе инженерно-геологического обследования 92-х зданий и сооружений было установлено, что более 50 % из них в той или иной степени деформированы. Либо деформации достигли предела устойчивости зданий, которые в настоящий момент ликвидируются.

Инженерно-геологические условия площади весьма специфичны и определяются рядом факторов, среди которых можно выделить: физико-механические свойства пород, наличие многолетнемерзлых пород, формирование деятельного слоя, развитие инженерно-геологических процессов.

Город построен на останце первой надпойменной террасы и отчасти высокой поймы р. Надым, сложенных аллювиальными отложениями четвертичного возраста ( $Q_1-Q_4$ ), представленными кварцевыми песками различной зернистости (от пылеватых до среднезернистых) с примесью полевых шпатов и редко темноцветных минералов. Их мощность составляет 12-16 м, реже до 20 м. Аллювий повсеместно подстилается морскими, ледово-морскими осадками салехардской свиты, сложенными глинами, суглинками, песка-

ми с включениями и прослойками гравия, гальки и валунов. В ее кровле залегают глинистые грунты, являющиеся маркирующим горизонтом. ММП занимают около 20 % краевой части городской территории по периметру останца первой надпойменной террасы. Центральная часть города приурочена к талой зоне. Строение мерзлой толщи сложное – от ММП сливающегося типа через островную мерзлоту до заглубления кровли ММП на 10–15 м. В большинстве вскрытых пересечений кровли ММП контролируется контактом песчаных аллювиальных и глинистых моренныхложений. Мерзлые аллювиальные пески имеют суммарную льдистость от 0,35 до 0,66. Льдистость суглинков салехардской свиты от 0,15 до 0,9. С глубин 15–20 м залегают льдистые, высокольдистые породы до льдогрунтов.

К западу от города протягивается забо-  
лоченная с озерами и старицами надпоймен-  
ная терраса с реликтами первой надпоймен-  
ной террасы долина Старого Надымса. Восточ-  
нее «островка» города проходит в С-СЗ  
направлении широкая (до 3–6 км) долина р. Надым. Основное русло прижато к восточному  
крутому берегу первой надпойменной террасы. Долина «пронизана» многочисленными про-  
токами, старицами, старичными озерами и сильно заболочена. Долина р. Надым от  
р. Надым в восточном направлении до левого берега современного русла пересечена дам-  
бой автомобильной трассы, протяженностью  
6 км, с двумя пропусками – мостами по про-  
tokам. Подпор воды в периоды весеннего  
 половодья и летних паводков в многоводные  
годы вызывает подъем воды, заводнение долины.

Анализ физико-механических свойств грунтов показал, что аллювиально-эстuarные отложения IV террасы представлены разнообразными песками, супесями с прослойками суглинков и глин. В состав отложений террасы входят маломощные гравийно-галечные пласти, фиксируемые в основании разрезов, и погребенный торф. По данным гранулометрического состава пески преимущественно мелкие. Содержание фракции крупнее 0,1 мм составляет до 25 %, содержание глинистых частиц до 3 %. Угол естественного откоса в воздушно-сухом состоянии составляет 29–30°, пол-

водой 27–28°. По коэффициенту неоднородности пески неоднородные. Дисперсность глин IV надпойменной террасы невысокая.

Плотность грунтов не является постоянной. Она изменяется по разрезу. Значительные отклонения плотности обусловлены минеральным составом пород и присутствием органических остатков. Определения прочностных характеристик грунтов показали, что высокодисперсные породы IV надпойменной террасы характеризуются слабой степенью ли-тификации.

Аллювиальные отложения III надпойменной террасы представлены преимущественно мелкими песками с влажностью 0,279–0,291 д.ед. плотностью 1,78–1,88 г/см<sup>3</sup>. Углы естественного откоса находятся в пределах 28–29° в воздушно-сухом состоянии, 26° в водонасыщенным состоянии.

Аллювиальные отложения II надпойменной террасы по литологическому составу достаточно разнообразны, но преобладающими являются песчаные породы. Чаще всего пески мелкие и средней крупности, реже пылеватые и гравийные светло-серого, желтовато-серого цвета. Пески преимущественно косослонистые, кварцевые, в тяжелой фракции встречаются ильменит, гранат, эпидот и т. д. Коэффициент фильтрации песков средней крупности составляет 3,9–5,0 м/сут, мелких – 2,2 м/сут. Значения коэффициентов фильтрации определяются содержанием пылеватой фракции и увеличиваются с её уменьшением.

Аллювиальные отложения I надпойменной террасы довольно разнообразны по составу. Разрез представлен песками с маломощными прослойками суглинков и супесей. Как правило, зернистость песчаных толщ увеличивается с глубиной, а ближе к дневной поверхности преобладают пылеватые разности. Плотность песков мелких 1,69–1,81 г/см<sup>3</sup>, средней крупности 1,84 г/см<sup>3</sup>. Естественная влажность песчаных грунтов террасы меняется для мелких песков от 0,024 до 0,300 д.ед., для песков средней крупности – от 0,035 до 0,296 д.ед. Полная влагоемкость песков колеблется от 33 до 43 %.

Аллювиальные отложения поймы большей частью относятся к категории слабых грунтов. Пойменные отложения долины р. Надым имеют довольно выдержаный лито-

литический характер. В нижней части разреза лежат пески мелкозернистые, среднезернистые. Встречаются маломощные прослойки мелкого гравия и гальки. В средней части разреза появляются прослойки связных грунтов. Венчают разрез поймы супеси и суглинки. Все связные грунты обогащены органическим веществом. Содержание органики изменяется от 2 до 35 %. Пойменные отложения отличаются высоким содержанием влаги и высоким коэффициентом водонасыщения. В разрезах наблюдается тенденция к уменьшению влажности с увеличением зернового состава грунта.

Болотные отложения – торфяные грунты относятся к болотной провинции развития олиготрофных грядово-мочажинных торфяников. Одним из наиболее характерных свойств торфа является степень разложения. По этому показателю торф разделяется на слаборазложившийся (30-40 %), среднеразложившийся (50-60 %) и хорошо разложившийся (> 80 %); по степени влажности – на сухой (влажность до 35 %), влажный (до 70 %), сырой (до 80 %). Плотность, пористость зависят от степени разложения торфа, т. е. чем выше степень разложения, тем ниже пористость. Коэффициент фильтрации торfov находится в пределах от 0,52 до 70-100 м/сут. Высота капиллярного поднятия слабо разложившихся торfov 0,2-0,4 м, хорошо разложившихся – 0,6-1,2 м. Зольность торfov не превышает 5-6 %.

На изучаемой территории зафиксировано пучение мелких и пылеватых песков. Сезонное пучение начинается одновременно с промерзанием и продолжается в течение всего периода сезонного промерзания.

В региональном плане район исследований относится к зоне сплошного развития ММП с островами талых зон. Талики здесь приурочены преимущественно к руслам рек и имеют сквозной и несквозной характер.

Характерной особенностью района исследований является наличие крупной водной артерии – р. Надым, водная поверхность которой составляет около 1/4 занимаемой территории. Многолетнемерзлые породы в пределах городской территории имеют сложное строение.

При изучении инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических усло-

вий территории г. Надыма в М 1:50000 (2003-2004 гг.) была выполнена проходка шурфов около фундаментов зданий, позволившая установить верхнюю часть геологического разреза оснований, которая представлена техногенными песками средней и мелкой крупности. В некоторых случаях под слоем насыпных грунтов встречается слой торфа (дома по ул. Оптимистов, пос. ПСО 35, пос. Северное сияние, пос. Солнечный, пос. Югра). Далее до глубины 15,0 м (по данным исследований предшественников) разрез представлен верхне-плейстоценовыми алювиальными отложениями, сложенными песками мелкими и средней крупности. Глубже лежат глины морского генезиса, вскрытая мощность которых составляет до 5,0 м. В основном район застройки относится к территории распространения талых пород. Микрорайоны III-а, IV-а, VIII-а, IX-а находятся в участках сплошного распространения ММП. Предположительно кровля ММП расположена на 18-25 м от поверхности и вскрыта на глубине 13,0 м только одной скважиной при изысканиях жилого пятиэтажного дома в микрорайоне IV-а. По данным прошлых лет, кровля ММП при инженерно-геологических изысканиях на стадии рабочего проекта и рабочей документации под жилые дома вскрыта не была, так как глубина исследований по требованиям СНиП формально ограничивалась 10-15 м.

Первоначально здания и сооружения воздвигались по I принципу строительства – принципу сохранения мерзлого состояния грунтов основания. Этот принцип предусматривает применение теоретически обоснованных, оправдавших себя на практике способов: устройства проветриваемых (вентилируемых) зимой подпольй и применение подземных охлаждающих устройств, т. е. способов, гарантирующих полный отвод тепла, идущего от пода зданий к толще мерзлых грунтов. В этом случае применяется свайный тип фундамента с глубиной заложения не менее чем на 2 м больше максимальной глубины сезонного оттаивания грунтов. Данный тип фундамента считается довольно дорогим. Недостатком строительства в этом случае является невозможность провести полную изоляцию мерзлых грунтов от оттаивания, так как хотя бы небольшое ко-

личество тепла все же будет поступать в грунт. Дальнейшие исследования состава и свойств аллювиальных грунтов, слагающих основание, а также применение песков различной крупности для подсыпки позволили проектировщикам сделать вывод о возможности использования II принципа строительства – приспособление конструкций сооружений к осадкам оттаивающих и оттаявших оснований. Такой принцип строительства применяется при возведении сооружений на песчаных, гравелистых и других грунтах, уплотняющихся при оттаивании и не выдавливающихся. При проектировании фундаментов сооружений,озводимых на потенциально оттаивающих грунтах, необходимо предусматривать разрезку сооружений на отдельные жесткие отсеки, которые имеют возможность оседать независимо друг от друга. Жесткость отсеков предусматривается устройством системы жестких перекрестных ленточных фундаментов. Глубина заложения фундаментов на оттаивающем основании должна быть принята несколько больше глубины сезонного промерзания грунтов. При возведении зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах должны быть выполнены не только тщательные расчёты конструкций зданий, величины возможной осадки, величины чаши оттаивания, но и производиться правильная эксплуатация зданий и сооружений. Подобные правила предусматривают устройство вентилируемых подпольй, наличие термосважин, водостоков и достаточной ширины отмосток. Также должны быть приняты меры борьбы с возможным морозным пучением грунтов.

Строительство жилых и производственных зданий в г. Надыме началось с 1972 г. Первоначально эксплуатация велась с соблюдением всех выше перечисленных правил. Для наблюдения за изменением геокриологических условий в городе была организована мерзлотная станция. По данным наблюдений уже в первые годы эксплуатации большинство зданий подверглось осадке. Однако при своеевременно принятых мерах они или были приостановлены или затухали со временем. В период с 1992 г. после закрытия мерзлотной станции и из-за событий, происходящих в стране, пре-

кратилось систематическое наблюдение за осадкой зданий. Из-за отсутствия финансирования ослабилось наблюдение за содержанием зданий в надлежащем состоянии: водостоки не чистились, не обновлялись и со временем разрушились; отмостки не восстанавливались; вентиляционные окна подвалов заключены; вентиляционные скважины нарушены; вовремя не проводилась замена изношенных канализационных и водопроводных труб, что стало приводить к многочисленным их прорывам. Все это привело к нарушению теплового режима грунтов основания, к стоку ливневых и канализационных вод под фундамент, началу интенсивного изменения свойств грунтов, развитию экзогенных процессов (суффозия, заболачивание, пучение).

При инженерно-геологическом обследовании зданий и сооружений (УГГУ, 2004 г.) выявлено практически повсеместное наличие различных видов нарушений зданий и конструкций (начиная от тонких ветвящихся трещин штукатурки, заканчивая знающими трещинами блоков), нарушениями сплошности фундаментов, коррозией и изгибом свай, прогибами крыши и т. д. Также обнаружено, что практически у всех зданий, имеющих те или иные нарушения, отсутствуют водостоки или отмостки. Из 26 исследуемых зданий, имеющих степень износа более 30 %, у двух зданий (ул. Полярная, 4 и 10) не обустроены водостоки, сброс ливневых вод происходит под жилой дом. У остальных 24 зданий нет вентиляции подвалов и водостоков, у некоторых не обустроены подмостки. Плюс ко всему у большинства из этих зданий сброс канализационных вод производится под фундамент, в результате чего происходит заболачивание территории. Все эти неблагоприятные факторы привели к изменению глубины сезонного промерзания и протаивания, что было подтверждено детальными инженерно-геологическими исследованиями под 5-этажный жилой дом в МКР IV-а [2], к ухудшению свойств грунтов основания, к неравномерной осадке грунтов и в дальнейшем интенсивным разрушениям здания и несущих конструкций, что в некоторых случаях привело к невозможности их дальнейшей эксплуатации и выселению жильцов.

Таким образом, одной из главных причин деформаций зданий и сооружений является деградация ММП, которая возникла как следствие эволюции природных ландшафтов и многочисленных нарушений в эксплуатации подтопий и других охлаждающих геотехнических систем. Значительное место среди установленных причин занимает отсутствие цивилизованной канализации (в зданиях старой постройки). Вокруг септиков и в зонах сброса отходов образуются высокоминерализованные немёрзлые толщи с отрицательными значениями температур, которые являются достаточно агрессивными к различным элементам фундаментов. Утечки из канализационных систем современных зданий, отсутствие надёжных систем деаэрации воды приводят к катастрофически быстрым износам трубопроводов и как следствие формированию под зданиями незначительных озёр, приводящих впоследствии к увеличению глубины слоя сезонного оттаивания. Нерешённость в городе проблемы отвода ливневых, паводковых вод приводит к вымыванию грунтовых частиц оснований и развитию супфозионных процессов.

Другой немаловажной причиной является механизированное перераспределение снежных отложений с ежегодным формированием в одних и тех же местах в зимний период отвалов снега, что уменьшает зимнее охлаждение грунта. Несмотря на то, что осуществляется частичный вывоз снега с застроенных территорий перед началом или в период его таяния, во время паводков всё же происходит подтопление холодных подтопий. Уменьшение надёжности фундаментов связано и со снегозаносимостью продухов холодных проветриваемых помещений.

Серьёзные негативные изменения, приводящие к деградации ММП и увеличению глубины сезонного оттаивания, происходят при возведении и эксплуатации на многолетнемёрзлых грунтах тёплых сооружений с «полами по грунту». Такой принцип строительства не приемлем в районах развития ММП. Если ранее подоб-

ные объекты – «нарушители» были исключением, то в настоящее время в пределах г. Надымма их множество (павильоны, мелкие магазины, склады, гаражи). Эти объекты способствуют ухудшению геокриологической обстановки и сами испытывают серьёзные деформации.

В 1972 г. строительство зданий и сооружений в г. Надыме, как и во всей стране, было подчинено девизу «Пятилетку – за 3 года. Делай быстрее». В связи с этим в период строительства выторфовка слабых грунтов проводилась помимо, что через 10 лет явилось одним из факторов неравномерных осадок зданий и сооружений.

Строительство автодороги 107 км – Надым (1954 г.) послужило причиной изменения геокриологических условий территории и повлекло за собой деформации зданий вдоль полотна дороги. Особенностью автодороги является высокая дамба – насыпь (техногенный фильтрационный барьер), которая перекрыла естественный поверхностный сток, что привело к образованию болот вдоль дороги, соответственно к изменению температурного режима, образованию перелетков как в теле дамбы, так и за её пределами.

Таким образом, хозяйственное освоение территории г. Надым привело к деградации многолетней мерзлоты, увеличению глубины сезонного оттаивания, формированию перелетков, развитию инженерно-геологических процессов (супфозии, пучения, заболачивания), что, в свою очередь, влечёт за собой нарушение устойчивости зданий и сооружений. Для предотвращения происходящих явлений необходима правильная эксплуатация существующих зданий и сооружений, выполнение мероприятий по предотвращению дальнейшей деградации ММП. При новом строительстве необходимо производство более тщательного изучения инженерно-геологических условий, а также проведение изучения горизонта морских суплинков, в которых в основном и заливает кровлю ММП.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев В. А. Общее мерзлотоведение. М.: Изд. МГУ, 1978. С. 25-27.
2. Осокин А. Б., Попов А. П., Смолов Г. К. Отказы работы грунтовых оснований в сложных геокриологических условиях // Инженерная геокриология: Материалы II конференции геокриологов России. Т. 4, г. Надым. М., 2001. С 49-52.
3. Цытович Н. А. Сумгаш М. И. Механика мерзлых грунтов. М.: Высшая школа, 1973.
4. Цытович Н. А. Основания и фундаменты на мерзлых грунтах. М.: Изд-во АН СССР, 1958.
5. Хрусталев Л. Н., Кутовицкая Н. Б., Гребенец В. И. Геокриологические опасности в городах и поселках // Геокриологические опасности / Под ред. / Л. С. Гарагути. М., 2000. С. 151-157.

# УЧЕБНАЯ РАБОТА

Приемления подготовки  
специалистов и магистров:

Горное дело

Геология и разведка полезных ископаемых  
Геодинамические машины и оборудование  
Электротехника, электромеханика и  
энергетическая технология

Автоматизация и управление

Горнодобывающее оборудование

Информатика и вычислительная техника  
Менеджмент

Горнодобывающей промышленности:

Специальность: горного профессионального образования

Экономика и управление на предприятиях

Менеджмент организаций

Информационные системы и технологии

Стандартизация и сертификация

Прикладная математика

Геологическая съемка, поиски и разведка

Месторождений полезных ископаемых

Поиски и разведка подземных вод и инженерно-

геологические изыскания

Геофизические методы поисков и разведки

Месторождений полезных ископаемых

Прикладная геохимия, петрология, минералогия

Технология и техника разведки месторождений

полезных ископаемых

Геофизические методы исследования скважин

Маркшейдерское дело

Подземная разработка месторождений полезных

ископаемых

Обогащение полезных ископаемых

Шахтное и подземное строительство

Открытые горные работы

Взрывное дело

Технология художественной обработки

камня

Горные машины и оборудование

Машины и оборудование нефтяных и газовых

комплексов

Электропривод и автоматика промышленных

становок и технологических комплексов

Автоматизация технологических

процессов и производств

Автоматизированные системы обработки

информации и управления

Земельный кадастровый

Городской кадастровый

Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Инженерная защита окружающей среды

Безопасность технологических процессов и

производств

Геология нефти и газа

Художественное проектирование ювелирных

изделий

Защита в чрезвычайных ситуациях

Природоохранное обустройство территорий

Управление персоналом

Реклама



"Среднего профессионального образования:

- Экономика и бухгалтерский учет (в горной промышленности)
- Менеджмент (в горной промышленности)
- Открытые горные работы
- Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования
- Автоматизированные системы обработки информации и управления
- Аналитический контроль качества химических соединений
- Стандартизация и сертификация продукции
- Градостроительный кадастр
- Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования
- Правоохранительная деятельность
- Государственное и муниципальное управление
- Реклама
- Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы
- Контроль качества металла и сварных соединений
- Организация перевозок и управление на транспорте
- Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов
- Пожарная безопасность
- Садово-парковое и ландшафтное строительство
- Строительство тоннелей и метрополитенов

"Начального профессионального образования:

- Изготовитель художественных изделий из камня (резчик по камню, токарь по камню)
- Обработчик алмазов (гранильное производство), облицовщик алмазов, отравщик алмазов в бриллианты, расшивщик алмазов
- Ювелир
- Водитель категории "В"



## НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

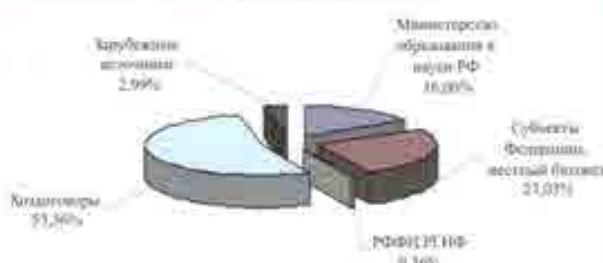
В Уральском государственном горном университете научные исследования, проводимые 15 научными школами, выполняются по 10 отраслям наук. Вуз имеет более 25 лицензий на различные виды геологосъемочных, топографо-геодезических, маркшейдерских, землеустроительных, экологических, взрывных, проектных работ; на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания, образовательные услуги, экспертизу готовности предприятий к ведению лицензируемых видов деятельности.

**Подготовка кадров высшей квалификации** ведется по 27 специальностям шесть отраслей наук; имеется три совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук по восьми специальностям и один совет по защите кандидатских диссертаций по двум специальностям.

### Приборно-лабораторная база научных исследований:

- специализированные лаборатории кафедр и ОХНИР, оборудованные при непосредственном участии предприятий-партнеров и под их производство;
- научно-производственное объединение;
- научно-аналитический центр;
- конструкторские бюро;
- студенческое научно-производственное объединение;
- специализированные полигоны;
- горнопромышленные производства.

Составление бюджетного финансирования научной деятельности из различных источников



### Уральская горнопромышленная декада

В УГГУ этот крупнейший российский форум проводится ежегодно. Программа декады традиционно включает Всероссийскую научно-практическую конференцию «Непрерывное образование, взаимодействие с работодателем», «Уральская горношкола - регионам», Молодежную научно-практическую конференцию, Ярмарку студентов, олимпиады по математике, физике, иностранным языкам, чемпионат университета по программированию, Форум народов Урала.

Особое внимание уделяется Федеральной программе «Урал промышленный - Урал Полярный», реализации которой вуз принимает активное участие.



## СОЦИАЛЬНО-ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ

УрГУ играет исключительную роль в развитии экономики Уральского региона и всей страны. В университете ведется подготовка инженеров по 34 специальностям, спрос на которых сегодня превышает предложение выпускников.

УГУПУ принадлежит инициатива создания Уральско-промышленного университетского комплекса (УРГУК). Это вертикально интегрированный инновационный холдинг, где предприятия тесно взаимодействуют с университетом и оказывают финансовую поддержку подготовки специалистов. В УРГУК входит более 50 крупных предприятий, таких как УГМК-холдинг, СУАЛ-холдинг, Качканарский ГОК «Ванадий», «Тюменьпромгеофизикон», «Ураласбест» и других), 23 горно-геологических предприятия, 13 учреждений начального профессионального образования из Свердловской, Пермской, Челябинской, Кемеровской, Оренбургской, Курганской, Сахалинской областей, Башкортостана и Казахстана.

Ближайшим социально-инновационным проектом является система непрерывного вертикально и горизонтально интегрированного образования. В школах жителей малых городов и удаленных территорий вуз создает территориальные образовательные центры, в которых под эгидой университета размещаются своим имуществом, зданиями, ресурсами учреждения общего школьного, начального, среднего, высшего профессионального образования и администрации-работодателя. Такой Центр успешно существует в г. Североуральске. Одной из важных составляющих этой деятельности является сотрудничество с педагогической общественностью - ректор УГУ Николай Косарев возглавляет региональное собрание новой общественной организации «Всероссийское педагогическое собрание».

Среди наших достижений - создание технопарков, предназначенных для комплексного освоения территории, участие в правительстве программе «Урал промышленный - Урал Полирный».

В Горном университете сформирована система духовно-нравственного и эстетического воспитания, выделившаяся на основе российской национальной культурной традиции не только студентов, преподавателей, но и население Екатеринбурга и Свердловской области. Создан Центр содействия национально-культурным объединениям Свердловской области и Молодежная ассоциация этнокультурных единений. Целью данных проектов является гармонизация межнациональных отношений, укрепление российского многонационального единства. Решительным итогом этой работы стал проект Парка народов Урала, строительство которого запланировано в Ботаническом районе Екатеринбурга.

Особое внимание уделяется координации воспитательной работы со всеми традиционными конфессиями Урала. По решению трудового коллектива под руководством Екатеринбургской епархии при вузе воссоздается храм Святителя и Чудотворца Николая - первый Храм Горняков России.



## МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

УГГУ ведет подготовку профессиональных и научных кадров для зарубежных стран – партнеров с 1947 года и имеет большой опыт работы с иностранными учащимися всех категорий – студентами, аспирантами, стажерами, докторантами, слушателями курсов повышения квалификации.

За это время подготовлено свыше 900 специалистов для геологической, горнодобывающей, экономической и других отраслей стран Америки, Европы, Азии и Африки, США, Германии, Польши, Чехии, Венгрии, Болгарии, Румынии, Китая, КНДР, Монголии и др.

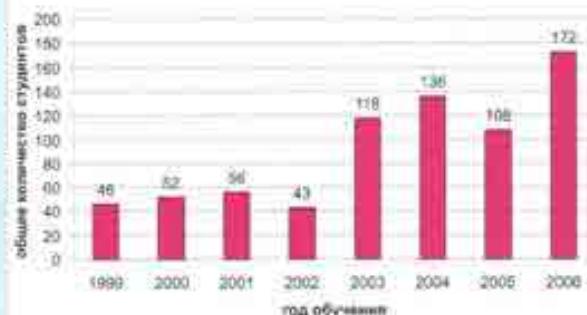
Многие из них в настоящее время являются руководителями министерств, горнопромышленных предприятий, образовательных учреждений, занимают высокие государственные посты.

УГГУ успешно сотрудничает с ведущими зарубежными университетами, научными центрами и компаниями США, Канады, Австралии, Германии, Франции, Великобритании в области образования и научной деятельности.

Достижения ученых и преподавателей университета неоднократно отмечались высшими наградами на Всемирном конгрессе и международных выставках.



Динамика изменения численности иностранных студентов УГГУ в период с 1999 г. по 2006 г.



Австралия



Армения



Великобритания



Германия



ЮАР



Монголия



Канада



Казахстан



Узбекистан



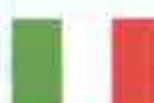
Чехия



Франция



Мексика



Италия



Израиль



Индия



УДК 519.256.6222

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ

В. С. Хохряков, С. В. Корнилков,  
Ю. И. Лель, А. Д. Стариков, Ю. В. Терехина,

В статье на основе линейной стратегии проектирования в отличие от общепринятой циклической предлагается новый метод оптимизации, особенность которого состоит в том, что технико-экономическому сравнению подлежат не отдельные параметры карьера или модели горного оборудования, а их комплексы, сформированные по технологическим условиям. Варианты комплексов подвергаются экономической оценке на базе принятых в современной практике финансирования производства критериев – ЧДД и др., рассчитанных методом потока денег (cash flow). Установлено, что при проведении долгосрочных (стратегических) расчетов на предпроектных стадиях необходимо отдавать предпочтение энергетическому критерию, обладающему большой чувствительностью по сравнению с экономическими. Приведены примеры реализации разработанного метода для установления экономически целесообразных параметров открытой разработки Курмановского месторождения хромитовых руд и обоснования оптимальной глубины перехода на тоннельное вскрытие глубоких горизонтов Костомушского карьера.

*Ключевые слова:* комплексный подход, оптимизация, метод, экономическая оценка.

A new method of optimization is suggested, the peculiarity of which is in the fact that not separate parameters of quarry or models of mining equipment are subjected to technical-economic comparison but their complexes, being formed according to technological conditions. Variants of complexes are subjected to economic assessment on the basis of criteria adopted in modern practice of production financing, calculated by a method of cash flow. It is established that while carrying out long-term (strategic) calculations at pre-designing stages it is necessary to give preference to energy criterion, possessing high sensitivity in comparison with economic ones. Examples are given for application of a developed method in establishing of economically expedient parameters of open cut mining of Kurmanovsky deposit of chrome ores and substantiating optimal depth of passing onto tunnel development of deep horizons of Kostomukshsky quarry.

*Key words:* complexes of quarry, optimization, method, economic ones.

Начавшееся в 1930-е годы крупномасштабное для тех лет проектирование строительства новых карьеров потребовало теоретических обоснований, которые ограничивались, однако, в основном лишь задачами определения конечной глубины открытой разработки. Теории проектирования карьеров как раздела в горной науке и в учебниках не было.

Основные положения современной теории проектирования карьеров были заложены еще

в 1950-1960-е годы в трудах В. В. Ржевского и А. И. Арсентьева [1, 6, 7]. При этом в практике сложилась определенная последовательность решения задач, составляющих существо проекта карьера, согласно которой вначале определяются границы карьера, прежде всего конечная глубина и положение вскрывающих выработок к концу его отработки, затем последовательно устанавливается производственная мощность предприятия и решаются

другие технологические задачи инженерного обеспечения горного производства. При этом все технико-экономические показатели устанавливались не так называемый расчетный год, характеризующий, как правило, выход карьера на проектную производительность или близкий к нему.

В отличие от существовавшего тогда статического подхода, позднее был предложен, а затем развит динамический подход, при котором карьер рассматривался, т. е. проектировался и рассчитывался развивающимся в течение всего периода эксплуатации. В технологической части проекта этот подход реализовывался путем горно-геометрического анализа карьерного поля в установленных границах разработки, который стал важнейшей частью проектов в части обоснования производственной мощности предприятия по полезному ископаемому и вскрыше.

Несколько позднее динамический подход получил развитие и оформление благодаря стоимостному учету фактора времени, т. е. количественному сопоставлению разновременных затрат и доходов на протяжении всего срока эксплуатации карьера [11] или на период отработки, не превышающий 20 лет. Затем теория проектирования карьеров дополнялась математическим моделированием месторождений и горных работ, теорией транспортных систем [15], методиками САПР и другими вопросами.

В рамках сформировавшейся парадигмы выработался практический алгоритм решения задач горной части проекта карьера, была создана серия учебников и научных трудов, составлены учебные планы подготовки горных инженеров и др. Такой подход в основных своих чертах сохранился до конца XX века и характеризуется прежде всего циклическим, итеративным процессом принятия и уточнения решений, поскольку главные параметры открытой разработки (глубина, производительность, срок отработки, погашаемые запасы, общая схема размещения объектов предприятия) взаимозависимы [10, 12].

Отработанный порядок соответствовал практике государственного финансирования горной промышленности и проектных организаций, принятым критериям оценки технических решений, в особенности еще и потому, что риск инвестирования строительства горнодо-

бывающих предприятий принимало на себя государство.

Вместе с тем по мере накопления опыта проектирования и анализа степени соответствия реальных показателей горных работ принятым проектным решениям в научной литературе стали высказываться предложения о совершенствовании теории проектирования, о необходимости новых подходов [2, 9, 12, 14].

Изменчившиеся в 90-х годах экономические и организационные условия горного производства, в частности появление новых директивных документов (СП 11-101-95, СНиП 11-01-95, Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования, М., 1994 и пр.) и прежде всего переход к новым формам финансирования проектирования и производства, существенно изменили условия проектирования и требования к проектам. Это, в свою очередь, привело к необходимости пересмотра многих положений теории и подходов к проектированию карьеров, особенно в части методов выбора оборудования, оптимизации параметров карьера, экономических оценок технических решений и др.

Поскольку массовое проектирование строительства новых крупных карьеров в основном прекратилось, эти новые требования наиболее отчетливо проявились в приложении к малым карьерам, проектирование которых в настоящее время осуществляется по инициативе частных лиц или акционерных обществ с жесткими требованиями к обоснованию размеров инвестиций и сроков разработки технико-экономических обоснований, бизнес-планов, ходатайств о намерениях инвестирования и пр. При этом все расчеты, как правило, должны быть многовариантными, особенно на предпроектных стадиях инвестиционного замысла, выбора общей стратегии и очередности развития и строительства предприятия.

В статье в качестве одного из теоретических положений предлагается включить в теорию проектирования новый порядок оптимизации главных параметров карьера – конечной глубины и производственной мощности.

Как это уже отмечено выше, традиционный порядок проектирования предусматривает последовательное пошаговое решение этой

задачи. На первом шаге рассматриваются варианты конечной глубины карьера  $H_c$ , производится их технико-экономическая оценка, в результате которой находится оптимальное значение  $H_{opt}$ , затем в выбранных границах рассматриваются варианты производственной мощности карьера  $A$ , и в результате технико-экономических расчетов принимается оптимальное значение  $A_{opt}$ , на основании которого рассчитывается срок отработки карьера  $T_c$ .

Полученные при этом параметры  $H_{opt}$  и  $A_{opt}$  строго говоря, нельзя признать оптимальными. При этом подходе для достаточно обоснованных результатов уже на 1-м шаге необходимо было бы в каждом оцениваемом варианте глубины принимать несколько вариантов  $A$ , т. е. осуществлять оптимизацию в комплексе. Другими словами, целью должна быть не оптимизация отдельных параметров, а оптимизация их взаимозависимых сочетаний.

Оптимальный комплекс, отвечающий принятым критериям и дающий наибольший экономический эффект, будет представлять несколько параметров, каждый из которых, если его рассматривать отдельно, не обязательно может быть оптимальным, но совокупность сочетаний этих параметров является наилучшей. В разных задачах те или иные параметры могут быть искомыми или могут быть заданными и приняты в качестве ограничений. В качестве примеров методики расчетов для условий круглогодящих месторождений могут быть приведены следующие задачи.

Для установления экономически целесообразных параметров открытой разработки Курмановского месторождения хромитовых руд на стадии разработки конкурсных технико-экономических показателей производилась оценка календарных графиков ведения горных

работ, соответствующих некоторым вариантам глубины карьера. Перед горно-геометрическими расчетами предварительно приняты ориентировочные значения конструктивных углов погашения нерабочих бортов ( $37\text{--}39^\circ$ ), которые были распространены на все последовательно оцененные варианты глубины разработки.

Первоначально была оценена предельная глубина карьера, обеспечивающая полное погашение выставленных на конкурс заявок (табл. 1). Производительность по вскрытие и динамика текущих коэффициентов вскрыши для каждого из последовательно рассмотренных вариантов установлена на основании горно-геометрического анализа карьерного поля. Критериями для оценки приняты максимум чистого дисконтированного дохода и сроки (минимальные) окупаемости инвестиций ( $T_{oc}$ ). Удельные экономические показатели разработки были приняты по аналогичным железорудным карьерам, поскольку разработка хромитов в данном регионе давно не велась. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Из приведенных данных следует, что при наибольшей глубине и интенсивности ведения горных работ разработка месторождения убыточна из-за чрезмерно высоких текущих коэффициентов вскрыши, резко ухудшающих экономику добычи. При сокращении скорости понижения горных работ и, соответственно, снижении производительности карьера по руде до 300 тыс. т/год, а также сокращении предельной глубины разработки до 66 м эксплуатация месторождения становится весьма эффективной. Вместе с тем, как это следует из табл. 1, предельная безубыточная глубина разработки может достигать 126 м, обеспечивая при этом наибольший объем погашаемых запасов.

Таблица 1  
Технико-экономическое обоснование производительности и границ карьера

Глубина, м	$A_{p, \text{мес}}$	$K_p, \text{м}^3/\text{т}$	$T_{cyc}, \text{лет}$	$T_{ep}, \text{лет}$	$V_{pr, \text{чтгм}}$	$U_r, \text{м}/\text{год}$	ЧДД, млн долл.	$T_{oc}, \text{лет}$
186	550	10,9	10,0	1,5	3,2	18-21	-15,7	-
	550	6,0	6,5	1,5	1,3	18-21	-11,0	-
126	450	5,1	8,0	1,0	0,7	16-18	-4,5	-
	300	2,25	11,0	1,0	0,7	10-11	0,5	6,5
106	300	1,50	10,0	1,0	0,7	10-11	5,8	6,0
	300	0,8	7,0	1,0	0,7	10-11	9,1	3,0

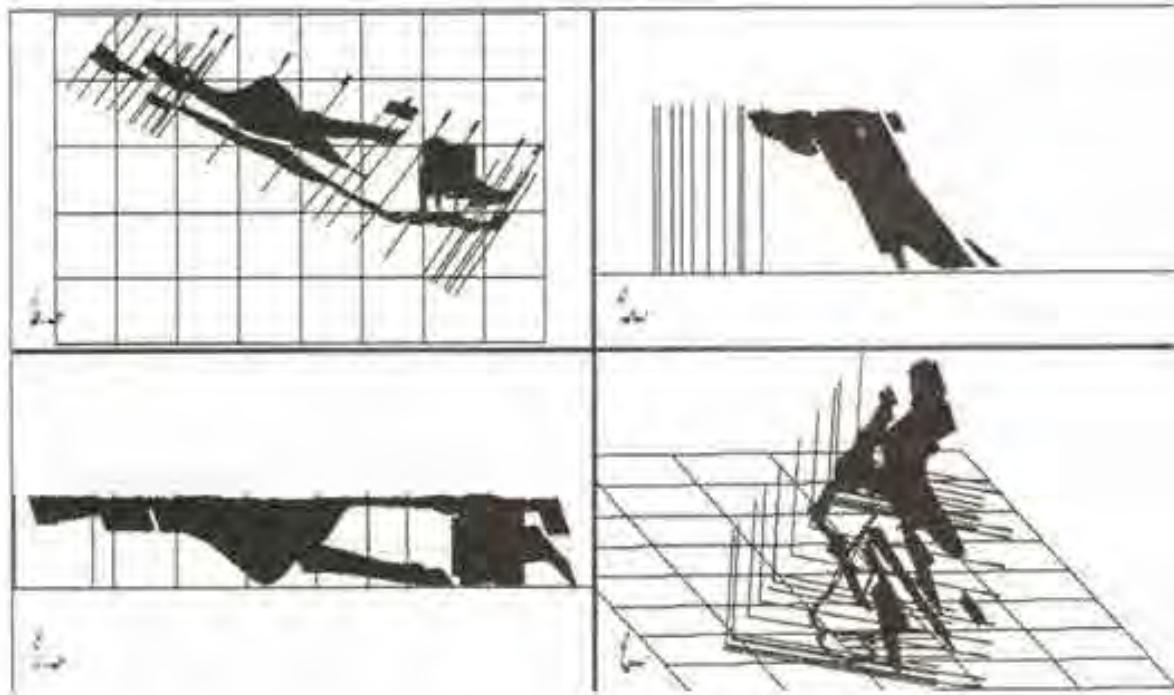


Рис. 1. План, продольная и поперечная проекции залежей  
и объемная модель Курмановского месторождения  
при бортовом содержании  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , 10 %

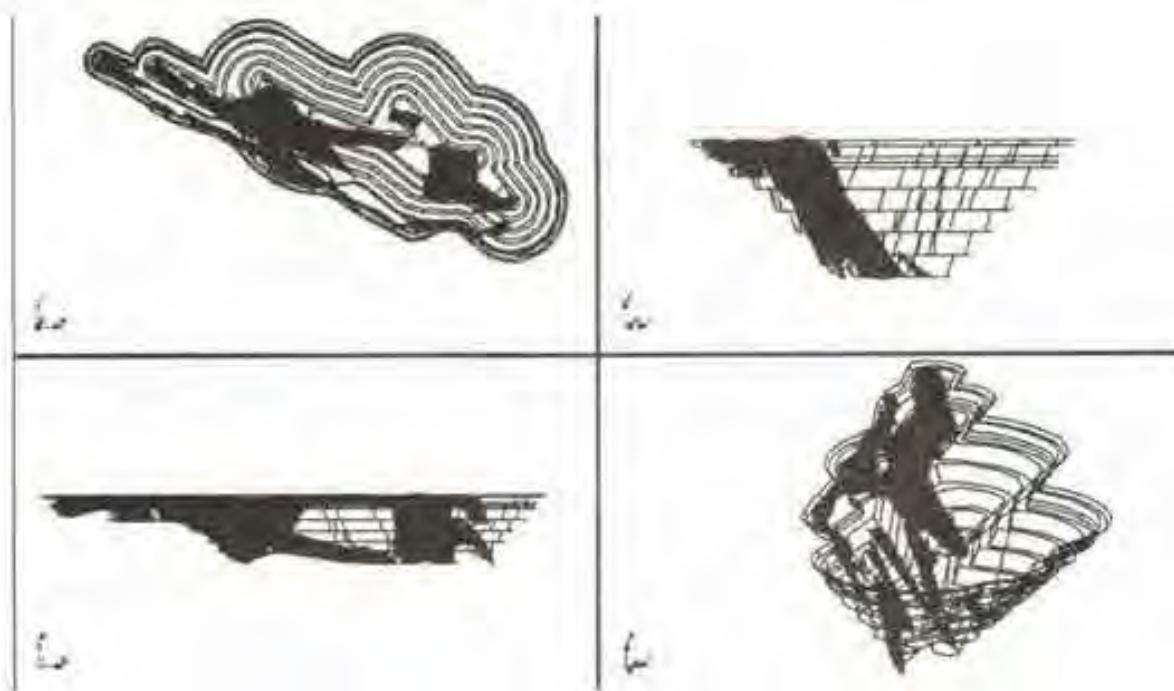


Рис. 2. Объемное представление, план, поперечная и продольная проекции  
по одному из вариантов предельных границ карьера

Впоследствии Курмановское месторождение было доразведано, уточнены границы рудных тел и осуществлено распределение в них хромшпинелидов, поэтому возникла задача обоснования рациональных параметров открытой разработки на стадии утверждения ТЭО временных разведочных кондиций. Объемное представление уточненных границ рудных тел приведено на рис. 1.

При обосновании временных разведочных кондиций использовался ранее апробированный подход. Производительность по хромитовой руде определена исходя из заданного заказчиком годового производства концентрата с учетом среднего содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (12,98; 16,31; 21,35 %) в добываемых рудах по вариантам бортового содержания. Возможные варианты конечной глубины отработки генерировались методом объемного компьютерного моделирования с использованием упрощенных твердотельных аналитических моделей предельных границ карьера с результатирующими углами наклона 37–39° (рис. 2).

Производительность карьера по вскрыше определялась укрупнению, по вычисленному в результате моделирования среднему коэффициенту вскрыши, что для предварительной стадии расчетов допустимо.

Экономическая оценка полученных вариантов календарных графиков отработки карьера в различных вариантах его глубины и для различных вариантов бортового содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  приведена в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что обоснованные ранее границы разработки в целом соответствуют уточненным геологическим данным, поскольку установленная экономически эффективная глубина разработки составила 52 м, а бортовое содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  10 % может быть рекомендовано для дальнейшего подсчета запасов.

В свою очередь, оперативный расчет чистого дисконтированного дохода в диапазоне варьирования коэффициента дисконтирования от 10 до 40 %, косвенно характеризующего экономический риск реализации оцениваемых решений, показал, что в оцениваемых горно-геологических условиях разработки принятая глубина разработки является предельной. Во всех случаях при увеличении глубины карьера до 76 м чистый дисконтированный доход

становится отрицательным, в том числе при бортовом содержании  $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 15 \%$  и  $E = 40 \%$ . Дальнейшие детальные экономические расчеты подтвердили правомерность примененной методики.

Приведенные примеры показывают, что основными особенностями предлагаемого метода предпроектной оценки главных параметров открытой разработки являются использование упрощенных моделей предельных контуров карьера, обеспечивающих устойчивость бортов и ориентировано учитывающих возможность размещения на них транспортных берм и берм очистки; применение укрупненных горно-геометрических расчетов при обосновании календарного графика разработки или расчет производительности по вскрыше на основании вычисленного среднего коэффициента вскрыши, применение при экономической оценке удельных стоимостных показателей, принятых по достигнутым показателям ведения горных работ в аналогичных условиях. Для сокращения рассматриваемых вариантов и целеправленного поиска рационального соотношения искомых параметров открытой разработки рекомендуется начинать их совокупную оценку с наибольшей глубины карьера, соответствующей нижней границе разведанных запасов. В этом случае общая стратегия получения оптимальных решений становится нелинейной.

Изложенное указывает на то, что в зависимости от горнотехнических и экономических условий, а также требований инвестора в практике могут оказаться востребованными задачи с различными сочетаниями параметров, подлежащих определению, с разными показателями исходных данных и критериями оценки, среди которых наиболее распространены следующие:

1. Определить производственную мощность  $A$ , глубину  $H$ , и размеры карьера  $L\text{Ч}B$ , обеспечивающие в комплексе достижение максимального дохода, если запасы месторождения  $Z$  условно неограничены, а заданными являются срок эксплуатации карьера  $T$ , величина капиталовложений  $K$  и срок окупаемости  $t_{\text{ок}}$ .

2. Определить требуемый объем капитальных вложений  $K$  и глубину карьера  $H$ , если заданы производственная мощность  $A$ , срок окупаемости  $t_{\text{ок}}$ .

Результаты технико-экономической оценки эффективности разработки  
Курмановского месторождения хромитовых руд

Показатель	Значения по вариантам						
Глубина отработки, м.....	12	28	36	40	52	76	100
<i>Бортовое содержание – 5 %</i>							
Срок оценки, лет.....	6	9	10	10	12	14	17
Инвестиции, всего, млн руб. ..	16,92	19,285	22,378	23,74	34,298	63,226	71,645
ЧДД при Е = 20 %, млн руб. ...	32,1	40,0	37,1	35,4	30,0	-15,4	-50,6
ВНД, % .....	> 40	> 40	33,23	29,40	18,08	< 10	< 10
ИД, ед. ....	2,90	3,08	2,66	2,49	1,87	0,76	0,29
Срок окупаемости инвестиций, лет.....	1	1	2	2	2	8	—
<i>Бортовое содержание – 10 %</i>							
Срок оценки, лет.....	5	6	7	8	10	12	13
Инвестиции, всего, млн руб. ..	19,291	21,991	22,249	22,360	22,638	38,281	66,316
ЧДД, млн руб.:							
при Е = 10 %.....	—	—	—	—	—	37,8	3,4
20 %.....	28,3	31,7	35,5	37,3	41,1	14,5	-15,7
30 %.....	22,9	24,0	25,9	26,7	28,2	—	—
40 %.....	18,8	18,3	19,2	19,6	19,9	—	—
ВНД, %.....	38,80	33,52	35,45	36,11	36,70	< 10	< 10
ИД, ед. ....	2,47	2,44	2,60	2,67	2,82	1,38	0,76
Срок окупаемости инвестиций, лет.....	1	1	1	1	1	4	7
<i>Бортовое содержание – 15 %</i>							
Срок оценки, лет.....	4	6	6	6	6	7	7
Инвестиции, всего, млн руб. ..	17,870	18,540	19,961	20,606	22,484	27,247	58,411
ЧДД, млн руб.:							
при Е = 20 %.....	28,5	38,8	37,5	36,9	35,1	30,1	-15,6
30 %.....	20,4	24,8	23,2	22,5	20,4	—	—
ВНД, %.....	> 40	> 40	> 40	> 40	36,53	23,17	< 10
ИД, ед. ....	2,60	3,10	2,88	2,79	2,56	2,11	0,73
Срок окупаемости инвестиций, лет.....	1	1	1	1	1	2	5

3. Определить производственную мощность  $A_p$ , срок эксплуатации  $T$ , если задана глубина карьера  $H_p$ , запасы в контуре карьера  $Z$ , предельно допустимые капиталовложения  $K$  и срок окупаемости  $I_{oc}$ .

4. Установить рациональное сочетание производительности карьера по руде и вскры-

шем  $A_p$ ,  $V$  и глубины разработки  $H_p$ , обеспечивающие наилучшие сроки окупаемости вложений и дисконтированный доход.

5. Обосновать допустимую (необходимую) глубину разведки месторождения, обеспечивающую его эффективную эксплуатацию и финансовый риск принятия решений и пр.

В общем виде все перечисленные и другие задачи такого класса могут быть записаны в виде соотношения

$$\text{Opt}(H_p A_p T_p Z_p K_p t_w \dots) \rightarrow \text{ЦДЛ} \quad (1)$$

Предлагаемый метод оптимизации сочетания параметров наиболее применим на первоначальных этапах освоения месторождений и предназначается для проведения приближенных экономических расчетов, позволяющих оперативно определять основные параметры будущего карьера, предварительно оценив целесообразность вложения средств, в том числе на приобретение права собственности, на проведение дополнительной геологической разведки и технологических испытаний для определения качества товарной продукции и цены будущего объекта и др.

На предпроектной стадии к методике технико-экономических обоснований и оптимизации параметров карьеров предъявляются следующие требования:

1. Расчеты, в отличие от обычного сметно-технологического проектирования, должны, как правило, по требованию инвестора выполняться в кратчайшие сроки (десетки дней, а не месяцев). Если раньше подобные вопросы решались на основе проектных проработок, выполнение которых занимало несколько месяцев, то в условиях динамичной конкурентной ситуации обоснование требуется выполнить быстро, иногда в течение нескольких дней. Поэтому время на принятие решений по многим вопросам, связанным с необходимостью вложения значительных затрат, например на приобретение лицензий, доразведку месторождения, приобретение нового оборудования, оказывается сильно ограниченным.

2. Оценке должно подвергаться достаточно большое количество возможных вариантов для расширения диапазона разных значений оцениваемых параметров и граничных условий, что позволяет при отсутствии достоверных исходных данных повысить обоснованность выводов и рекомендаций.

3. Экономические расчеты могут быть хотя и приближенными, но достоверными, т. е. опираться на реальные цены, нормативы платежей, учитывать правовые требования и, кроме того, должны учитывать динамическую

картины процесса реализации с указанием ежегодных расходов и доходов по всем видам основных затрат за длительный период времени или за весь срок действия оцениваемого объекта. Все расчеты требуется выполнить, как правило, в нескольких вариантах для разных значений исходных данных.

Последнее требование обуславливает необходимость повышения надежности исходных экономических показателей, поскольку поиск и обоснование аналогов в настоящее время затруднен – текущие затраты предприятий являются данными служебного пользования. Поэтому все большую актуальность имеют методики расчета, основанные на использовании многофакторных корреляционных моделей [12].

При обосновании стратегии ВГОКа по развитию горнорудной базы НТМК до 2025 г. и прогнозе удельных текущих затрат на открытую разработку были использованы упрощенные корреляционные зависимости, рекомендуемые для предпроектных экспресс-оценок Горным бюро США [5]. Использование такой методики при прогнозировании себестоимости открытой добычи, на наш взгляд, рационально, так как она позволяет учесть в себестоимости добычи налоги, относимые на текущие затраты, а действующая в нашей стране система налогообложения близка к американской по доле налогов (около 37 %). Кроме того, методика, в отличие от известных отечественных, напрямую учитывает расстояние транспортирования руды по поверхности (табл. 3).

Для обоснования допустимости использования методики Горного бюро нами приведено сопоставление с фактическими показателями работы карьеров ВГОКа, результаты которого свидетельствуют о том, что погрешность расчетов не превосходит 10–12 %, что для прогнозирования на длительный интервал времени вполне допустимо.

Методика горного бюро США откорректирована применительно к условиям российских карьеров небольшой производительности и реализована в виде следующих корреляционных соотношений (долл/т):

$$K = 15,05A^{-0,185}L^{0,477}C^{0,047}, \quad (2)$$

$$C = 3,15A^{-0,088}L^{0,864}C^{0,006}, \quad (3)$$

Расчетные данные для технико-экономической оценки  
вариантов открытой разработки поддержания рудной базы ВГОК

Объект разработки	Производительность по руде, тыс. т/год	Средний коэффициент вскрыши, м/т	Расстояние транспортирования руды, км	Суточная производительность по горной массе, т	Себестоимость добычи 1 т руды, долл/т
Естьонинские отвалы.....	200,0	0	2,5	560	4,13
Медиорудянский карьер.....	50,0	3,0	4,5	1316	7,31
Глазный карьер.....	180,0	2,0	6,0	1008	6,83
Лагерное месторождение.....	350	3,8	8,0	11412	3,60
Выйтское месторождение.....	300,0	3,1	3,0	8134	3,57
Южный участок ГБРУ.....	200,0	1,9	2,5	3540	3,98
Северный участок ГБРУ.....	400,0	2,1	2,5	7709	3,03
Александровский карьер.....	500,0	2,3	11,0	10420	3,03
Оскокинский карьер.....	600,0	3,5	11,0	18151	2,98
Валуевская аномалия.....	160,0	1,3	9,5	2080	4,52

где  $A$  – производительность по полезному ископаемому, млн т/год;  $K_{\text{вс}}$  – величина среднего коэффициента вскрыши, т/т;  $L$  – дальность транспортирования горной массы, км.

Ее применение позволяет оперативно рассчитать основные удельные экономические

показатели на предварительной стадии оценки месторождения с погрешностью не более 8–9 %. При необходимости можно проанализировать структуру себестоимости по статьям затрат, для чего имеются соответствующие зависимости (табл. 4).

Зависимости затрат от определяющих факторов

Вид затрат	Удельные капитальные затраты на 1 т годовой производственной мощности по руде, долл.	Эксплуатационные затраты на добычу 1 т руды, долл.
Заработка плата.....	$K_{\text{зп}} = 1,46A^{-0,164}K_{\text{вс}}^{0,586}L^{0,033}$	$C_{\text{зп}} = 0,18A^{-0,150}K_{\text{вс}}^{0,395}L^{0,138}$
Оборудование.....	$K_{\text{об}} = 10,76A^{-0,123}K_{\text{вс}}^{0,431}L^{0,108}$	$C_{\text{об}} = 0,53K_{\text{вс}}^{0,670}L^{0,050}$
Сталь.....	$K_{\text{ст}} = 0,23A^{-0,042}K_{\text{вс}}^{0,455}L^{0,150}$	$C_{\text{ст}} = 0,04K_{\text{вс}}^{0,437}$
Горючесмазочные материалы.....	$K_{\text{гсм}} = 0,28A^{-0,063}K_{\text{вс}}^{0,525}L^{0,140}$	$C_{\text{гсм}} = 0,35K_{\text{вс}}^{0,562}L^{0,054}$
Взрывчатые материалы	$K_{\text{взм}} = 0,21A^{-0,177}K_{\text{вс}}^{0,662}$	$C_{\text{взм}} = 0,22A^{-0,113}K_{\text{вс}}^{0,654}$
Пневматические шины	$K_{\text{пш}} = 0,13A^{-0,036}K_{\text{вс}}^{0,437}L^{0,096}$	$C_{\text{пш}} = 0,13A^{-0,051}K_{\text{вс}}^{0,498}L^{0,152}$
Прочие затраты.....	$K_{\text{пр}} = 0,28A^{-0,050}K_{\text{вс}}^{0,294}L^{0,136}$	$C_{\text{пр}} = 0,07A^{-0,049}K_{\text{вс}}^{0,705}$
Налог на продажу.....	$K = 1,08K_{\text{вс}}^{0,455}L^{0,079}$	

При продолжительности периода оптимизации, превышающей 20-25 лет, и высоком уровне ставки процента отдаленные платежи оказывают незначительное влияние на величину чистого приведенного дохода. Вследствие этого различные по продолжительности периодов отдачи варианты оказываются практически равноценными по конечному экономическому эффекту. Вместе с тем при проектировании довольно часто возникает необходимость проведения долгосрочных технико-экономических расчетов с длительностью расчетного периода вплоть до полного срока отработки месторождения (30-40 лет и более). Такие расчеты характерны для выбора и оптимизации параметров транспортных систем глубоких карьеров, установления кондиций, сроков разработки и границ карьеров. Методика учета фактора времени при долгосрочных технико-экономических расчетах в настоящее время широко обсуждается в отечественной и зарубежной литературе. Предложения авторов сводятся к использованию дисконтирования по разным ставкам процентов в пределах периода оптимизации и к отказу от дисконтирования всего денежного потока или его части за пределами срока окупаемости. В частности, доц. Салмановым О. Н. (Московский государственный геологоразведочный университет) разработана методика расчета чистого приведенного дохода с учетом реинвестиционного эффекта. Под реинвестиционным эффектом понимается ожидаемый доход от отсутствия риска потерять капитал, приведенный к настоящему времени во учетной процентной ставке. Поскольку реинвестиционная ставка процента ниже учетной ставки, разработанный метод обеспечивает более высокую чувствительность при сроках оптимизации свыше 15-20 лет [8].

В последние годы активизировались исследования по обоснованию дополнительных физических критериев оценки проектных вариантов в горной промышленности. Одним из таких критериев являются энергетические затраты.

По аналогии с экономической оценкой при сравнении вариантов транспортных систем затраты энергии прошлых и будущих периодов можно приводить к текущему моменту

с помощью коэффициента приведения, рассчитываемого по выражению

$$B = (1 + z)^{t_0 - t_1} \quad (4)$$

где  $B$  – коэффициент приведения;  $z$  – норматив для приведения разновременных затрат энергии (норма дисконта);  $t_0$  – год, к которому приводятся энергозатраты;  $t_1$  – год осуществления энергозатрат.

В этом случае норма дисконта ( $z$ ) должна отражать технический прогресс, т. е. среднегодовой процент снижения удельной энергоемкости различных видов и средств горно-транспортной техники. По данным зарубежных исследований,  $S = 0,005 + 0,015$ . Такой подход является дискуссионным, но имеет определенные преимущества перед денежной оценкой. В отличие от денежной энергетическая оценка имеет прямое, объективное, «физическое» основание, является более стабильной, не подверженной инфляции и воюет паритетному имуществству. Денежная оценка технологий и транспортных систем может колебаться в весьма широком диапазоне в зависимости от конъюнктуры рынка, характера взаимоотношений со смежниками, поставщиками оборудования и материалов и множества других факторов. В целом энергетическая оценка не подменяет, и дополняет денежную оценку. Денежная оценка дает основание для выработки производственной практики, энергетический анализ – для выработки стратегии формирования транспортных систем на весь период отработки карьера.

В качестве примера рассмотрим технико-экономическое обоснование варианта вскрытия глубоких горизонтов центрального участка карьера Костомукшского ГОКа внутрикарьерными железнодорожными тоннелями [4].

При обосновании экономической целесообразности и границы перехода к тоннельному вскрытию в качестве альтернативного варианта рассматривалось траншейное вскрытие железнодорожным транспортом глубоких горизонтов центрального участка карьера Костомукшского ГОКа. Технологически возможная глубина ввода железнодорожного транспорта при тупиковой форме трассы железнодорожных коммуникаций, расположенных на Западном борту и в торцах карьера, и руково-

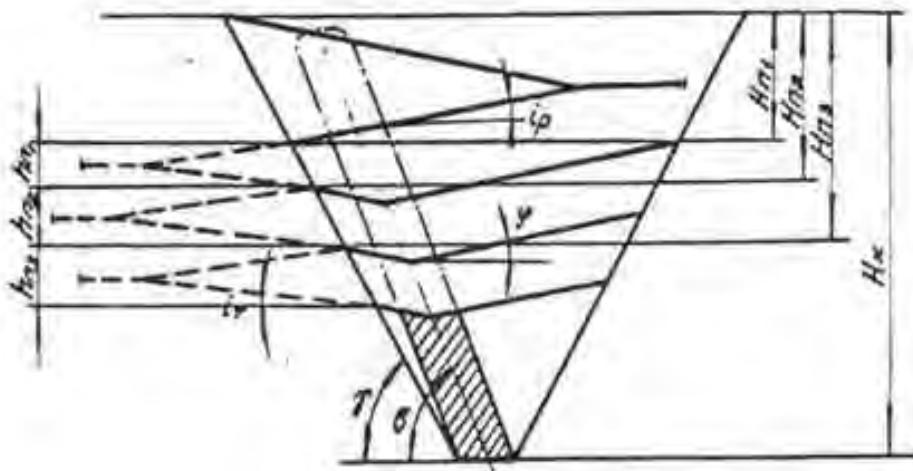


Рис. 3. Схема к расчету рациональной глубины перехода к тоннельному вскрытию:

$H_{b1}$ ,  $H_{b2}$ ,  $H_{b3}$  — глубина перехода к тоннельному вскрытию при различных вариантах, м;  $H_k$  — конечная глубина карьера, м;  $i_p$  — руководящий уклон железнодорожных путей на постоянных съездах, %;  $i_t$  — руководящий уклон железнодорожных путей в тоннелях, %;  $\phi$  — угол откоса рабочего брода карьера, град.;  $\gamma$  — угол направления углубки, град.;  $y$  — угол откоса нерабочего борта карьера, град.;  $h_{s1}$ ,  $h_{s2}$ ,  $h_{s3}$  — расстояния по вертикали между верхними и нижними порталами тоннелей, м

дящем уклоне 57 % составляет 310 м (гор. -100 м). Раздельные пункты тупиковой трассы располагаются на горизонтах +40, -20, -60 и -100 м. Последний пункт перегрузки горной массы с автомобильного на железнодорожный транспорт устраивается на гор. -100 м.

Рассмотрено три варианта вскрытия глубоких горизонтов внутрикарьерными однопутными тоннелями, отличающихся глубиной перехода с траншайного к тоннельному вскрытию (рис. 3).

*I вариант.* Переход к тоннельному вскрытию осуществляется с глубины 170 м (гор. +40 м) и включает три этапа. На первом этапе к 2010 году вводятся внутрикарьерные однопутные тоннели с гор. +40 м до гор. -20 м. В 2016 г. вводятся тоннели с гор. -20 до гор. -100 м и в 2021 г. — тоннели с гор. -100 м до гор. -180 м. Установлено, что более глубокий ввод железнодорожного транспорта с помощью внутрикарьерных тоннелей не обеспечивает окупаемость капитальныхложений и экономически нецелесообразен.

*II вариант.* Переход к тоннельному вскрытию осуществляется с глубины 230 м

(гор. -20 м), т. е. исключает первый этап тоннельного вскрытия. До гор. -20 м предусматривается траншейное вскрытие при расположении трассы на Западном борту карьера.

*III вариант.* Переход к тоннельному вскрытию осуществляется с глубины 310 м (гор. -100 м).

В качестве критерия оценки эффективности вариантов вскрытия на *первом этапе* был принят минимум энергозатрат за весь период разработки. Учитывались затраты энергии по всем технологическим процессам, а также на строительство и содержание тоннелей и вентиляционных стволов. На *втором этапе* в качестве критерия оценки использовался минимум суммарных дисконтированных затрат за весь период разработки карьера СДЗ (модифицированный критерий ЧДД, предложенный инженером А. Л. Костиным).

В качестве года приведения был принят 2006 год, так как до указанного периода рассматриваемые варианты вскрытия аналогичны и отличаются только затратами на дополнительный разнос бортов карьера. Был рассмотрен период отработки карьера с 1996 по 2031 гг. включительно.

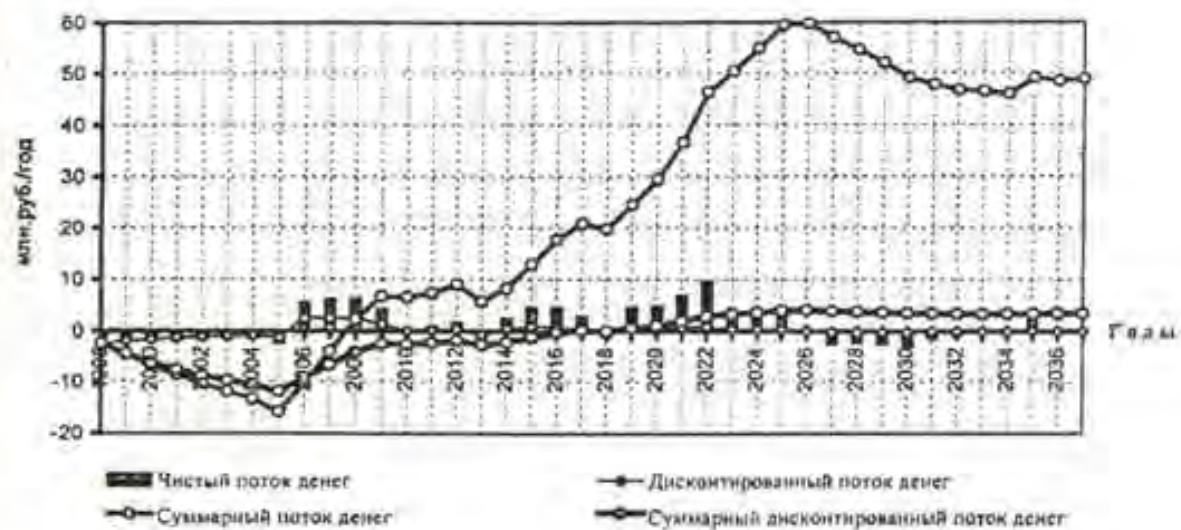


Рис. 4. График потока денег (вариант II тоннельного вскрытия)

В качестве базового был принят I вариант (с минимальной глубиной перехода на тоннельное вскрытие). Для всех остальных вариантов были рассчитаны ежегодные приращения эксплуатационных и капитальных затрат по отношению к базовому, в соответствии и изменения чистого потока денег. График приращений потока денег по варианту II представлен на рис. 4.

Горизонтальная ось графика является базовым вариантом, т. е. график наглядно пока-

зывает, насколько прибыльнее или убыточнее рассматриваемый вариант относительно базового в определенный временной интервал (год).

Суммарные затраты энергии, объемы дополнительного разноса бортов карьера по рассматриваемым вариантам по сравнению с проектными и объемы горнокапитальных работ по проходке тоннелей и вспомогательных подземных выработок представлены в табл. 5 и рис. 5.

Таблица 5

Суммарные энергозатраты и объемы горнокапитальных работ по вариантам вскрытия

Варианты вскрытия	Энергозатраты, млн т.у.т %	Объем дополнительного разноса бортов, млн м <sup>3</sup>	Объем горнокапитальных работ при вскрытии тоннелями		
			всего, тыс. м <sup>3</sup>	в том числе проходка, тыс. м <sup>3</sup>	вентиляционных стволов
Траншнейный ввод ж.-д. транспорта на глубину 310 м	6,517 100	33,0	—	—	—
Варианты тоннельного вскрытия:	I	6,132 94,1	17,1	615,9	603,7
	II	5,728 87,9	24,6	323,0	316,5
	III	6,778 104,0	38,2	162,0	158,3

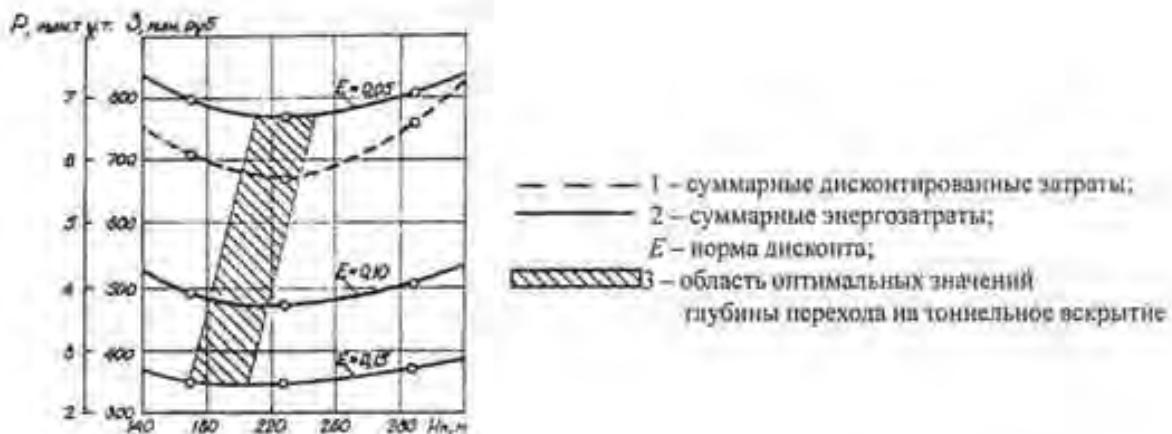


Рис. 5. Зависимость суммарных дисконтированных затрат (3) и суммарных энергозатрат ( $P$ ) от глубины перехода на схему вскрытия железнодорожными тоннелями ( $N_t$ ) на Центральном участке Костомукшского карьера:

1 — суммарные дисконтированные затраты; 2 — суммарные энергозатраты;  
 $E$  — норма дискона; 3 — область оптимальных значений глубины перехода на тоннельное вскрытие

К детальной проработке принят II вариант тоннельного вскрытия как наиболее энергетически эффективный. Суммарные затраты энергии по указанному варианту на 12,1 % ниже, чем при вскрытии с траншейным вводом железнодорожного транспорта на глубину 310 м, и на 6-16 % ниже, чем при I и III вариантах тоннельного вскрытия. Энергетическая эффективность обеспечивается за счет более глубокого ввода железнодорожного транспорта, снижения высоты подъема горной массы автотранспортом и сокращения разноса бортов карьера.

Детальные экономические расчеты по модифицированному критерию ЧДД подтвердили сделанные выводы (см. рис. 5). Вместе с тем установлено, что при норме дискона  $E > 5\%$  сделать обоснованный вывод о рациональной глубине перехода на тоннельное вскрытие невозможно из-за незначительного различия вариантов по затратам. При проведении долгосрочных (стратегических) расчетов необходимо отдавать предпочтение энергетическому критерию, обладающему большей чувствительностью.

## Выходы

1. Принципиальное отличие предлагаемого метода оптимизации состоит в том, что оценке подвергаются не отдельные параметры

карьера, а комплекс этих параметров, которые формируются в виде вариантов на основе технологических расчетов.

2. Каждый вариант подвергается экономической оценке в динамике за период определенной длительности путем расчета потока денег и вычисления на их основе экономических критериев (ЧДД, ВНД, Ток, ИД) и других показателей, принятых в современной практике.

3. Для оперативных многовариантных расчетов в качестве исходных данных рекомендуется, прежде всего, на предпроектных стадиях, использование удельных стоимостных показателей, определяемых на базе апробированных технико-экономических моделей.

4. При проведении долгосрочных (стратегических) расчетов на предпроектных стадиях необходимо отдавать предпочтение энергетическому критерию, обладающему большой чувствительностью по сравнению с экономическими.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Арсентьев А. И. Определение производительности и границ карьеров. М.: Гостортехиздат, 1961. 256 с.
- Корнилов С. В. О разработке геоинформационных систем предпроектной оценки опасных природных процессов во взаимосвязи с развитием техносферы // Итоги и проблемы производства,

науки и образования в сфере добычи полезных ископаемых открытым способом: Материалы международной научно-технической конференции, 10-11 октября 2002 г. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2002. 375 с.

3. Кэмп Т. Упрощенные стоимостные модели для оценки горных работ // Горное бюро. Информационный циркуляр ИС/9298. 1991 г., Департамент территории Соединенных Штатов. 52 с.

4. Лель Ю. И., Сандригайло И. Н. Формированные транспортные системы при вскрытии глубоких горизонтов внутрикарьерными железнодорожными тоннелями // Известия вузов. Горный журнал. 2000. № 4. С. 72-78.

5. Обоснование стратегии ВГОКа по развитию горнорудной базы НТМК до 2025 г.: Научное издание / Под ред. Лапина Э. С., Корнилова С. В. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2004. 111 с.

6. Ржевский В. В. Проектирование контуров карьеров. М.: Металлургиздат, 1956.

7. Ржевский В. В. Режим горных работ при открытой добыче угля и руды. М.: Углехимиздат, 1958. 192 с.

8. Сагманов О. Н. Новый метод учета фактора времени при оценке месторождений // Известия вузов. Горный журнал. 1955. № 1. С. 48-53.

9. Соколовский А. В., Ландин В. И. Проект угля добывающего предприятия: от виртуальности к реальности // Итоги и проблемы производства, науки и образования в сфере добычи полезных ископаемых открытым способом: Материалы международной научно-технической конференции 10-11 октября 2002 г. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2002. 375 с.

10. Трубецкой К. И., Хронин В. В., Красинский Д. В. Проектирование карьеров: Учеб. для вузов. Т. II. М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. 536 с.

11. Хохряков В. С. Учет разновременности затрат при открытой разработке месторождений // Горный журнал. 1962. № 7. С. 19-23.

12. Хохряков В. С. Проектирование карьеров. 3-е изд. М.: Недра, 1992.

13. Хронин В. В. Проектирование карьеров. М.: Недра, 1993. 448 с.

14. Яковлев В. Л. Теория и практика выбора глубоких карьеров. Новосибирск: Наука СО АН СССР, 1989. 240 с.

15. Яковлев В. Л. Формирование транспортных систем глубоких карьеров // Тез. докл. V Всесоюзной науч.-техн. конф. по карьерному транспорту. Свердловск: ИГДМЧМ СССР, 1984. С. 18-22.

УДК 622.44

## АЭРОДИНАМИКА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ СО СТРУЙНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ОБТЕКАНИЕМ

Н. П. Косарев, В. Н. Макаров

На базе глубокого анализа состояния теории аэrodинамического расчета радиальных вентиляторов сформулированы основные пути дальнейшего ее развития для разработки вентиляторов с повышенной аэrodинамической нагруженностью.

Предложена математическая модель круговой решетки аналитических профилей с устройствами струйного управления обтеканием. Сформулирована и решена задача аэrodинамического расчета вращающейся круговой решетки аналитических гладких профилей произвольной формы со струйным управлением широкуящей, на базе использования модифицированного метода конформного отображения и метода особых точек С. А. Чаплыгина.

Подтверждена возможность существенного повышения аэrodинамической нагруженности, аддитивности и экономичности шахтных центробежных вентиляторов, выполненных по радиальным аэrodинамическим схемам с аэрогазодинамическими профилями.

**Ключевые слова:** аэrodинамика, центробежные вентиляторы, струйное обтекание, управление, широкуя, модель круговой решетки, аддитивность, экономичность.

Mathematical model is suggested of circular grate of geometrical profiles with devices of jet control of streamline flow. The task is formulated and solved of aerodynamic geometrical profiles of arbitrary shape with jet

control of circulation on the basis of application of a modified method of conformal reflection and a method of specific points of S. A. Chaplygin.

Possibility is confirmed of essential increase of aerodynamic loading, adaptability and efficiency of mine centrifugal ventilators, established on radial aerodynamic schemes with aerodynamic profiles.

*Key words:* aerodynamics, centrifugal fans, jet streamline flow, control, circulation, model of circular, adaptability, efficiency.

Известные методы аэродинамического расчета вращающейся радиальной решетки профилей рассматривают либо теорию решетки профилей, при которой осуществляются конформные отображения однолистной римановой области решетки на внешность многолистной канонической области [6, 7], либо изучают аэродинамику тела со струями, где осуществляется конформное отображение многолистной односвязной римановой области схематизированного тела со струями на однолистную каноническую область [8].

В обсуждаемой статье использование базового принципа конформного преобразования для построения канонического потенциала течения приводит к необходимости конформного отображения многолистной римановой области круговой решетки профилей со струйными устройствами также на многолистную каноническую область. При этом необходимо получить комплексный потенциал течения на многолистной канонической области и доказать его единственность.

Согласно общей постановке задачи, в плоском случае обтекаемой круговой решетки с  $n_1$  профилями и  $n_2$   $n_1$  струями источников и стоков на каждом профиле ставится и соответствие  $(n_1 + n_2 + 1) = (n' + 1)$  — листный обтекаемый контур. На первом листе  $(n' + 1)$  — листной римановой поверхности — в физической плоскости располагается рассматриваемая круговая решетка профилей, через срезы заборников и сопл на границе которых соответственно втекают и вытекают струи воздуха. Примем, что на произвольном  $k$ -м листе ( $k = 2, \dots, n' + 1$ ) римановой поверхности соответствующий реальный канал со струйным устройством схематизирован струйным каналом со стенками, уходящими в одну бесконечно удаленную точку  $A_k$ . Исследования проведены в предположении, что во всей области течения  $D_1$  на  $(n' + 1)$  — листной римановой поверхности течение стационарное и безвихревое, жидкость идеаль-

ная, несжимаемая, невесомая и константа Бернулли постоянна.

Поскольку профили круговой решетки представляют собой аналитические гладкие профили произвольной формы, то конформное отображение получаем в два этапа. На первом этапе определяем функцию конформного отображения  $\pi_1$  — листной римановой поверхности внешности круга единичного радиуса  $D_1$ , содержащую информацию об эквивалентной исходной решетке профилей, в виде трансформированной в круговую решетку, составленную из профилей в форме отрезков логарифмических спиралей, на внешность  $\pi_1$  — листной римановой поверхности  $D_{n'}$ , деформированного круга (овала), идентифицирующего геометрию исходной круговой решетки профилей. На втором этапе осуществляем конформное отображение внешности  $\pi_1$  — листной римановой поверхности деформированного круга в области  $D_{n'}$  на  $(n' + 1)$  — листную риманову поверхность  $D_1$  схематизированного контура круговой решетки аналитических профилей произвольной формы (рис. 1).

Установим, что при заданной геометрии  $n_1$  — листного контура круговой решетки  $n_1$  профилей, заданных расходах источников и истоков воздуха  $Q_{\lambda_k}$  ( $k = 1, \dots, n'$ ) через струйные каналы и значениях широкуляций  $\Gamma_{\lambda_k}$  ( $k = 1, \dots, n'$ ) точечных вихрей, в случае установившегося безвихревого течения идеальной несжимаемой жидкости с постоянной константой Бернулли во всей области течения решение задачи обтекания единственное.

В работе [8] доказано, что применение метода конформного отображения для рассмотрения аэродинамики изолированного плоского тела со струями приводит к необходимости конформного отображения многолистной односвязной области на однолистную односвязную область, при этом можно руководствоваться теоремой Римана для односвязных областей [5]. Поскольку в случае приме-

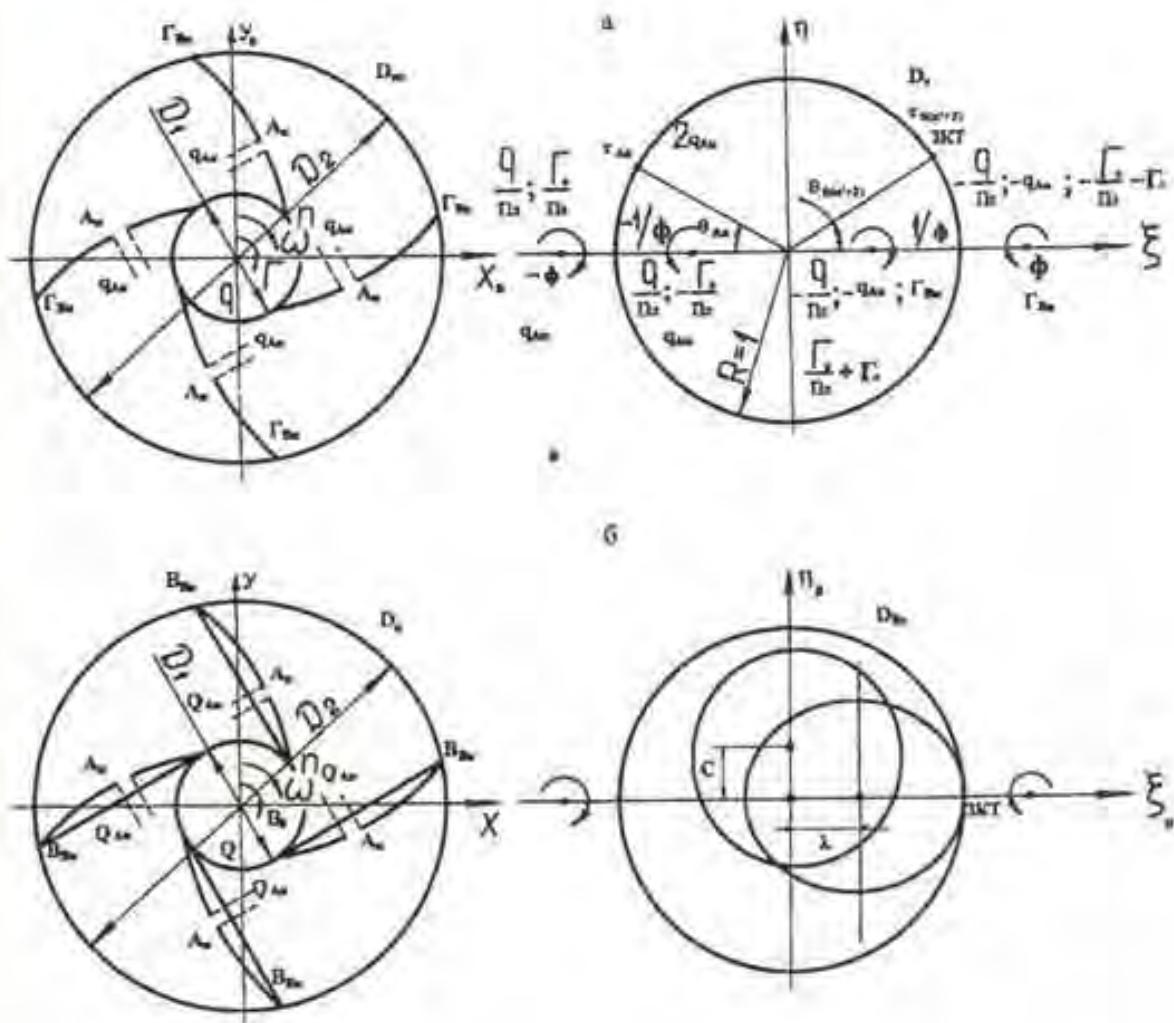


Рис. 1. Принципиальная схема последовательности конформных преобразований:

а – преобразование  $n$ -листной области  $D_n$  в  $n'$ -листную область  $D_{n'}$ ;  
б – преобразование  $n$ -листной области  $D_n$  в  $(n'+1)$ -листную область  $D_{n'+1}$

нения метода конформного отображения для исследования аэродинамики круговой решетки  $n$ -профилей со струйными устройствами необходимо осуществить конформное отображение  $n$ -листной римановой поверхности внешнего круга единичного радиуса на  $(n'+1)$ -листную область контура схематизированной круговой решеткой, то есть отображение многолистной односвязной области на многолистную односвязную область, то для обеспечения единственности решения необходимо добиться однозначности  $n$ -отображений на круге единичного радиуса. Так как в схематизированной круговой решетке профили установлены с постоянным периодом, то для обеспечения однозначности отображения всей ре-

шетки выберем константы отображения таким образом, чтобы точки  $z = 0$  и  $z = \infty$  на области  $D_n$  перешли в две симметричные относительно начала координат точки  $\gamma = \Phi$  и  $\gamma = -\Phi$  из области  $D_{n'}$ . Формпараметр  $\Phi$  характеризует исходную аэродинамическую нагруженность круговой решетки профилей, являясь гидродинамическим аналогом ее бесширкуляционного обтекания при нулевых расходах устройств управления  $Q_{ik} = 0$ , и определяется геометрическими параметрами круговой решетки профилей. В этом случае в точках  $\Phi$  и  $-\Phi$  области  $D_{n'}$  логарифмическая функция получает приращение  $\pm 2\pi i$ , что соответствует переходу в следующий период круговой решетки.

Не рассматривая промежуточные преобразования в областях  $D_1$ ,  $D_{\text{up}}$ ,  $D_2$ , пояснения по которым приведены на рис. 1, получим функцию комплексного отображения  $Z(\gamma)$  в виде

$$\begin{aligned} n_z \ln z = \ln(\gamma_1 + \Phi) / (\gamma - \Phi) + e^{2\theta_1 + i\beta_1} \times \\ \times \ln(\gamma - \Phi_1 e^{i\theta_1}) / (\gamma - \Phi_2 e^{i\theta_2}); \end{aligned} \quad (1)$$

$$z = [(\gamma + \Phi) / (\gamma - \Phi)]^{1/n_z} \times \\ \times [(\gamma - \Phi_1^{-1} e^{i\theta_1}) / (\gamma - \Phi_2^{-1} e^{i\theta_2})]^{(2\theta_1 + i\beta_1)/n_z}, \quad (2)$$

где  $z = re^{i\psi}$ ,  $\gamma = ce^{i\theta}$  – комплексные координаты точек в областях  $D_1$  и  $D_2$  соответственно;  $r$ ,  $\psi$  – радиус и полярный угол на плоскости  $Z$  соответственно;  $\rho$ ,  $\theta$  – радиус и полярный угол на плоскости  $U$  соответственно;  $\Phi$  – формпараметр эквивалентной круговой решетки профилей в виде отрезков логарифмических спиралей;  $\beta_s$  – угол логарифмической спирали эквивалентной решетки профилей;  $\gamma_1 = \Phi_1^{-1} e^{i\theta_1}$ ,  $\gamma_2 = \Phi_2^{-1} e^{i\theta_2}$ ,  $K_\Phi = e^{2\theta_1 + i\beta_1}$  – комплексные параметры, определяющие форму профиля исходной круговой решетки аналитических профилей. С учетом ограничений, накладываемых на понятие аналитический профиль, точки  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  могут быть расположены только внутри единичного круга области  $D_1$ , при этом должно сохраняться направление обхода контура профиля в области  $D_1$ .

Особые точки отображения  $\gamma_{01}$ ,  $\gamma_{02}$  определяем из условия нарушения конформности:

$$\begin{aligned} n_z x_0^{-1} dz/dy = 2\Phi / (\gamma_0^2 - \Phi^2) + \\ + e^{2\theta_1 + i\beta_1} (\gamma_1 - \gamma_2) / (\gamma_0 - \gamma_1) (\gamma_0 - \gamma_2) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

из которого для  $\gamma_0^2$  получаем уравнение

$$\begin{aligned} \gamma_0^2 - [2\Phi(\gamma_1 + \gamma_2) + \\ + \Phi e^{2\theta_1 + i\beta_1} (\gamma_1 - \gamma_2)] / [e^{2\theta_1 + i\beta_1} (\gamma_1 - \gamma_2) - 2\Phi] + \\ + 2\Phi(\gamma_1 + \gamma_2) / [e^{2\theta_1 + i\beta_1} (\gamma_1 - \gamma_2) - 2\Phi] = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Поскольку параметры  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $c$ ,  $\beta_s$  определяют форму аналитического профиля круговой решетки, целесообразно задавать особые точки  $\gamma_{01}$ ,  $\gamma_{02}$  и параметр  $K_\Phi$  в составе исходных данных.

Учитывая сказанное и уравнение (4), получим систему двух уравнений для определения  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ :

$$\begin{aligned} \gamma_1 = [(\gamma_{01} + \gamma_{02})(K_\Phi \gamma_2 + 2\Phi) - \\ - 2\Phi \gamma_2] / [K_\Phi(\gamma_{01} + \gamma_{02}) + 2\Phi]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_2 = \Phi[2\gamma_{01}\gamma_{02} - K_\Phi(\gamma_{01} + \gamma_{02})] / [2\Phi - \\ - K_\Phi(\gamma_{01} - \gamma_{02})] - 2\gamma_2[\Phi(\gamma_{01} + \gamma_{02}) - \\ - (\Phi^2 + \gamma_{01}\gamma_{02})K_\Phi] / [2\Phi - K_\Phi(\gamma_{01} + \gamma_{02})] = 0. \quad (5) \end{aligned}$$

Учитывая сказанное и рис. 1, можно получить аналитическую зависимость положения особых точек отражения  $\gamma_{01}$ ,  $\gamma_{02}$  и параметров, характеризующих толщину и кривизну аналитического профиля круговой решетки. В частности, для вентиляторов с  $\beta_s = (20^\circ + 40^\circ)$  и  $t' \leq 1.5$ , соответствующих по указанным параметрам шахтным центробежным вентиляторам, полагая  $\gamma_{01} = (1 + \lambda)e^{i\theta_{01}}$ ,  $\gamma_{02} = e^{i\theta_{02}}$ , при  $\lambda \leq 0.04$  получим выражение для максимальной толщины аналитического профиля:

$$b_{\max} = 2.65\lambda l_z. \quad (6)$$

Для построения комплексного потенциала  $F[Z(\gamma)]$  в  $n_z$ -листной римановой поверхности внешности круга единичного радиуса области  $D_1$  воспользуемся принципом суперпозиции и методом особых точек С. А. Чаплыгина, согласно которому все особые точки течения в области  $D_1$  подобно вычетам в интегралах Коши, должны находить соответствующее отражение в функции комплексного потенциала [2].

Поскольку начало системы координат  $\rho$ ,  $\theta$  в плоскости  $D_1$  выбрано в центре единичного круга, то в соответствии с конформным отображением  $Z(\gamma)$  в точках  $\gamma = \tau_{\alpha_k} = e^{i\theta_{\alpha_k}} (k = 1, \dots, n')$ , где  $n' = n_z + n_c$ , соответствующих  $A_{\alpha_k}$ -струйным каналам, расположатся источники и стоки с заданными расходами воздуха  $q_{\alpha_k}$  в области, внешней к единичному кругу, а в точках  $\gamma = \tau_{\alpha_k} = e^{i\theta_{\alpha_k}} (k = (n' + 1), \dots, (n' + n_c))$  расположатся локальные вихри с интенсивностью, равной циркуляции  $\Gamma_{\alpha_k}$ . Значение циркуляции по любой односвязной замкнутой линии, содержащей внутри себя круг единичного радиуса в области  $D_1$ , в соответствии с теоремой Гельмгольца [4] в данном случае с учетом потока вытеснения, с точностью до константы, равно циркуляции  $\Gamma$  вокруг  $(n' + 1)$ -листного контура круговой решетки профилей.

Если в рассматриваемой задаче положить все расходы через струйные каналы равными нулю, то в плоскости  $U$  приходим к известной задаче обтекания твердого круга единичного радиуса с циркуляцией  $\Gamma$  неограниченным потоком. В этом случае комплексный потенциал течения  $F_0[Z(\gamma)]$  имеет вид:

$$\begin{aligned}
F_0[z(\gamma)] &= \psi_0[z(\gamma)] + i\psi_0[z(\gamma)] = \\
&= [q \ln(\gamma + \Phi)(\gamma + 1/\Phi)/(\gamma - \Phi)(\gamma - 1/\Phi) - \\
&- (\Gamma_0 - n_s \Gamma_s) \gamma^{-1} \ln(\gamma - 1/\Phi)/(\gamma - \Phi) - \\
&- \Gamma_0 / \gamma^{-1} \ln(\gamma + \Phi)/(\gamma + 1/\Phi)] / 2\pi n_s + \\
&+ \int V'_s[z(\gamma)] d\gamma - \int [u_t(z) dz / d\gamma] d\gamma. \quad (7)
\end{aligned}$$

где  $V_s$  – касательная составляющая скорости потока вытеснения на единичной окружности в области  $D_s$ , определяемая по известной функции  $Z(\gamma)$  с помощью интеграла Пуассона, представляющего собой частное решение задачи Дирихле–Неймана для единичного круга [1];  $u_t$  – касательная составляющая переносной скорости течения в плоскости  $Z$ ;  $q$  – коэффициент расхода источника, расположенного в центре круговой решетки профилей в области  $D_s$ ;  $\Gamma_s$  – интенсивность вихря (циркуляция), расположенного в центре круговой решетки профилей в области  $D_s$ , при наличии предварительной закрутки потока на входе в круговую решетку;  $\Gamma_s$  – интенсивность вихря (циркуляция) вокруг профиля круговой решетки в плоскости  $D_s$ ;  $\varphi$  – функция потенциала течения в области  $D_s$ ;  $\Psi$  – функция тока (линия тока) течения в области  $D_s$ .

Дополнительный комплексный потенциал течения вне круга единичного радиуса области  $D_s$ , определяем с учетом свойств функций комплексного переменного [4] и высказанных закономерностей. Данная функция должна характеризовать наличие в соответствующих точках  $t_{\alpha_k}$  круга единичного радиуса области  $D_s$  особенностей (источников, стоков, локальных вихрей), положения которых однозначно определяются точками расположения управляющих устройств на профилях круговой решетки области  $D_s$ , но в то же время соответствовать течению, линии тока которого представляет окружность единичного радиуса. Таким требованиям удовлетворяет система особенностей, представленных на рис. 1.

После соответствующих преобразований получим:

$$\begin{aligned}
F_{A_s}(\gamma) &= \psi_{A_s}(\gamma) + i\psi_{A_s}(\gamma) = \pi^{-1} q_{A_s} \ln(\gamma - t_{A_s}) - \\
&- 0,5\pi^{-1} \{q_{A_s} (\ln(\gamma^2 - \Phi^2) + q_{A_s} \ln(\gamma^2 - 1/\Phi^2))\}; \quad (8)
\end{aligned}$$

$$F_m(\gamma) = 0,5\pi^{-1} \Gamma_m \ln(\gamma - 1/\Phi) / (\gamma - \Phi). \quad (9)$$

Тогда общий вид комплексного потенциала  $F[Z(\gamma)]$  течения вне круга единичного ра-

диуса на  $n_s$ -листной римановой поверхности  $\gamma$  запишем в виде

$$\begin{aligned}
F[z(\gamma)] &= F_0[z(\gamma)] + \sum_{s=1}^{n_s} F_{A_s}(\gamma) + \sum_{m=n_s+1}^{\infty} F_m(\gamma) = \\
&= F_0[z(\gamma)] + \pi^{-1} \sum_{s=1}^{n_s} q_{A_s} \ln(\gamma - t_{A_s}) - \\
&- 0,5\pi^{-1} q_{A_s} [\ln(\gamma^2 - \Phi^2) + \ln(\gamma^2 - 1/\Phi^2)] + \\
&+ 0,5\pi^{-1} \Gamma_m \ln(\gamma - 1/\Phi) / (\gamma - \Phi); \quad (10)
\end{aligned}$$

$$\sum_{s=1}^{n_s} q_{A_s} = q_{\Sigma A}, \quad \sum_{m=n_s+1}^{\infty} \Gamma_m = \Gamma_{\Sigma B}. \quad (11)$$

Построенное решение при заданных  $q, \Gamma_0$ ,  $\Gamma_s$ , расходах  $q_{A_s}$  и локальных вихрях  $\Gamma_m$  в точках  $t_{A_s}$  является, с точностью до константы, единственным. Действительно, если положить, что решений два:  $F_1[Z(\gamma)], F_2[Z(\gamma)]$  – и рассмотреть функцию  $\Delta(\gamma) = F_1[Z(\gamma)] - F_2[Z(\gamma)]$ , легко видеть, что эта функция – однозначная вне круга и что на круге и на бесконечности  $\operatorname{Im}\Delta(\gamma) = 0$ . Отсюда, по теореме единственности решения задачи Дирихле–Неймана должно быть  $\operatorname{Im}\Delta(\zeta) = 0$ , а значит,  $F_1[Z(\gamma)] = F_2[Z(\gamma)] = \text{const}$ .

Теперь, учитывая единственность, с точностью до константы, решения для функции  $F[Z(\gamma)] = W(\gamma)$  и условия единственности конформного отображения при заданном  $n_s$ -листном контуре, получаем в результате, с точностью до константы, единственное решение задачи обтекания указанного  $(n_s + 1)$ -листного контура круговой решетки аналитического профиля со струйным управлением циркуляцией:

$$F(Z) = W[\gamma(Z)]. \quad (12)$$

В соответствии с (10) получим формулу для комплексной скорости течения вне круга единичного радиуса  $n_s$ -листной римановой области  $D_s$ :

$$\begin{aligned}
dF/d\gamma &= 0,5\pi^{-1} n_s^{-1} (q + i\Gamma_0) / (1/(\gamma + \Phi) - \\
&- 1/(\gamma - \Phi) - 0,5\pi^{-1} n_s^{-1} (q - i\Gamma_0) / (1/(\gamma + \Phi) - \\
&- 1/(\gamma - \Phi)) + (q - n_s q_{\Sigma A} + i\Gamma_0) / 2\pi n_s (\gamma + \Phi) + \\
&+ (q - n_s q_{\Sigma A} + i\Gamma_0) / 2\pi n_s (\gamma + 1/\Phi) + \\
&+ (in_s \Gamma_s + in_s \Gamma_{\Sigma B} - n_s q_{\Sigma A} - q - \\
&- i\Gamma_0) / 2\pi n_s (\gamma - \Phi) - (in_s \Gamma_s + in_s \Gamma_{\Sigma B} + \\
&+ n_s q_{\Sigma B} + q - i\Gamma_0) / 2\pi n_s (\gamma - 1/\Phi) + \\
&+ \pi^{-1} \sum_{s=1}^{n_s} q_{A_s} / (\gamma - t_{A_s}) + V'_s(\gamma) - u_t(z(\gamma)) dz / d\gamma. \quad (13)
\end{aligned}$$

Полагая  $dF/d\gamma = 0$ , при заданных  $\tau_{Ax}$ ,  $q_{Ax}$ ,  $\Gamma_0$ ,  $(\Gamma_s + \Gamma_{\Sigma})$  и  $V_s$  найдутся единственныe положения  $\gamma_{om}$  ( $m = 1, 2, \dots, (n' + 2)$ ). Эти точки могут располагаться как на окружности единичного радиуса при  $\gamma_{om} = \tau_{om} = e^{j\omega m}$ , так и вне ее, когда  $\gamma_{om} = r_{om} e^{j\omega m}$ ,  $r_{om} > 1$ .

Базируясь на теории вычетов, выражение (13) можно записать в виде

$$dF/d\gamma = k_{\eta} \prod_{m=1}^{n'+2} (\gamma - \gamma_{om}) / (\gamma - \Phi)(\gamma - 1/\Phi) \times \\ \times \prod_{s=1}^{n'} (\gamma - \tau_{As}) + V_s'(\gamma), \quad (14)$$

где  $k_{\eta} = q/(\Gamma_0 - 2\pi r_s^2 \omega)$ .

Отсюда:

$$\begin{aligned} q_{\Sigma} + q\eta_s^{-1} - (\Gamma_0\eta_s^{-1} - \Gamma_{\Sigma})\gamma^{-1} = \\ = 2\pi \left( \sum_{m=1}^{n'+2} \gamma_{om}^{-1} - \sum_{s=1}^{n'} \tau_{As}^{-1} \right); \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} q_{\Sigma} + q\eta_s^{-1} - (\Gamma_0\eta_s^{-1} - \Gamma_{\Sigma})\gamma^{-1} = \\ = \pi^{-1} \sum_{s=1}^{n'} q_{As} = \sum_{s=1}^{n'} \tau_{As} - \sum_{m=1}^{n'+2} \gamma_{om}. \end{aligned} \quad (16)$$

где  $\Gamma_{\Sigma} = \Gamma_s + \Gamma_{\Sigma}$ .

Из уравнений (14) и (15), учитывая, что  $\tau_{As} = \tau_{As}^{-1}$ , получаем:

$$\sum_{m=1}^{n'+2} \gamma_{om} = \sum_{s=1}^{n'} \tau_{As}. \quad (17)$$

Это соотношение будем называть уравнением критических точек. Оно устанавливает общую связь в расположении критических точек, характерную для рассматриваемого класса течений, не зависящую от конкретных значений расходов и циркуляции и являющуюся следствием условия (11). Нетрудно видеть, что в уравнении (17) можно оставить лишь те значения  $\gamma_{om}$ , которые соответствуют критическим точкам, не лежащим на окружности единичного радиуса.

С учетом уравнений (13) (17) получаем формулы для коэффициентов циркуляции  $\Gamma_{\Sigma}$  и расходов  $q_{\Sigma}$  и  $q_{As}$ :

$$\begin{aligned} \Gamma_{\Sigma} = \Gamma_0\eta_s^{-1} - \pi \left[ \sum_{m=1}^{n'+2} (\gamma_{om}^{-1} - \tau_{As}) - \right. \\ \left. - \sum_{s=1}^{n'} (\tau_{As}^{-1} - \tau_{As}) \right]; \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} q_{\Sigma} = -q\eta_s^{-1} + \pi \left[ \sum_{m=1}^{n'+2} (\gamma_{om}^{-1} + \tau_{As}) - \right. \\ \left. - \sum_{s=1}^{n'} (\tau_{As}^{-1} - \tau_{As}) \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} q_{As} = \pi \left[ \prod_{m=1}^{n'+2} (\tau_{As} - \gamma_{om}) / \right. \\ \left. / (\tau_{As} - \Phi)(\tau_{As} - \Phi^{-1}) \times \right. \\ \left. \times \prod_{s=1}^{n'} (\tau_{As} - \tau_{As}) \right]. \end{aligned} \quad (20)$$

Тогда

$$\prod_{m=1}^{n'+2} \gamma_{om} = e^{i(2m-1)\mu} \prod_{s=1}^{n'} \tau_{As}, \quad (21)$$

где  $\mu$  — целое число.

Действительно, допустим, что в области течения  $D_s$ , то есть вне круга единичного радиуса, существует хотя бы одна критическая точка, и пусть это будет точка  $\gamma_{0s} = \rho_0 e^{j\omega s}$ . Используя уравнение связи (21) и то, что функция  $dF/d\gamma$  может быть аналитически продолжена через участки окружности единичного радиуса, на которых  $\Psi [Z(\gamma)] = \text{const}$ , нетрудно показать, что среди корней уравнения  $dF/d\gamma = 0$  должен быть корень  $1/\gamma_{0s} = (1/\rho_0) \times \kappa_0 e^{j\omega s}$ . Этот корень соответствует критической точке течения в плоскости  $\gamma$  с потенциалом  $F(\gamma)$  (13), расположенной внутри круга единичного радиуса. Как видно, эта критическая точка оказывается сопряженной с критической точкой  $\gamma_{0s}$  относительно окружности единичного радиуса.

Рассмотрение возможности расположения и фиксации части особых точек ветвления из их общего числа ( $n' + 2$ ) в конкретном месте контура круговой решетки профилей при изменении ее режима обтекания представляется большой практический интерес и является важной составляющей частью теории аэrodинамики круговых решеток профилей со струйным управлением циркуляцией. Возможность фиксирования на контуре точек ветвления позволяет избежать обтекания острых углов, участков с большой кривизной, при котором в реальной жидкости возникает отрыв потока.

С учетом свойства сопряженности модернизируем формулу (14) и уравнение связи (21):

$$dF/d\gamma = k_{\eta} \prod_{m=1}^{n'+2-2m'} (\gamma - \tau_{\text{cm}}) \times \\ \times \prod_{m=n'+3-2m'}^{n'+2-2m'} (\gamma - \gamma_{\text{cm}}) (\gamma - 1/\gamma'_{\text{cm}}) / \\ / (9\gamma - \Phi)(\gamma - \Phi^{-1}) \times \\ \times \prod_{m=1}^n (\gamma - \tau_{\text{cr}}); \quad (22)$$

$$\sum_{m=1}^{n'+2-2m'} \theta_{\text{cm}} + 2 \sum_{m=n'+3-2m'}^{n'+2-m'} \theta_{Q_m} = \\ = \sum_{m=1}^n \theta_{\text{cr}} + (2\mu - 1)\pi, \quad (23)$$

где  $m'$  – количество особых точек вне круга единичного радиуса.

При этом общее количество особых точек во всей области  $D$ , вне окружности единичного радиуса будет равно  $2m'$ , а на окружности единичного радиуса расположится  $n' + 2 - 2m'$  критических точек.

Следует заметить, что свойства сопряженности критических точек делает уравнение критических точек (17) тождеством.

Разложив функцию (22) на элементарные дроби [8] с учетом (23), (13), получим, что при заданных  $\tau_{\text{cr}}$  ( $k = 1, \dots, n'$ ) совокупность величин  $\tau_{\text{cm}}, \gamma_{\text{cm}}$  соответствует единственному течению вне круга единичного радиуса области  $D$ , с потенциалом (10) в критических точках  $\theta_{\text{cm}}, \gamma_{\text{cm}}$ , при условии, что угловые координаты  $\theta_{\text{cm}}$  ( $m = 1, \dots, n' + 2 - 2m'; n' + 3 - 2m', \dots, n' + 2 - m'$ ) удовлетворяют уравнению связи (23).

С учетом сказанного получим формулы для коэффициентов  $\Gamma_{\Sigma_k}, q_{\Sigma_k}, q_{\text{cr}}$  в следующем виде:

$$\Gamma_{\Sigma_k} = \Gamma_0 n_{\eta}^{-1} - 2\pi \left[ \sum_{m=1}^{n'+2-2m'} \sin \theta_{\text{cm}} \times \right. \\ \times \left. \sum_{m=n'+3-2m'}^{n'+2-m'} (\rho_{\text{cm}} + 1/\rho_{\text{cm}}) \sin \theta_{\text{cm}} - \right. \\ \left. - \sum_{m=1}^n \sin \theta_{\text{cr}} \right]; \quad (24)$$

$$q_{\Sigma_k} = q n_{\eta}^{-1} + 2\pi \left[ \sum_{m=1}^{n'+2-2m'} \cos \theta_{\text{cm}} + \right. \\ \left. + \sum_{m=n'+3-2m'}^{n'+2-m'} (\rho_{\text{cm}} + 1/\rho_{\text{cm}}) \cos \theta_{\text{cm}} - \right. \\ \left. - \sum_{m=1}^n \cos \theta_{\text{cr}} \right]; \quad (25)$$

$$q_{\text{cr}} = -8e^{i\pi} \pi^{-1} 4^{-m} \prod_{m=1}^{n'+2-2m'} \sin 1/2(\theta_{\text{cr}} - \theta_{\text{cm}}) \times \\ \times \prod_{m=n'+3-2m'}^{n'+2-m'} ((\rho_{\text{cm}} + 1/\rho_{\text{cm}} - 2\cos(\theta_{\text{cr}} - \theta_{\text{cm}})) / \\ / \prod_{m=1, m \neq \text{cr}}^n \sin 1/2(\theta_{\text{cr}} - \theta_{\text{cm}})). \quad (26)$$

Таким образом, значения коэффициентов циркуляции и расходов воздуха через струйные каналы зависят не только от значения угла  $\theta_{\text{cm}}$ , но и от  $\rho_{\text{cm}}$ , то есть от положения точек  $\gamma_{\text{cm}}$  на соответствующих лучах, что принципиально отличает их функциональные зависимости от уравнения связи (23).

Полагая, что  $\tau_{0(n'+2)} = e^{i\theta_{\text{cr}}(n'+2)}$  соответствует задней критической точке профиля, где нарушено условие конформности отображения  $dz/d\gamma = 0$  с учетом (13), формула для расчета циркуляции  $\Gamma_s$  примет вид:

$$\Gamma_s = -4q[1 + n_{\eta} q'(\Phi^2 - 1)^2 \times \\ \times (\Phi^2 + 2\Phi \cos \theta_{0(n'+2)} + 1)^2]; \\ \Phi(\Phi^2 + 1) \sin \theta_{0(n'+2)} / n_{\eta} (\Phi^2 - 1)^2 \times \\ \times (\Phi^2 + 2\Phi \cos \theta_{0(n'+2)} + 1) - 2\pi V_{0(n'+2)}^2 \times \\ \times (\Phi^2 - 2\Phi \cos \theta_{0(n'+2)} + 1) / (\Phi^2 - 1) - \\ - 4\Gamma_0 \Phi \cos \theta_{0(n'+2)} / n_{\eta} (\Phi^2 + 2\Phi \cos \theta_{0(n'+2)} + 1) + \\ + \Phi \sin \theta_{0(n'+2)} \sum_{m=1}^n q_{\text{cr}} / (\Phi^2 - 1) + \\ + \sum_{m=1}^n q_{\text{cr}} \sin(\theta_{\text{cr}} - \theta_{0(n'+2)}) / (1 - \cos(\theta_{\text{cr}} - \theta_{0(n'+2)})), \quad (27)$$

где  $q' = \sum_{m=1}^n q_{\text{cr}} / q$  – коэффициент относительного расхода управляющего потока совокупности всех струй одного профиля круговой решетки.

Отсюда следует, что если в заданном диапазоне режимов течения  $k_{\eta}$  в круговой решетке аналитических профилей со струйными устройствами зафиксировано положение их задней критической точки в соответствии с условием Жуковского–Чаплыгина–Кутта, то при регулировании расхода управляющего потока через струйные устройства с обеспечением соблюдения соответствия уравнению связи ( $n' + 1$ ) точек вставления, включая и заднюю критическую точку  $\tau_{0(n'+2)}$ , будут зафиксированы на контуре профиля, в передней крити-

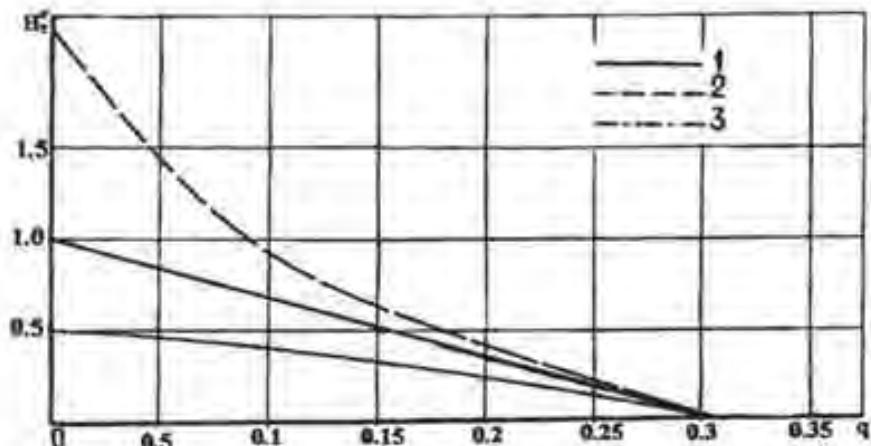


Рис. 2. Удельная идеальная аэродинамическая характеристика вращающейся круговой решетки аэрогазодинамических профилей:

1 – классический теоретический профиль; 2 – аэрогазодинамический профиль с положительным ширеисточником; 3 – аэрогазодинамический профиль с отрицательным ширеисточником

ческая точка ( $n' + 1$ ) будет перемещаться по контуру, при этом изменение циркуляции будет определяться уравнением (27).

На рис. 2 приведена удельная идеальная аэродинамическая характеристика вращающейся круговой решётки аэрогазодинамических профилей.

Полученные уравнения позволяют в обобщенном виде представить характеристики потенциального обтекания широкого класса круговых решёток профилей, установить наиболее характерные особенности и закономерности данного класса течений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамашвили И. Г., Левин В. И. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1969. 286 с.

2. Горгин С. М. Экспериментальная аэrodинамика. М.: Высшая школа, 1970. 423 с.

3. Иванов О. П., Манченко В. О. Аэродинамика и вентиляторы. Л.: Машиностроение, 1986. 280 с.

4. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1978. 736 с.

5. Смирнов В. И. Курс Высшей математики. М.: Наука, 1974. Т. 3. Ч. 2. 672 с.

6. Сагамахова Т. С. Расчет аэродинамических характеристик вращающихся круговых решёток профилей, очерченных по логарифмическим спиральям // Промышленная аэродинамика. М.: Машиностроение, 1966. Вып. 28. С. 33-59.

7. Сагамахова Т. С. К расчету вращающихся круговых решёток // Промышленная аэродинамика. М.: Машиностроение, 1973. Вып. 29. С. 129-136.

8. Шурмыгин В. М. Аэродинамика тел со струями. М.: Машиностроение, 1977. 200 с.

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ АЭРОДИНАМИКИ ОСЕВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ, СОЗДАВАЕМЫХ НА БАЗЕ АВИАЦИОННЫХ ВИНТОВ

С. А. Тимухин

Представлены аэродинамические характеристики винтов самолета, работающих в корпусе и установленных на месте. Дано сравнительная оценка аэродинамических и энергетических характеристик свободных винтов и винтов, работающих в корпусе и установленных на месте.

*Ключевые слова:* Аэродинамика, осевые вентиляторы, винты самолетов, сила тяги, мощность и КПД.

Main aerodynamic characteristics of aircraft propellers are presented, working in the body with bearing flanging and fixed in the place. Comparative assessment of aerodynamic and energy characteristics of free screws is given working in the body with bearing and fixed in the place.

*Key words:* aerodynamics, axial ventilators, screws of aircrafts, strength of traction, capacity and KPD.

Основным недостатком отечественных конструкций осевых вентиляторов, предназначенных для проветривания шахт, метрополитенов и тоннелей, являются их низкие массогабаритные показатели, значительно уступающие зарубежным аналогам. Например, масса базового для метрополитенов вентилятора ВОМ-18 с номинальными параметрами по подаче 42 м<sup>3</sup>/с и статическому давлению 510 Па превышает 10000 кг; а габариты в осевом направлении – более 7 м.

Такое положение обусловлено целым рядом факторов, среди которых наряду с несовершенством технологий изготовления машин является сложность их конструкции и проектирование рабочих колес на постоянную широкую, предполагающее конструкцию втулок колес большого диаметра (50-70 % от диаметра колес).

Перспективным, с точки зрения устранения отмеченных недостатков, может явиться применение при разработке осевых вентиляторов авиационных самолетных винтов, обладающих на порядок меньшей массой, чем существующие рабочие колеса машин при значительно большем коэффициенте их подачи. Высокая степень реверсивности винтов, особенно у некоторых их типов (разработаны

и полностью реверсивные винты), позволяет создавать на их основе вентиляторы без спрямляющих и направляющих аппаратов, а наличие привода с ТПЧ – осуществлять плавное и экономичное регулирование режимов работы машин без усложнения их конструкций. Однако создание осевых вентиляторов на базе авиационных винтов, оптимизация их геометрических и кинематических параметров сдерживается в настоящее время недостаточным развитием теории аэrodинамики таких машин.

В основе конструкций рассматриваемых вентиляторов лежит размещение самолетного воздушного винта в корпусе с отборовой (коллектором) и работа его на месте. Следовательно, теория свободного винта должна быть соответствующим образом дополнена и скорректирована с учетом этих обстоятельств.

Важнейшей аэродинамической характеристикой свободного винта является создаваемая им сила тяги  $T_B$ , а энергетической – мощность винта  $N_B$ , определяемые по следующим зависимостям [3, 4]:

$$T_B = C_t \frac{\rho U^2}{2} \pi R_i \quad (1)$$

$$N_B = m_k \frac{\rho U^3}{2} \pi R. \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха;  $U$  – окружная скорость по концам лопастей винта;  $R$  – радиус лопастей винта;  $C_p$ ,  $m_k$  – соответственно коэффициенты тяги и мощности винта, принятые в МАИ.

В основе теории свободных авиационных винтов лежат фундаментальные работы ЦАГИ и МАИ. Для подхода, принятого в ЦАГИ, характерно использование базовых коэффициентов тяги  $C_T$  и мощности  $C_{p_0}$  винта, для МАИ – аналогичных коэффициентов  $C_T$  и  $m_k$ , связанных между собой определенными соотношениями.

Из теории свободного винта [4]:

$$C_T = \frac{x}{3} \delta_7 C_{p_0}, \quad (3)$$

где  $x$  – концевые потери изолированного винта ( $x = 0,90 \div 0,94$ );  $C_{p_0}$  – относительный коэффициент подъемной силы;  $\delta_7$  – заполнение винта, вычисленное по характерному сечению лопасти.

$$\delta_7 = \frac{k \bar{b}_7}{\pi}, \quad (4)$$

где  $k$  – число лопастей винта (2, 3, 4, 6, 8);  $\bar{b}_7$  – относительная хорда лопасти в характерном сечении, расположении на  $\bar{r} = 0,7$ .

Для определения коэффициента  $m_k$  в работе [2] получено уравнение

$$m_k = \frac{1}{x^2} \frac{C_T^{3/2}}{\sqrt{2T_B}} + \frac{C_{p_0} \delta_7}{4}, \quad (5)$$

где  $C_{p_0}$  – берется по характерному сечению лопасти ( $\bar{r} = 0,7$ );  $T_B$  – относительная тяга винта [2].

После расчета коэффициентов  $C_T$  и  $m_k$  может быть определена сила тяги  $T_s$  и мощность  $N_s$  свободного винта, однако в рассмотренном случае это предстоит сделать в отношении системы «винт+корпус», т. е. для рассматриваемого осевого вентилятора.

Полная сила тяги такой системы – винта, работающего в корпусе и закрепленного на месте, очевидно будет складываться из силы тяги винта и корпуса:

$$T = T_s + T_c, \quad (6)$$

где  $T_s$  – сила тяги корпуса вентилятора, определяемая по уравнению [2]:

$$T_c = k m v_i, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент тяги корпуса;  $m$  – массовый секундный расход воздуха через винт;  $v_i$  – скорость воздуха в сечении винта.

Коэффициент тяги корпуса является функцией относительного радиуса кривизны от бортовки корпуса (коллектора вентилятора)  $r_k$ . По данным [2], значения этого коэффициента для диапазона  $r_k = (0 \div 0,3)$  лежат в пределах 0–0,465, что свидетельствует о важности правильного выбора параметра  $r_k$  при разработке и проектировании осевых вентиляторов с авиационными винтами. После определения полной силы тяги системы «винт+корпус» может быть определено её полное давление (по известной методике).

Важным является также вопрос о глубине расположения винта в корпусе вентилятора. Очевидно, что увеличение глубины расположения винта способствует выравниванию поля скоростей на входе в винт, следовательно, улучшению его аэродинамических характеристик. Данный вопрос на примере традиционных осевых машин изучался нами ранее [1]. Однако глубокое расположение винта влечет за собой увеличение сопротивления машины и, как следствие, – снижение развиваемого ей давления. Очевидно, что вопрос оптимизации глубины расположения винта в корпусе вентилятора рассматриваемого типа требует для себя дополнительной теоретической и экспериментальной проработки.

Важным является также энергетическая оценка рассматриваемой вентиляционной системы «винт+корпус» с различными значениями  $r_k$  и глубиной расположения винта в корпусе.

С учетом работы [2] получено уравнение для определения относительного к. п. д. рассматриваемой системы  $\eta_s$ :

$$\eta_s = \frac{C_T^{3/2}}{\sqrt{2T_s m_s}}, \quad (8)$$

Подставив сюда выражения (3) и (5), получим:

$$\eta_e = \frac{x_e^{\frac{3}{2}}}{1 + 1,84\sqrt{T_*} \cdot \frac{C_{sp}^2}{C_{yo}^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\delta_7}}}, \quad (9)$$

где  $x_e$  – концевые потери системы «винт+корпус» ( $x_e = 0,95+0,97$ ).

Сравним это выражение с известными для относительного к. п. д. свободного винта [4]:

$$\eta_{inv} = \frac{x_e^{\frac{3}{2}}}{1 + 2,6 \cdot \frac{C_{sp}^2}{C_{yo}^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\delta_7}}} \quad (10)$$

Выполним сравнение для случаев, когда оба винта одинаковы и работают при одинаковых углах атаки характерных сечений их лопастей (при одинаковой в обоих случаях величине

$$\frac{C_{sp}^2}{C_{yo}^2 \cdot \sqrt{\delta_7}}.$$

Рассматриваемое нами отношение  $\eta_e / \eta_{inv}$  будет следующим:

$$\frac{\eta_e}{\eta_{inv}} = \frac{x_e^{\frac{3}{2}}}{x_e^{\frac{3}{2}} + 0,708\sqrt{T_*}(x_e^{\frac{3}{2}} - 1)} \quad (11)$$

Компьютерный анализ этой зависимости в функции  $T_*$ ;  $\eta_{inv}$  – для глубокого и неглубокого расположения винтов показал, что для глубокого расположения винта при  $T_* = 0,15$  (сравнительно оптимальный вариант) прирост к. п. д. системы по сравнению с к. п. д. свободного винта (равного 0,7) составляет 15–17 %. При этом неглубокое расположение винта дает прирост около 10 %.

Пересчет полученных аэродинамических характеристик винта, работающего в корпусе, на другой диаметр или частоту вращения должен производиться на основе теории подобия воздушных винтов, достаточно подробно изложенной, например, в работе [4].

При этом в качестве модели следует брать винт с известными характеристиками и при условии сохранения его подобия с рассматриваемым винтом по формулам подобия

расчитать силу тяги и мощность на валу винта (в нашем случае на валу вентилятора).

Так как самолетные винты обладают значительно меньшей массой, чем рабочие колеса традиционных осевых вентиляторов, то в целом массо-габаритные показатели подобных машин на базе винтов будут несравненно выше, что наряду с достаточностью их аэrodинамических и энергетических параметров обеспечит им вполне определенные и очевидные преимущества, по сравнению с традиционными воздуходувными машинами.

Следует при этом сказать, что разработка и дальнейшее совершенствование лопастных авиационных винтов продолжаются и в настоящее время как в отечественной, так и в зарубежной практике. Ведущий в мире разработчик и изготовитель винтов компания Hartzell Propeller Inc. (США), имея богатый опыт в создании авиационных винтов, разработала первые в промышленности полностью реверсивные винты для корпоративных турбовинтовых самолетов и первый в авиационной технике полностью композитный винт. Компания была выбрана NASA как эксплуатационный партнер в области винтов для авиации общего назначения. Новые винты этой фирмы помогли установить мировые рекорды как в классе поршневых, так и турбовинтовых самолетов, что было достигнуто не только за счет применения совершенных композитных материалов, но и использования профиля винтов с увеличенной хордой.

Ведущей российской фирмой по разработке самолетных воздушных винтов, винтовентиляторов и др. является НПП «Аэросила», где впервые в отечественной практике был создан воздушный винт с лопастями из полимерных материалов и успешно решена самая проблемная задача создания легкой и надежной лопасти. После решения комплекса технологических и материаловедческих задач по композитным лопастям было создано принципиально новое производство лопастей из полимерных композиционных материалов, что позволяет уменьшить массу и габариты винтов, снизить уровень шума и увеличить ресурс винтов. Отсюда создаваемые на базе существующих самолетных винтов вентиляторы также имеют определенные резервы дальнейшего повышения своих эксплуатационных показателей.

Очевидно, что выполненный здесь теоретический анализ аэродинамических и энергетических характеристик осевых вентиляторов, создаваемых на базе авиационных винтов, может служить основой для их разработки и проектирования. Необходимо отметить также, что потребность в создании таких машин назрела уже давно, особенно для вентиляции метрополитенов, тоннелей и т. п., т. е. для работы на сети с относительно небольшими аэродинамическими сопротивлениями. Практически также применение таких вентиляторов для проветривания застойных зон глубоких карьеров в трубопроводных системах их аэрации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимухин С. А., Белов С. В., Евсеев А. В. Учет структуры воздушного потока перед коллектором вентилятора в компоновочных решениях главных вентиляторных установок // Известия вузов. Горный журнал. 1978. № 6. С. 116-118.
2. Шайдиков В. И. Влияние глубины расположения винта в кольце на аэродинамические характеристики системы для режима работы на месте // Известия вузов. Авиационная техника. 1960. № 2. С. 27-33.
3. Юрьев Б. Н. Аэродинамический расчет вертолетов. М., 1956. С. 405.
4. Юрьев Б. Н. Экспериментальная аэrodинамика. М.: ГИЗ. 1939. С. 292.

УДК 625.75:625.3676

## О НОРМИРОВАНИИ ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

В. З. Козин, Т. В. Нестерова

Описана стандартизация потерь полезных компонентов на обогатительных фабриках. Предложено определять нормы извлечения и потери полезных компонентов, исключая произвольное вычитание среднеквадратичных отклонений.

*Ключевые слова:* стандартизация, потери, норматив извлечения, полезные компоненты, среднеквадратичные отклонения.

Main principles are described of losses standardization of useful components at concentration plants. A technologically based approach is suggested to determine the norms of extraction of useful components, excluding arbitrary subtraction of root-mean-square discrepancies/deviations.

*Key words:* standardization, losses, useful components, norms of extraction, root-mean-square deviations.

Правила охраны недр при переработке минерального сырья, утвержденные Госгортехнадзором России 6 июня 2003 г., обязывают предприятия, осуществляющие первичную переработку получаемого ими из недр минерального сырья, обеспечить «наиболее полное использование продуктов и отходов переработки... содержащих полезные компоненты».

С этой целью для предприятий устанавливаются максимально допустимые содержания основных и попутных полезных компонен-

тов в отходах переработки (нормативы потерь). Пересчет нормативов потерь производится при значительном изменении качества сырья или при существенном изменении экономических условий переработки. Нормированию подлежат потери на всех стадиях переработки.

Для действующего горно-обогатительного предприятия норматив извлечения  $e$  (и потерь) определяется как функция вещественного состава сырья, допустимого случайного

отклонения извлечения от достигнутого максимума и возможного прироста за счет внедрения новых технологических решений:

$$\varepsilon^* = \varepsilon^* - 2S_e + \Delta\varepsilon,$$

где  $\varepsilon^*$  – технологически возможное извлечение в виде огибающей (максимальной) кривой обогатимости в зависимости от вещественного состава сырья в период расчета норматива потерь;  $S_e$  – среднеквадратичное отклонение извлечения по периоду времени, предшествующему периоду расчета норматива потерь;  $\Delta\varepsilon$  – величина прироста извлечения для набора организационно-технических мероприятий, обеспечивающих максимальный суммарный эффект.

В качестве норматива потерь принимается величина

$$100 - \varepsilon^*.$$

Нормирование потерь основывается на качественном контроле за состоянием технологического процесса и достаточном объеме научно-исследовательских работ по снижению потерь.

Нормируемыми потерями при переработке минерального сырья являются потери, зависящие от качества поступающего на переработку сырья, связанные с природным вещественным составом и принятой технологией переработки.

Устанавливаются проектные, текущие и перспективные нормативы потерь.

Проектные нормативы потерь устанавливаются при разработке проектов строительства (реконструкции) предприятия по номенклатуре основных и попутных компонентов, в утвержденных запасах, на основе экономических оценок вариантов добычи, рудоподготовки, обогащения, металлургической, химической переработки по каждому виду (разновидности) сырья. Проектный норматив потерь компонентов включается в состав проекта предприятия.

Текущие нормативы устанавливаются применительно к плановому составу перерабатываемого сырья, как правило, на пятилетний период или на 1 год по детализированной номенклатуре видов перерабатываемого сырья и продуктов переработки на действующих предприятиях.

При разработке мероприятий по совершенствованию технологического процесса или

программы (проекта) реконструкции предприятия по переработке полезного ископаемого, обеспечивающей снижение потерь, разрабатываются перспективные нормативы потерь.

Нормированию подлежат все технологические виды потерь. Как правило, не подлежат нормированию механические потери, в т. ч. и при транспортировании до потребителя. В общем случае допущенные механические потери по факту своего образования должны относиться к сверхнормативным потерям с применением за них экономических санкций. На всех предприятиях по переработке минерального сырья должны ежегодно разрабатываться и осуществляться меры по борьбе с механическими потерями.

Норматив потерь (извлечения) на действующем предприятии, как правило, не должен быть выше потерь (ниже извлечения), установленных проектом строительства (реконструкции) предприятия по переработке сырья, а также учитывать результаты последующих исследовательских работ по повышению извлечения полезных компонентов.

В отдельных случаях норматив потерь (извлечения) может быть выше (ниже) проектного на нормативный период освоения проектной мощности вновь построенного предприятия по переработке минерального сырья.

Основой установления нормативов являются:

- фактические технологические показатели работы предприятия;
- данные научно-исследовательских работ (исследования обогатимости), полупромышленных и промышленных испытаний по переработке отдельных промышленных типов (сортов) перерабатываемого сырья или их смесей;
- проекты строительства (реконструкции) предприятия, программы (проекты) реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий на базе прогрессивной техники и технологии;
- плановые, проектные и прогнозные данные по качеству сырья, подлежащего переработке, результаты эксплуатационной разведки и геолого-технологического картирования.

Для действующих предприятий текущий базовый норматив  $\varepsilon^*$  складывается:

- а) из технологически обусловленного (базового) извлечения, связанного с качеством

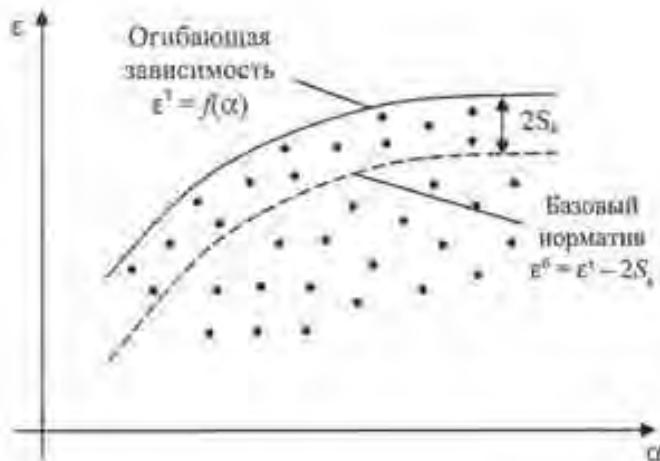


Рис. 1. К объяснению получения базового норматива извлечения

поступающего на переработку сырья и принятой проектной технологией –  $\varepsilon^1$ :

б) статистически определенного вероятного отклонения извлечения от максимально возможного для действующей технологии и вещественного состава перерабатываемого сырья ( $2S_1$ ):

$$\varepsilon^0 = \varepsilon^1 - 2S_1$$

Соответственно базовый норматив потерь составит  $100 - \varepsilon^0$ .

Технологически обусловленное извлечение определяется как огибающая поля корреляции для извлечения за предыдущий гол (рис. 1), построенного по смешанным данным. Обычно поле корреляции извлечения от массовой доли одноименного компонента в питании имеет четко выраженную верхнюю границу, по которой и проводится огибающая. Если наблюдаются отдельные точки над этой плавной границей, с уверенностью можно полагать наличие ошибки в их расчетах. Нижняя граница поля корреляции всегда размыта.

После вычисления  $S_1$  находится базовый норматив (см. рис. 1), как реально допустимое извлечение в зависимости от качества поступающего сырья  $\alpha$ .

Качество (стабильность) технологического процесса, достигнутое на действующем предприятии, непосредственным образом будет сказываться на величине  $\varepsilon^1$ . Чем больше разброс в показателях фабрики для одного и того же качества руды, тем меньший базовый норматив будет найден для нее.

Строго технологического обоснования нахождения базового норматива по формуле  $\varepsilon^0 = \varepsilon^1 - 2S_1$ , нет. Это вызывает сомнения в обоснованности такого норматива извлечения. Считается, что такой базовый норматив слишком занижен, что позволяет предприятиям «законно» оправдывать недостаточно высокие показатели. Несколько сглаживает это мнение добавка  $\Delta\varepsilon$ , для перспективного норматива, предполагающая увеличение извлечения (снижения потери) при условии внедрения обоснованных технических решений по увеличению извлечения, но это не снимает необоснованности назначения норматива в целом.

Произвольность назначения базового норматива вычитанием  $2S_1$  не изменяется при выборе любой другой величины (есть предложение вычесть  $1S_1$ ), так как очевидно, что поле корреляции  $\varepsilon - \alpha$  определяется не только качеством работы технологического персонала, но и другими объективными причинами, среди которых выделяются такие, как производительность по исходному, состояние оборудования и изменение вещественного состава руды (в пределах сорта).

Поэтому более обоснованными являются предложения находить базовый норматив как функцию, включающую кроме  $\alpha$  и эти факторы. Так как проводить многомерную огибающую без разработки специальных методик затруднительно, предлагается получать уравнение множественной регрессии, сопровождающееся отбраковкой сильно отклоняющихся в меньшую сторону показателей работы опять-таки некоторым произвольным об-

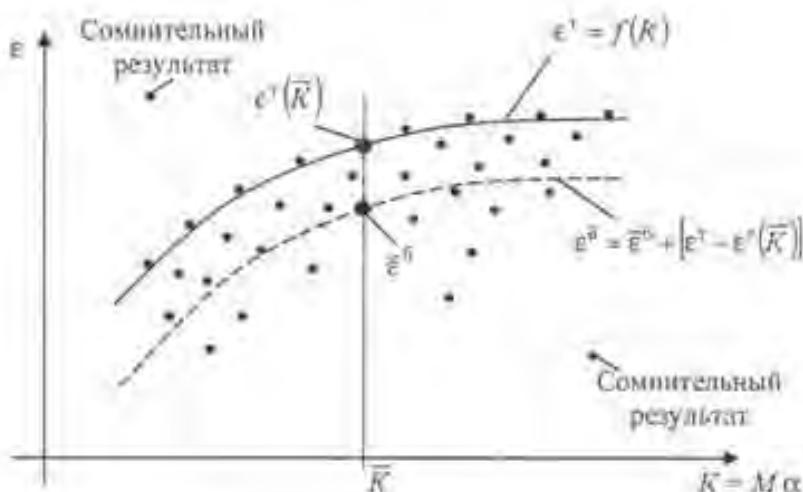


Рис. 2. Предлагаемый вариант получения базового норматива извлечения

разом. Такая процедура усложняет расчеты, а в качестве норматива устанавливается фактическая линия регрессии с произвольно отбракованными сменами.

Предлагается следующий подход к установлению базового норматива извлечения.

С целью сохранения простоты и наглядности целесообразно заменить на рис. 1 аргумент  $\alpha$  (массовую долю ценного компонента) на  $K$  – количество ценного компонента в исходном продукте. Так как  $K = M\alpha$ , где  $M$  – производительность (по сухому) по исходному, то наиболее сильно влияющий (кроме  $\alpha$ ) фактор – производительность – будет непосредственно включен в базовый норматив (рис. 2). Опыт такой обработки показал, что поле корреляции становится более определенным: меньше выбросов в нижнюю сторону, качественное очерчивается верхняя граница.

Состояние оборудования вводить в явном виде в норматив нецелесообразно. Это значит, что при подготовке статистического массива и его обработке показатели смен, проводимых с отклонениями от технологического регламента, следует обоснованно исключить. Это, в частности, смены, в которые производились остановки и пуски основного оборудования (неполные смены), смены, проведенные с зафиксированными в журналах нарушениями технологических режимов.

Очевидно, после этого следует выделить в массиве сомнительные данные. Обычно это видно по расположению точек на поле корре-

ляции. Выделенные данные следует проверить по всем доступным первичным документам и, найдя ошибку (описку и т. п.), исправить их. В случае невозможности такого исправления сомнительные данные следует исключить из рассмотрения, но приложить к расчету норматива с указанием причин исключения.

Для отсортированных таким образом данных находим среднее значение извлечения  $\bar{\epsilon}$ . Это значение по смыслу совпадает с базовым значением норматива, полученным для средних значений аргументов. Однако в этом случае исключается процедура вычитания величины  $2S$ , и фиксируется достигнутое предпринятием среднее значение извлечения  $\epsilon(\bar{K})$  для средних условий  $\bar{K}$  (исключая данные, полученные с отклонениями от технологического регламента).

Учет влияния вещественного состава руды целесообразно осуществлять путем построения полей корреляции для искомого компонента с другими влияющими и получения аддитивной огибающей функции.

Так для медно-цинковых обогатительных фабрик для получения норматива извлечения для меди нужно построить два поля корреляции:  $\epsilon_{Cu} = f(K_{Cu})$  и  $\epsilon_{Zn} = f(K_{Zn})$  (рис. 3).

Тогда при вычисленных значениях  $\bar{\epsilon}_{Cu}$ ,  $\bar{K}_{Cu}$ ,  $\bar{K}_{Zn}$  и найденных функциях  $\epsilon_{Cu}^*(K_{Cu})$  и  $\epsilon_{Zn}^*(K_{Zn})$  базовый норматив для извлечения меди

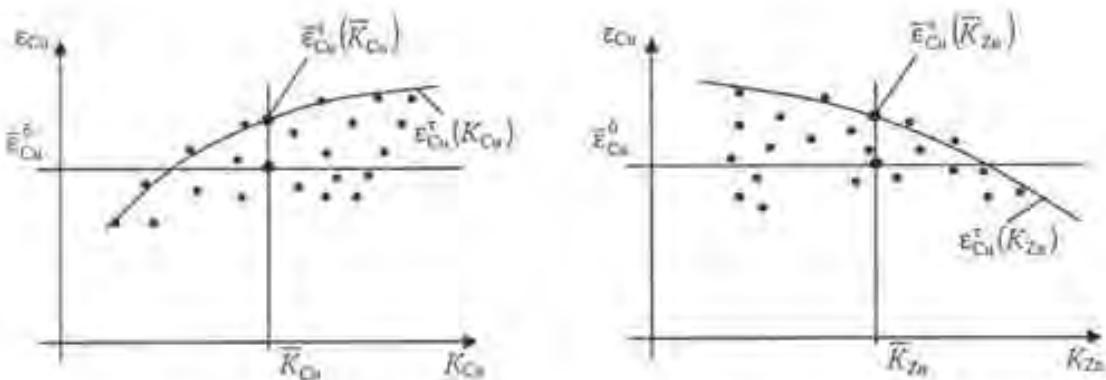


Рис. 3. Получение норматива извлечения для медно-цинковой фабрики  
(учет влияния вещественного состава руды)

$$\begin{aligned}\bar{\varepsilon}_{\text{Cu}}^6 &= \bar{\varepsilon}_{\text{Cu}} + [\varepsilon_{\text{Cu}}^t(K_{\text{Cu}}) - \varepsilon_{\text{Cu}}^r(\bar{K}_{\text{Cu}})] + \\ &+ [\varepsilon_{\text{Zn}}^t(K_{\text{Zn}}) - \varepsilon_{\text{Zn}}^r(\bar{K}_{\text{Zn}})].\end{aligned}$$

А при вычисленных значениях

$\bar{\varepsilon}_{\text{Cu}}$ ,  $\bar{K}_{\text{Cu}}$ ,  $\bar{K}_{\text{Zn}}$  и найденных функциях  $\varepsilon_{\text{Zn}}^r(K_{\text{Zn}})$  и  $\varepsilon_{\text{Cu}}^r(K_{\text{Cu}})$  базовый норматив для извлечения цинка

$$\begin{aligned}\bar{\varepsilon}_{\text{Zn}}^6 &= \bar{\varepsilon}_{\text{Zn}} + [\varepsilon_{\text{Zn}}^r(K_{\text{Zn}}) - \varepsilon_{\text{Zn}}^t(\bar{K}_{\text{Zn}})] + \\ &+ [\varepsilon_{\text{Cu}}^r(K_{\text{Cu}}) - \varepsilon_{\text{Cu}}^t(\bar{K}_{\text{Cu}})].\end{aligned}$$

Таким образом, технологически более обоснованно норматив извлечения определять так:

1. Формируется массив показателей работы фабрики за предыдущий год, включающий массовые доли основных и мешающих компонентов, производительность, нарушения технологического регламента.

2. Выполняется сортировка массива путем выделения в отдельную таблицу результатов, полученных с нарушениями технологического регламента.

3. Странятся поля корреляции как функции извлечений от расходов компонентов  $K$  (а не от массовых долей  $\alpha$ ).

4. Выполняется проверка сомнительных результатов и их исправление или исключение.

5. Вычисляются средние значения всех величин.

6. Странятся огибающие полей корреляций и определяются зависимости извлечений от расходов компонентов.

Записываются нормативы извлечений в виде

$$\bar{\varepsilon}_i^6 = \bar{\varepsilon}_i + \sum_j^k [\varepsilon_i^t(K_j) - \varepsilon_i^r(\bar{K}_j)],$$

Здесь  $\bar{\varepsilon}_i^6$  – базовый норматив извлечения  $i$ -го компонента;  $\bar{\varepsilon}_i$  – среднее значение извлечения  $i$ -го компонента для отсортированного и исправленного массива исходных данных;  $\varepsilon_i^t(K_j)$  – технологически возможное извлечение  $i$ -го компонента в зависимости от изменения расхода  $j$ -го компонента ( $i$  может быть равно  $j$ );  $\varepsilon_i^r(\bar{K}_j)$  – технологически возможное извлечение для среднего значения расхода  $j$ -го компонента  $\bar{K}_j$ ;  $k$  – число учитываемых в нормативе компонентов (основной и мешающие).

Изложенный подход является технологически обоснованным и исключает произвольные вычитания среднеквадратичных отклонений.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАЙМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА И ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА ВИБРОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

А. И. Афанасьев, А. А. Чиркова

В работе приводятся результаты исследований магнитно-индукционных импульсных двигателей, предназначенных для вибродвигательных машин.

Эксперименты показали, что с увеличением движущего импульса уменьшается относительный электромеханический импульс ( $F\Delta/\theta$ ), т. е. снижается КПД и эффективность работы двигателя. Экспериментально установлено, что некоторые движущие импульсы являются «длинными» и в момент начала возврата рабочего органа к положению равновесия превращаются в тормозные (усилие направлено навстречу скорости), существенно снижая КПД машины. Поэтому длительность движущего импульса, зависящую от величины индуктивности катушки и ѹмкости конденсаторов, следует согласовывать с периодом собственных колебаний ВТМ, т. е. параметрами динамической системы.

*Ключевые слова:* вибродвигательные машины, электромеханический импульс, длительность движущего импульса, период собственных колебаний.

Results are given of investigations of magnetic-induction impulse engines, designed for vibrotransport machines (VTM). Experiments showed that with increasing of moving impulse relative electric-mechanical impulse is decreasing i.e. efficiency factor is decreased and efficiency operation of engine. Experimentally it was established that some moving impulses are «long» and at the moment of returning of a working unit to equilibrium position they are turned into braking impulses (they are directed toward velocity) decreasing coefficient of useful operation of the machine greatly. So, the length of moving impulse depending on the magnitude of coil inductivity and capacity of condensers, must be coordinated with the period of own oscillations VTM, i.e. with parameters of dynamic system.

*Key words:* vibrotransport machines, electric-mechanical impulse, length of moving impulse, period of own oscillations.

Основы теории линейных электромагнитных двигателей, используемых в качестве привода в отбойных молотках, в вибродвигательных машинах и т. п., были освоены в работах [1, 2, 3, 4]. Новые электромагнитные линейные двигатели проектировались на основе теории подобия. Обоснованность выбора их рациональных параметров и режимов работы была подтверждена результатами экспериментальных исследований. Однако использовать в полном объеме предложенные методики для определения параметров магнитно-индукционных двигателей, имеющих накопитель энергии, затруднительно, так как закон изменения тока в катушке существенно отличается от синусоидального и зависит от

параметров электрической части (емкости конденсаторов, геометрических параметров катушки и магнитопровода), а также параметров динамической системы (массы рабочего органа, коэффициента жесткости) машины и хода якоря. В процессе движения якоря происходит изменение потокосцепления, рабочего зазора и индуктивности катушки, причем индуктивность нелинейно увеличивается при уменьшении рабочего зазора. Аналитически рассчитать величину движущего импульса, необходимого для обеспечения заданной амплитуды колебаний якоря и связанного с ним рабочего органа вибродвигательных машин (ВТМ), не представляется возможным.

Результаты испытаний магнитно-индукционного двигателя вибротранспортной машины

Импульс движущей силы $F\Delta t$ , Н·с	Эквивалентная намагничивающая сила $\theta_0$ , А·с·виток	Время нарастания тока до максимума $t_{\max}$ мс	Время импульса $\Delta t$ , мс	Относительный электромеханический импульс $F\Delta t/\theta_0$ , Н·с/А·с·виток	Расчетное время достижения рабочим органом крайнего положения $t_r$ , мс
8,8	280	8	34	0,0314	46
13,9	465	12	50	0,0298	42
16,6	585	16	60	0,0284	44
21,4	790	26	68	0,0271	48

В данной работе рассматриваются машины с присоединенной массой, существенно большей, чем масса якоря, что характерно для ВТМ. Ход якоря в этих машинах принимается не больше половины длины катушки. Исследования проводились на стенде, позволяющем изменять массу рабочего органа и якоря, коэффициент жесткости опор, величину движущего импульса. В ходе эксперимента фиксировались величина тока в катушке, время его протекания, отклонение рабочего органа от положения равновесия, частота собственных колебаний, положение якоря в момент подачи тока в катушку. Для замера этих параметров использовались соответствующие средства измерения, прошедшие поверку и тарировку. В таблице приведены средние по пяти опытам результаты эксперимента импульсного двигателя.

Анализ результатов эксперимента показал, что с увеличением движущего импульса уменьшается относительный электромеханический импульс ( $F\Delta t/\theta_0$ ), т. е. снижается КПД и эффективность работы двигателя. Объяснить это явление возможно, рассмотрев процесс движения рабочего органа при воздействии на него движущего импульса. Максимальное отклонение рабочего органа при воздействии на него импульса силы длительностью  $(0,1 \dots 0,25)T$  ( $T$  – период собственных колебаний системы) зависит от формы импульса. Осциллограмма тока в катушке магнитно-индукционного двигателя имеет в первом приближении треугольную форму, следовательно, форма движущего импульса также близка к треугольной. Из осциллограммы вид-

но, что время нарастания тока до максимума в 3...4 раза меньше времени уменьшения его до нуля, т. е. форма импульса является несимметричной. Движение системы следует рассматривать на двух этапах: на первом этапе движущее усилие ( $F_0$ ) возрастает до максимума за время  $t_{\max}$ , на втором – движущее усилие уменьшается до нуля.

Учитывая, что рама экспериментальной установки жестко закреплена на фундаменте и ее масса в 15 раз больше массы рабочего органа, эквивалентную расчетную схему ВТМ можно представить в виде одномассовой односвязной системы. Потерями энергии в опорах (материале и соединениях деталей – парах трения)виду их относительно небольшой величины можно пренебречь, что не внесет существенной погрешности в расчеты.

Дифференциальное уравнение движения рабочего органа с якорем на первом этапе имеет вид

$$m\ddot{x} = \frac{F_0 t}{t_{\max}} - cx, \quad (1)$$

где  $F_0$  – максимальное движущее усилие, Н;  $t_{\max}$  – время нарастания движущего усилия до максимума, с;  $m$  – приведенная масса рабочего органа с якорем, кг;  $c$  – приведенная жесткость динамической системы, Н/м.

Используя начальные условия:  $t=0, x=0$ ;  $\dot{x}=0$ , определяем постоянные коэффициенты решения уравнения (1), а затем при подстановке времени окончания первого этапа ( $t=t_{\max}$ ) находим конечные условия первого этапа, т. е. начальные условия движения системы на втором этапе:

$$x_{20} = \frac{F_0}{ct_s} \left( t_s - \frac{\sin pt_s}{p} \right);$$

$$\dot{x}_{20} = \frac{F_0}{ct_s} (1 - \cos pt_s).$$

Дифференциальное уравнение движения рабочего органа с якорем на втором этапе имеет вид (отсчет времени ведется от  $t_s$ )

$$m\ddot{x}_2 = F_0 \left( 1 - \frac{1}{t_s - t_u} \right) - cx_2, \quad (2)$$

где  $t_u$  – длительность движущего импульса, с.

Общее решение дифференциального уравнения (2) имеет вид

$$x_2 = A \sin pt + B \cos pt + Dt + N, \quad (3)$$

где  $p$  – частота собственных колебаний динамической системы, рад/с.

Подставляя начальные условия второго этапа в уравнение (3), получим:

$$x_2 = \frac{F_0}{c} \left\{ \frac{1}{pt_u} \left[ \frac{t_u}{t_s - t_u} + (1 - \cos pt_s) \right] \times \right. \\ \left. \times \sin pt - \frac{\sin pt_s - \cos pt - \frac{t}{t_s - t_u} + 1}{pt_s} \right\}. \quad (4)$$

Максимальное отклонение рабочего органа от положения равновесия будет при  $\dot{x} = 0$ . Из этого условия находится время движения рабочего органа до крайнего положения:

$$\left[ \frac{1}{t_s - t_u} + \left( 1 - \frac{\cos pt_s}{t_s} \right) \right] \cos pt_{x_2} + \\ + \frac{\sin pt_s \sin pt_{x_2} - \frac{1}{t_s - t_u}}{t_s} = 0. \quad (5)$$

Решая это трансцендентное уравнение, находим время ( $t_x$ ) движения рабочего органа до крайнего положения («мертвой» точки).

В таблице приведены результаты расчетов времени максимального отклонения рабочего органа по данным: частота собственных колебаний динамической системы ВТМ – 6,6 Гц, приведенная жесткость – 48000 Н/м. Эти результаты показывают, что движущие импульсы во 2-м, 3-м и 4-м опытах являются «липкими» [1]. Движущие импульсы в момент начала возврата рабочего органа к положению равновесия превращаются в тормозные (усилие направлено навстречу скоро-

сти), существенно снижая КПД машины. Поэтому длительность движущего импульса, зависящую от величины индуктивности катушки и емкости конденсаторов, следует согласовывать с периодом собственных колебаний ВТМ, т. е. параметрами динамической системы. Это целесообразно производить путем подбора числа витков катушки, а затем корректировать величиной емкости конденсаторов.

Следует отметить, что при прочих равных условиях уменьшение времени движущего импульса приводит к снижению энергетической эффективности работы магнитно-индукционного двигателя. При коротком импульсе в катушке протекает относительно большой ток, что приводит к значительному росту потерь в магнитопроводе и катушке.

Таким образом, из уравнения (5) можно по заданной частоте колебаний рабочего органа ВТМ (периоде собственных колебаний) определить время движения рабочего органа до крайнего положения и, используя известные зависимости [1, 2, 3, 4, 5], выбрать два основных параметра магнитно-индукционного двигателя с источником питания – индуктивность катушки и емкость конденсаторов.

**Вывод.** Длительность электромеханического импульса магнитно-индукционного двигателя должна составлять (0,75...1,0) четверти периода собственных колебаний динамической системы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вибрации в технике: Справочник. Т. 6. Звуковая вибрация и удары / Под ред. К. В. Фролова. М.: Машиностроение, 1981. 456 с.
2. Импульсный электромагнитный привод / Под ред. Н. П. Ряшенцева. Новосибирск: Наука, 1988. 163 с.
3. Ряшенцев Н. П., Тимошенко Е. М., Фролов А. В. Теория, расчет и конструирование электромагнитных машин ударного действия. Новосибирск: Наука, 1970. 251 с.
4. Ряшенцев Н. П., Милюнченко А. Н. Введение в теорию энергопреобразования электромагнитных систем. Новосибирск: Наука, 1987. 157 с.
5. Электромагнитные импульсные системы / Под ред. Н. П. Ряшенцева. Новосибирск: Наука, 1989. 176 с.

# КРИТЕРИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСОВ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ И ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

С. А. Тимухин, А. Х. Зарипов

Впервые в функции времени получены критериальные зависимости энергетической эффективности комплексов главных вентиляторных и водоотливных установок, позволяющие давать объективную оценку энергетики установок как сложных систем (комплексов).

*Ключевые слова:* критерии, зависимости, главные вентиляторные и водоотливные установки, комплексы, энергетика, эффективность.

For the first time in function of time criterional dependences have been received of energy efficiency of complexes of main ventilator-water-removing installations, enabling to give objective assessment of installations energetics as complicated systems (complexes).

*Key words:* criteria, dependence, main ventilator and water-removing installations, complexes, energetics, efficiency.

Очевидно, что баланс энергии в поверхностном комплексе главной вентиляторной установки (ГВУ) и шахтной вентиляционной сети (ШВС) следует рассматривать в рамках одной целостной системы в позиции соответствующих общесистемных критериев энергетической эффективности. Последнее в полной мере согласуется и с классическим в горной механике определением турбоустановки как совокупности турбомашины и внешней сети.

Как показано нами ранее [1], общесистемными показателями энергетической эффективности ГВУ является общий КПД установок и их удельное электропотребление (расход энергии за определенное время, отнесенный к одному м<sup>3</sup> свежего воздуха, поданного за это время в шахту; сетевая мощность привода, отнесенная к одному м<sup>3</sup>/с воздуха, подаваемого вентилятором в шахту).

Общий КПД ГВУ  $\eta_g$  определяется как произведение:

$$\eta_g = \eta_{se} \eta_{pr} \eta_{vt} \eta_{sh}, \quad (1)$$

где  $\eta_{se}$ ,  $\eta_{pr}$ ,  $\eta_{vt}$ ,  $\eta_{sh}$  – значения КПД электрической сети, привода, вентилятора и вентиляционной сети (вентиляционные кампании в поверхностном комплексе включены в состав ШВС) соответственно.

Значения  $\eta_{se}$ ,  $\eta_{pr}$ ,  $\eta_{vt}$  могут быть легко определены по соответствующим техни-

ческим характеристикам машин. При анализе параметра  $\eta_{sh}$  будем исходить из того, что полезная гидравлическая мощность ВГП  $N_h = Q_v P_{sh}$ , где  $Q_v$  – подача вентилятора;  $P_{sh}$  – статическое давление вентилятора, полностью передается перемещаемому в сеть потоку воздуха. Следовательно, она является входной гидравлической мощностью ШВС.

В общем случае значение КПД вентиляционной сети может быть представлено как отношение полезной работы, совершаемой в ней, ко всей затраченной.

Будем считать при этом, что движение воздуха в сети обусловлено только работой ВГП (без учета влияния естественной тяги или каких-либо других источников).

В этом случае удельная полезная работа в сети из расчета перемещения 1 кг воздуха по цепи последовательно соединенных горных выработок, например, для условий всасывающей ГВУ

$$W_h = R T \ln \frac{P_{sh}}{P_{max}}, \quad (2)$$

где  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – температура перемещаемого воздуха, °К;  $P_{sh}$  – абсолютное давление воздуха на входе в сеть (атмосферное давление);  $P_{max}$  – абсолютное давление

воздуха на выходе из сети (перед коллектором или входной коробкой ВГП).

В нормальных условиях проветривания принято считать процесс изменения состояния воздуха в каждой выработке, а следовательно, и во всей сети в целом изотермическим (понижение температуры воздуха, которое должно было бы происходить вследствие понижения его давления, практически компенсируется нагревом за счет теплоты трения [2]). Следовательно, в формуле (2) значение температуры воздуха  $T$  может быть принято постоянным при его движении от входа до выхода из ШВС.

Полная удельная работа в ШВС из расчета перемещения 1 кг воздуха за время движения  $t_{av}$  с учетом входной мощности

$$N_p = Q_p P_{av} = M_p \frac{P_{av}}{\rho}, \quad (3)$$

где  $M_p$  — массовая подача вентилятора.

$$W_{\text{шах}} = \frac{P_{av} t_{av}}{\rho}, \quad (4)$$

где  $\rho$  — плотность воздуха (среднеарифметическое для сети значений):

$$t_{av} = \frac{L_c}{v_{cp}},$$

где  $v_{cp}$  — средневзвешенное значение скорости воздуха;  $L_c$  — длина вентиляционной сети.

Отсюда КПД ШВС

$$\eta_{av} = \frac{W_p}{W} = \frac{\rho R T}{P_{av} J_{av}} \ln \frac{P_{av}}{P_{max}} \quad (5)$$

Анализ уравнения (5) показывает, что энергетическая эффективность вентиляционных сетей зависит в первую очередь от времени прохождения воздуха через них и, следовательно, от скорости вентиляционных потоков. Значительное влияние на нее оказывает также статическое давление ВГП, обусловленное величиной общешахтной депрессии.

По формуле (5) выполнены расчеты фактических значений КПД вентиляционных сетей ряда рудников цветной металлургии Урала (см. таблицу). Расчеты наглядно показали весьма значительную зависимость энергетической эффективности ШВС от их депрессии. Отсюда очевидна целесообразность и эффективность любых мероприятий по снижению сопротивления и герметизации вентиляционных сетей для уменьшения энергозатрат на общешахтное проветривание.

Следует отметить, что чрезвычайно низкая энергетика шахтных вентиляционных сетей (следовательно, и ГВУ в целом) обусловлена их спецификой: весьма значительным аэродинамическим сопротивлением сетей, высоким уровнем объемных потерь в них при незначительной величине энергии, полезно расходуемой на перемещение воздушных потоков по сети, т. е. на сам процесс проветривания горных выработок.

С учетом того, что полезной работой, совершаемой на ГВУ, является полезная работа, совершаемая в ШВС, ее общий коэффициент полезного действия:

$$\eta_r = \frac{W_p}{W_{\text{шах}} + W_{\text{ГВУ}}} = \eta_{av} \eta_{cp} \eta_{av} \frac{\rho R T}{P_{av} J_{av}} \ln \frac{P_{av}}{P_{max}}, \quad (6)$$

#### Оценка энергетической эффективности шахтных вентиляционных сетей некоторых рудников Урала

Предприятие, вентиляционный ствол, тип ВГП	$Q_v, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_p, \text{ м}^3/\text{с}$	$P_{av}, \text{ Па}$	$\eta_{av}, \%$
ОАО «Севуралбокситруд», шахта № 13 ЮВС, ВЦД - 32	220,5	116,8	4086	0,22
СВС, ВЦД - 47 «Север»	210,4	111,5	2231	0,37
ОАО «Севуралбокситруд», шахта № 15 СВС, ВЦД - 31,5	245,0	171,5	4258	0,22
ЮВС, ВЦ - 25	94,0	66,0	1654	0,61
ОАО «Севуралбокситруд», шахта «Черемуховская»	172,7	86,4	2356	1,2
СВС, ВЦД - 31,5; Ствол № 9 накл.	136,0	68,0	2971	0,69
Крылатовский рудник, ДРУ СВС, ВОД - 21ч	57,0	47,8	465	7,7

где  $W_{\text{пол}} - \text{полная удельная работа установки из расчета перемещения ее по сети}$  1 кг воздуха.

Данное уравнение, полученное в результате рассмотрения общего баланса энергии в системе ВГП+ЦВС, позволяет давать объективную оценку энергоэффективности комплексов главных вентиляторных установок.

Очевидно, что с учетом общей теории турбоустановок критерий энергоэффективности комплексов главных водоотливных установок должен устанавливаться каким-то аналогичным образом, учитывающим специфику шахтного водоотлива.

Как известно, полезная гидравлическая мощность ( $N_p$ , Вт), передаваемая насосом перемещаемому им потоку воды, определяется в общем случае по формуле

$$N_p = \rho g Q H_p \quad (7)$$

где  $Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;  $H_p$  – манометрический напор насоса, м;  $\rho$  – плотность шахтной воды, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

В трубопроводе нагнетательного става водоотливной установки осуществляется подъем воды на геометрическую (геодезическую) высоту водоподъема ( $H_t$ ), ее перемещение по ставу (динамический напор –  $H_d$ ) и связанное с этим преодоление его сопротивления (потери напора в ставе –  $\Delta H_{st}$ ). Кроме этого в трубопроводе происходит нагрев воды, обусловленный трением воды о стенки трубопровода.

В соответствии с этим полезная гидравлическая мощность ( $N_p$ ) потока воды в трубопроводе разделяется на следующие составляющие, Вт:

$$N_p = N_{\text{под}} + N_{\text{ст}} + N_{\text{тр}}, \quad (8)$$

где  $N_{\text{под}}$ ,  $N_{\text{ст}}$ ,  $N_{\text{тр}}$  – мощности, необходимые соответственно для подъема воды, перемещения воды, преодоления сопротивления трубопровода при перемещении по нему воды (потерей гидравлической энергии, связанной с превращением ее в теплоту, в условиях нашей задачи пренебрегаем ввиду ее незначительности).

Проанализируем зависимости  $N_p$ ,  $N_{\text{под}}$ ,  $N_{\text{ст}}$ ,  $N_{\text{тр}}$  в функции времени перемещения воды по трубопроводу. Мощность, необходимая для подъема воды на высоту  $H_t$ , определяется по следующей формуле, Вт:

$$N_{\text{под}} = \rho g Q H_t. \quad (9)$$

Выразив подачу насоса  $Q$  через площадь сечения трубопровода (внутренний диаметр  $d_{\text{тп}}$  и скорость движения воды в нем  $v_{\text{тп}}$ ):

$$Q = \pi \frac{d_{\text{тп}}^2 v_{\text{тп}}}{4}, \quad (10)$$

получим

$$N_{\text{под}} = \frac{\rho g \pi d_{\text{тп}}^2 v_{\text{тп}} H_t}{4}, \quad (11)$$

$$\text{где } v_{\text{тп}} = H_t / t_{\text{зп}}$$

Так как насосные камеры обычно располагаются в непосредственной близости от шахтных стволов, с небольшим допущением можно принять, что  $H_t = L_{\text{тп}}$ , где  $L_{\text{тп}}$  – геометрическая длина трубопровода, м.

С учетом вышеприведенных замечаний уравнение (11) запишем в следующем виде:

$$N_{\text{под}} = 0,25 \frac{\rho g \pi d_{\text{тп}}^2 H_t^2}{t_{\text{зп}}} \quad (12)$$

Таким образом, мощность, необходимая для подъема воды, находится в обратно пропорциональной зависимости от времени  $t_{\text{зп}}$ . Однако количество энергии, затраченной на данный процесс в водоотливной установке, от времени зависит не будет, поскольку это процесс увеличения потенциальной энергии системы.

Мощность, необходимая для перемещения воды по трубопроводу, определяется по формуле

$$N_{\text{ст}} = \rho g Q H_d, \quad (13)$$

где  $H_d$  – динамический напор, м.

$$\text{Так как } H_d = v_{\text{тп}}^2 / 2g$$

$$\text{то } N_{\text{ст}} = 0,125 \frac{\rho g \pi d_{\text{тп}}^2 H_d}{t_{\text{зп}}} \quad (14)$$

Анализ полученного уравнения показывает: как мощность, так и расход энергии на перемещение воды по трубопроводу являются функцией времени.

Мощность, необходимая на преодоление сопротивлений трубопровода, определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{им}} = \rho g Q \Delta H_{\text{тр}}, \quad (15)$$

где  $\Delta H_{\text{тр}}$  – потери напора в трубопроводе, определяемые по формуле

$$\Delta H_{\text{тр}} = \frac{\left( \frac{\lambda L_{\text{тр}}}{d_{\text{тр}}} + \sum \xi_{\text{тр}} \right) v^2}{2g}, \quad (16)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения воды о стенки трубопровода;  $\sum \xi_{\text{тр}}$  – сумма местных сопротивлений трубопровода.

Подставляя выражения (14) и (16) в уравнение (15), получим

$$N_{\text{им}} = \frac{0.125 \rho g \pi d_{\text{тр}}^2 H_i^3 \left( \frac{\lambda H_i}{d_{\text{тр}}} + \sum \xi_{\text{тр}} \right)}{I_{\text{тр}}^2}. \quad (17)$$

Очевидно, что выводы относительно характера и вида зависимости мощности сопротивлений трубопровода от скорости движения воды в нем, а также расхода энергии на преодоление сопротивления трубопровода аналогичны изложенным выше зависимостям относительно мощности перемещения воды.

Просуммировав выражения (14) и (17), получим общую зависимость  $(N_{\text{им}} + N_{\text{им}}) = f(t_{\text{им}})$ :

$$N_{\text{им}} + N_{\text{им}} = \frac{0.125 \rho g \pi d_{\text{тр}}^2 H_i^3 \left( \frac{\lambda H_i}{d_{\text{тр}}} + \sum \xi_{\text{тр}} + 1 \right)}{I_{\text{тр}}^2}. \quad (18)$$

Проанализируем зависимость КПД трубопровода от времени продвижения в нем воды. Зная, что

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{им}} + H_{\text{им}}}{N_{\text{им}} + N_{\text{им}} + N_{\text{им}}}, \quad (19)$$

подставив значения уравнений (17) и (18) в (19), после соответствующих преобразований приведем данное выражение к виду

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{2 g I_{\text{тр}}^2 + H_i}{2 g I_{\text{тр}}^2 + H_i \left( \frac{\lambda H_i}{d_{\text{тр}}} + \sum \xi_{\text{тр}} + 1 \right)}, \quad (20)$$

Из уравнения (20) видно, что КПД трубопровода шахтной водоотливной установки является функцией времени движения воды по трубопроводу.

С учетом (20) общий КПД шахтной водоотливной установки как целостной системы, состоящей из следующих подсистем: электрической сети (система электроснабжения), привода, насоса и трубопроводного става, запишется в следующей виде:

$$\eta_{\text{вс}} = \eta_{\text{э}} \eta_{\text{пр}} \eta_{\text{н}} \frac{2 g I_{\text{тр}}^2 + H_i}{2 g I_{\text{тр}}^2 + H_i \left( \frac{\lambda H_i}{d_{\text{тр}}} + \sum \xi_{\text{тр}} + 1 \right)}, \quad (21)$$

где  $\eta_{\text{э}}$ ,  $\eta_{\text{пр}}$ ,  $\eta_{\text{н}}$  – соответственно КПД электрической сети, привода и насоса.

Таким образом, общий КПД комплекса шахтной водоотливной установки в целом, также как и трубопроводного става, является функцией времени.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ташукан С. А. Обоснование рабочих областей главных вентиляторных установок // Изв. вузов. Горный журнал. 1996. № 7. С. 110-114.
2. Медведев Б. Н., Гущин А. М., Лобов В. Л. Естественная тяга пущенных шахт. М.: Недра, 1985. 77 с.

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ВВ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД УДЛИНЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ

И. М. Мурзиков, А. И. Ермолаев

Рассмотрен механизм распределения энергии ВВ при взрыве удлиненных зарядов на две обнаженные плоскости. Выделено три области заряда ВВ с разным характером выделения в энергии ВВ и определены объемы разрушения от каждой части заряда. Показано, что выбор параметров БВР должен осуществляться с учетом особенностей выделения энергии ВВ из конкретной части заряда.

*Ключевые слова:* заряд ВВ, энергия заряда ВВ, сосредоточенный заряд ВВ, удлиненный заряд ВВ.

Mechanism is considered of distribution of ES energy onto two uncovered/exposed surfaces/planes in blasting of lengthened charges. Three areas of ES charges are distinguished with various character of energy liberating of ES and volumes of destruction from each part of charge are identified. It is shown that choice of drilling-blasting operations must be chosen accounting peculiarities of energy liberated by ES from a particular part of the charge.

*Key words:* energy, rocks, destruction, lengthening charges.

Общизвестно понятие сосредоточенного заряда ВВ, которое в разных источниках рекомендуется принимать как заряд длиной не более 5-6 его диаметров [1]. Есть рекомендации принимать длину сосредоточенного заряда при диаметре до 100 мм равной не более шести диаметров, а при диаметре более 100 мм – не более трех диаметров [2]. Однако следует отметить, что условность таких рекомендаций очевидна, и они не отвечают требованиям практики. Это определяет большой диапазон разброса параметров БВР и их точность.

В практике широкое распространение получили удлиненные заряды ВВ, которые по длине значительно превышают выше указанные показатели.

Принимая во внимание, что одним из условий взрываания удлиненных зарядов ВВ является наличие не менее двух обнаженных плоскостей, рассмотрим распределение энергии ВВ удлиненного заряда (рис. 1).

Чтобы обеспечить управляемое дробление массива, верхняя часть удлиненного заряда ВВ должна находиться на глубине оптимального заложения заряда ВВ данного диаметра. При уменьшении этой глубины часть

энергии заряда ВВ будет расходоваться неэффективно. При заглублении этой части заряда ВВ на большую глубину часть массива горных пород не будет обеспечена управляемым дроблением и останется в виде «кошырька» или обрушится под собственным весом. Т. е. можно утверждать, что при взрывании удлиненных зарядов ВВ верхняя часть его должна находиться на оптимальной глубине заложения заряда ВВ данного диаметра. Эта же величина зарядной подости определяет и максимально возможную длину забоевой полости.

Исходя из таких представлений, на рис. 1 нетрудно заметить, что при взрывании удлиненного заряда можно выделить как минимум три области заряда ВВ, которые отличаются как сопротивлением массива горных пород, так и разным характером выделения энергии ВВ каждого участка заряда в массиве.

Верхняя часть заряда ВВ выщелкивает энергию ВВ в массив объемом полушара с радиусом действия сосредоточенного заряда, равного оптимальной глубине заложения заряда ВВ данного диаметра и радиуса камуфлетного разрушения массива данным зарядом ВВ.

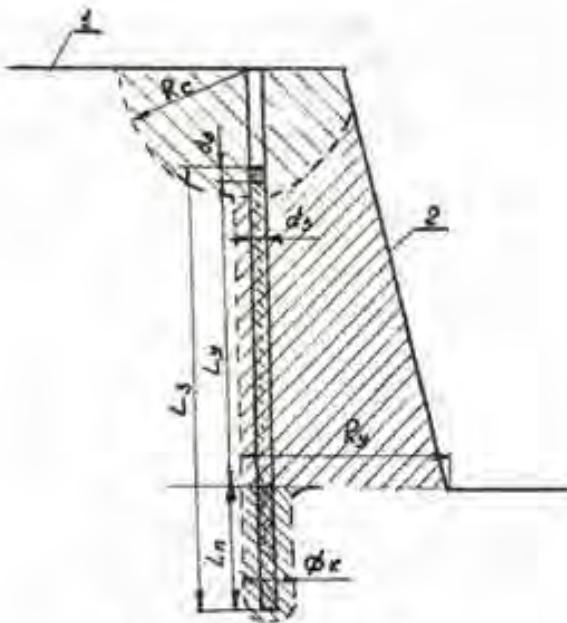


Рис. 1. Зоны разрушения энергии ВВ при взрыве удлиненного заряда

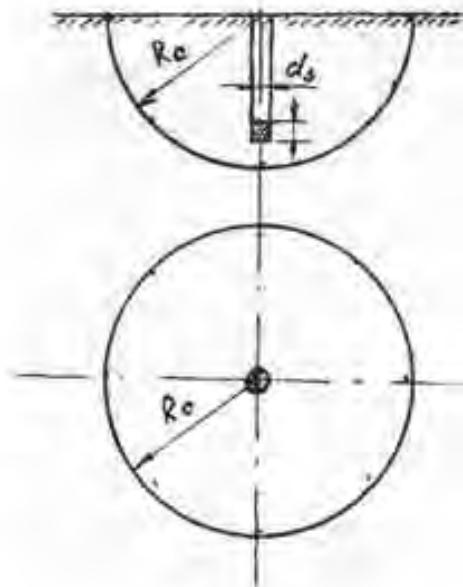


Рис. 2. Форма разрушения от взрыва верхней части заряда

Объем взорванной горной массы

$$V = 2/3 \pi R_y^3,$$

где  $R_y$  – радиус действия сосредоточенного заряда ВВ, который равен оптимальной глубине заложения заряда ВВ данного диаметра и радиусу камуфлетного разрушения массива данным зарядом ВВ.

Форма такого разрушения представлена на рис. 2.

Условные обозначения к рис. 1 и 2:

$L_y$  – общая длина удлиненного заряда ВВ, м; ВВ в перебуре, м;  $L_z$  – длина удлиненной части заряда;  $d_y$  – диаметр заряда ВВ, м;  $L_x$  – длина заряда в перебуре.

Энергия от этой части заряда ВВ распространяется в область горных пород, которая представлена полуцилиндром (рис. 3) с радиусом действия удлиненного заряда ВВ данного диаметра, который равен сумме радиусов камуфлетного разрушения массива и радиусом разрушения удлиненной частью заряда ВВ:

$$R_y = R_c + R_{y'},$$

где  $R_y$  – радиус разрушения удлиненной части заряда ВВ, м;  $R_c$  – радиус разрушения массива зарядом ВВ при камуфлете, м;  $R_{y'}$  – оптимальная глубина заложения удлиненного заряда ВВ, м.

Выделение энергии ВВ этой части заряда в массив можно представить на рис. 3, а объем разрушения, м<sup>3</sup> – формулой

$$V_y = \pi R_y^2 L_y,$$

Из условий сравнения объемов разрушения различных частей заряда следует, что радиус разрушения удлиненной части заряда ВВ равен 1,5-1,7 радиуса разрушения сосредоточенного заряда того же диаметра.

Объем разрушения камуфлетным зарядом в перебуре представлен цилиндром с радиусом разрушения 3-5 диаметров заряда ВВ, с высоким удельным расходом ВВ и для удлиненного заряда ВВ является условием, чтобы исключить торцевое распределение энергии ВВ в нижней части заряда подобно сосредоточенному заряду ВВ. Это определяет технологические условия взрываивания удлиненных зарядов ВВ и является непроизводительной потерей ВВ.

Кроме рассмотренных участков удлиненного заряда ВВ при взрыве можно предположить о наличии как минимум не менее двух участков с переходными областями, где распределение энергии ВВ при взрыве является более сложным.

Таким образом, существующие методы размещения ВВ во взрываемом массиве, методы расчета параметров БВР, схемы соеди-

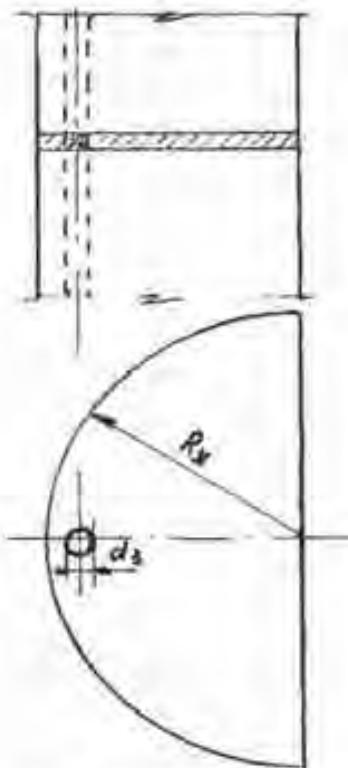


Рис. 3. Форма разрушения от взрыва удлиненной части заряда

нения и очередности взрывания зарядов ВВ не учитывают этой сложной схемы распределения

ления энергии ВВ в массиве при взрыве удлиненного заряда ВВ при уступной отбойке.

Традиционная технология ведения буровзрывных работ допускает широкий диапазон разброса показателей как по расходу ВВ, так и по технологическим нормам и требованиям, поэтому изложенные замечания не определяют особых требований к технологии ведения буровзрывных работ, однако

- расширяют познания механизма разрушения горных пород взрывом удлиненных зарядов ВВ;
- указывают на конкретные участки удлиненного заряда ВВ с различными особенностями выделения энергии ВВ при взрыве и выбора параметров БВР по каждому участку;
- показывают, что повышение эффективности ведения БВР может быть достигнуто при изменении существующей технологии взрывного разрушения горных пород.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евстропов Н. А. Взрывные работы на строительстве. М.: Стройиздат, 1965. 208 с.
2. Мурзикова И. М. Разрушение горных пород взрывом // Известия вузов. Горный журнал. 2001. № 6. С. 102.

УДК 316.334.56

## ЭВОЛЮЦИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ ПАРАДИГМЫ В СОЦИОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ

И. А. Кох

В статье раскрывается эволюция социальных институтов, показан институциональный характер социального управления. Выделены основные этапы развития теории социальных институтов, показана их роль в регулировании общественных отношений. Раскрывается место и роль социального управления в регулировании человеческой деятельности.

*Ключевые слова:* общество, общественные отношения, парадигма, социальный институт, социология управления, управление, эволюция.

In the article evolution of social institutes is revealed, is shown institutional character of social management. Shown the basic stages of development of theory of social institutes are distinguished, their role in regulation of public relations is shown. The place and role of social management in regulation of human activity is analyzed.

*Key words:* society, social relations, paradigm, social institution, sociology of management, management, evolution.

**Становление институциональной парадигмы в социологии управления.** Впервые анализ социальных институтов и их роли в общество предпринял английский социолог Герберт Спенсер. По мнению Г. Спенсера, каждый социальный институт складывается как устойчивая структура социальных действий. Как известно, Г. Спенсер рассматривал общество по аналогии с человеческим организмом. Существование общества как социального организма, считал он, зависит от нормального функционирования его органов, которое обеспечивается институтами.

Г. Спенсер впервые дал классификацию социальных институтов. В рамках своей «организмической теории» человеческого общества, основанной на структурной аналогии между обществом и организмом, он первоначально выделил три основных типа институтов: 1) продолжающие род (брак и семья); 2) распределительные (или экономические);

3) регулирующие (религия, политические системы) [1]. Данная классификация основана на выделении главных функций, присущих всем социальным институтам. Каждому социальному институту соответствуют специфические формы социальных организаций, в которых определяются общественные связи между людьми. Формализация обеспечивает воспроизведение и стабильность общественных отношений. Г. Спенсер считал, что «увеличение в размерах, являющееся результатом слияния общественных групп в один агрегат, делает необходимыми средства сообщения как для комбинированных действий оборонительного и наступательного характера, так и для обмена продуктами... В то время как система органов поддержания жизни развивается под влиянием отношений с неорганической и органической средой, регулятивная система развивается под влиянием оборонительных и наступательных сношений с ок-

ружающими обществами» [10]. В последующем Г. Спенсер выделил и описал шесть типов основных социальных институтов: домашние (семейные), обрядовые, политические, церковные, профессиональные, промышленные.

Эмиль Дюркгейм исследовал функции социальных институтов, их роль в обществе. По мнению Э. Дюркгейма, главной функцией социальных институтов является обеспечение целостности общества. М. Вебер видел в социальных институтах способ воспроизведения социальных связей на основе социальных норм и моделей поведения. Объектом исследований М. Вебера были, прежде всего, религиозные и политические институты, особенно роль бюрократии в административном управлении.

В экономике институциональный подход разрабатывали Т. Веблен, Дж. Кларк, К. Мичелл, Дж. Гэлбрейт, Д. С. Норт. Для социологически ориентированных экономистов рынок, бизнес, промышленность, корпорации, собственность являются социально-экономическими институтами, созданными по определенным правилам, выполняющими в обществе особую миссию по упорядочению и организации жизни людей, удовлетворению их материальных и духовных потребностей.

Как известно, термин «институт» имеет много значений. В европейские языки он пришел из латинского (от *institutum* – установление, устройство). Позднее термин «социальный институт» приобрел два значения:

1) узкое – название специализированных научных и учебных заведений, а также ряда учреждений;

2) широкое – социальное; совокупность норм, организаций, учреждений и общественных отношений, регулирующих общественную жизнь в определенной сфере, например, институт семьи, экономические институты, религиозные институты.

В современной социологической и экономической литературе социальные институты характеризуются как важнейшее средство упорядочивания деятельности и общественных отношений между людьми на основе норм, социального контроля и санкций в различных областях социальной реальности. В зарубежной социологии термин «социальный институт» используется очень широко. В социологии сложилось несколько подходов к определению сущности социальных институтов:

1) социальные институты – совокупность норм и правил поведения, устоявшихся моделей и образцов поведения (Н. Смелзер, Д. С. Норт и др.). Так считают большинство зарубежных социологов и экономистов;

2) социальные институты – это устойчивые формы деятельности и общественных отношений, устойчивая структура социальных действий (Г. Спенсер, Т. Парсонс);

3) «термин «институт» может относиться к определенной группе лиц, призванных к выполнению дел, важных для совместной жизни» [13].

Существование различных позиций вызывает необходимость определиться с дефиницией. Наиболее распространенным является понимание социальных институтов как совокупности формальных и неформальных норм и правил. Такое определение исходит из идей Т. Веблена. Нейл Смелзер в американской традиции определяет социальный институт как «совокупность ролей и статусов, предназначенных для удовлетворения определенной социальной потребности» [9]. Экономист Д. С. Норт пишет, что институциональные ограничения состоят из «формальных правил, неформальных ограничений и способов обеспечения действенности ограничений. ... Они определяют структуру символов, управляющих взаимодействием людей, будь это в сфере политической, экономической или социальной жизни» [6]. Кроме того, в числе сторонников этого подхода можно назвать Р. Рихтера, А. Н. Олейника, В. Л. Радаева и др.

Второй подход выражен в определении экономических институтов Т. Энгерссона и О. И. Уильямсона. Они рассматривают социальные институты как механизмы управления контрактными отношениями. В частности, О. И. Уильямсон пишет, что «необходимо уделять больше внимания организационным (а не технологическим) аспектам экономических институтов и целям эффективности...» [12].

Третий подход связан с именами отечественных социологов Г. В. Осипова, С. С. Фролова, А. М. Яковлева, Л. И. Спиридонова, В. Д. Плахова и др. Они пытаются существенно расширить понятие института и не сводить его лишь к совокупности норм. Так, Л. И. Спиридонов отмечает, что «ни один социальный институт как разновидность общественных от-

иошений не может быть сведен ни к его материальному (например, государство), ни к его духовному (например, абстрактная социальная норма, знание требований закона) выражению. Напротив ... общественные отношения воплощаются (реализуются) в своих и материальном, и духовном проявлениях (образованиях)» [11]. В результате даже «институционально сформированные нормы для своей реализации требуют, как правило, создания специальных институтов (органов управления) ... Инициативные нормы функционируют, хотя далеко не без исключения, спонтанно; управление реализуется здесь соответственно как самоуправление общественной системы» [8].

«Социальный институт – относительно устойчивые типы и формы социальной практики, посредством которых организуется общественная жизнь, обеспечивается устойчивость связей и отношений в рамках социальной жизни общества» [14]. Социальные институты регулируют совместную деятельность людей на основе социальных норм и правил, традиций и обычаяев. Именно из этого определения Энциклопедического социологического словаря мы и будем исходить в последующем.

Иногда под «социальным институтом» понимается также совокупность общественных обычаяев, привычки поведения, образ мыслей и жизни, передаваемых из поколения в поколение, меняющихся в зависимости от обстоятельств. Именно в этом смысле говорят об «институции» как установленном порядке, обычая, порядке, принятом в обществе. А под термином «институт» понимается закрепление обычаяев и порядков в виде закона или учреждения. Термин «институционализация» означает закрепление практики или области общественных отношений в виде закона, социальной нормы или принятого порядка, закрепленного каким-либо Положением, Уставом или другим документом.

Управление стали рассматривать как формирующийся социальный институт со всеми его признаками в конце XX века. Это было связано с возрастающим интересом к теории управления, связанным с усложнением самого процесса социального управления и спонтанно возникающими управленческими кризисами в экономической и политической сфере, возникла идея об институциональном характере управления. Предпосылки такого подхо-

да были заложены Т. Парсонсом. Т. Парсонс выделял три уровня управления, ответственности и контроля: технический, собственно управленческий и институциональный. При этом он подчеркивал, что организация, техническая по своей природе, всегда является частью социальной системы. Цели организации достигаются деятельностью субъектов, использующих различные технологии управления. Институциональный уровень управления складывается под воздействием управляющих систем, конституирующих организацию и задающих правила ее функционирования.

По мнению Т. Парсонса, «... институциональные модели представляют собой часть социальной структуры, ибо, поскольку такие модели успешно институционализированы, социальное действие перестает быть беспорядочным. Оно направляется и осуществляется согласно требованиям этих моделей. В той мере, в какой они обязательны, институциональные модели в полном смысле слова «определяют» действие. В других случаях они определяют те границы, за которые не должно переходить отклонение, и создают силы, противодействующие этим отклонениям. С этой точки зрения, институциональная структура – это один из видов «интеграции» действий входящих в нее индивидов. Интеграция функционально необходима для того, чтобы система оставалась в стабильном состоянии и была способнаправляться с внутренними конфликтами, которые в противном случае могут стать для нее роковыми» [7].

Таким образом, для Т. Парсонса социальный институт – это, прежде всего, средство интеграции социальной системы с целью обеспечения стабильности ее функционирования. Т. Парсонс отводит социальным институтам центральное место в интеграции социальной системы: «... все возможные виды действий и отношений дифференцируются. Одни из них принимаются и одобряются обществом, тогда как другие отвергаются им, т. е. либо не получают одобрения, либо даже прямо запрещаются. Но и в том и в другом случае такая система дифференцированных действий и отношений должна быть как-то организована. Устойчивость социальной системы возможна только в том случае, когда в каких-то пределах люди поступают

соответствующим образом, в соответствующее время и в соответствующем месте» [7].

О формировании институциональных признаков управления в конце ХХ века пишет и известный английский социолог Энтони Гидденс. Общепризнано, что первая половина ХХ века – это период функционального управления, вторая – период информационного управления. По мнению ряда социологов, в ХХI веке институциональное управление окончательно придет на смену информационному управлению. Отмечая смену парадигмы управления, Э. Гидденс в развитии современных корпораций в связи с этим выделяет три стадии:

1. XIX – начало XX вв. – преобладание семейного бизнеса, когда даже крупные хозяйствственные организации управлялись членами одной семьи, одного домашнего хозяйства.

2. В середине ХХ века наступает время управленческого бизнеса – экономического образования с интересами, отличными от интересов «семьи». Большое значение приобретает получение доли в доходах – распределение.

3. В настоящее время управленческий бизнес уступает место институциональному, предполагающему в том числе установление связей как внутри корпорации, так и вне ее [3].

Известный американский экономист, теоретик современного менеджмента Питер Фердинанд Друкер (р. 1909) в своих работах постоянно подчеркивал, что большой бизнес и менеджмент следует рассматривать как важнейшие институты общества. В своей ранней работе «Концепция корпораций» П. Друкер предлагал рассматривать крупную корпорацию как социальную организацию современной промышленности, представительный социальный институт американского общества [15]. П. Друкер считал, что большой бизнес, составляющий, как утверждает статистика, не большинство, а меньшинство, задают идеалы, ориентиры и ценности нынешнего общества, ибо структуру общества определяет не большинство, а лидеры. Если в ранних работах П. Друкер именовал основными институтами общества корпорации и большой бизнес, то в более поздних работах главным институтом постиндустриального общества провозглашается менеджмент [16]. П. Друкер отмечает, что во второй половине ХХ в. крупные корпорации уступают свои

ведущие позиции среднему и малому бизнесу. В этих условиях менеджмент становится неотъемлемым атрибутом общественной жизни, совместной жизнедеятельности людей. Со второй половины ХХ века менеджмент из сферы большого бизнеса и крупных корпораций перемещается в сферу малого бизнеса и государственного управления.

Функционирование социальных институтов показывает, что управление социальными процессами может происходить как регулирование деятельности и поведения индивидов без управляющих воздействий руководителя, администратора. В этом случае управление все в большей степени становится процессом последовательных изменений, понимаемых как изменения самоподдерживающиеся, самоизменяющиеся и не имеющие конечной цели, на что указывал один из теоретиков социальных институтов Торстейн Веблен [2]. Внешняя и внутренняя среда управления, организационная культура признаются устойчивыми, стабильными факторами. Управляющий, субъект управления зависит от них, но обладает относительной самостоятельностью. Принимаемые решения латентно учитывают эти внешние факторы в качестве общепринятых. Технология управления в этом случае является способом организации колективных действий. Институциональный подход исходит из того, что среда управления является объективной структурой с заданными условиями и нормами, которые не могут быть субъективно изменены, которые принимаются как заданное условие стабильности, снижение неопределенности выбора. Норме придается форма закона, чтобы субъекту управления получить возможность использовать власть. При этом управленческая деятельность основывается на сознательном, субъективном учете связей и условий взаимодействия в социальной системе, а также внешних условий. Управленческая деятельность рассматривается как способ преодоления ограничений, задаваемых институтами.

Институциональный подход к управлению позволяет лучше объяснить неуправляемые спонтанные социальные процессы в условиях возрастающего влияния деятельности людей на окружающий мир. Экономические кризисы и техногенные катастрофы, ядерное оружие

и аварии на атомных станциях, наводнения и землетрясения, локальные войны и терроризм, голод и бедность на значительной части земного шара в XXI веке – все это еще больше убеждает в неспособности и невозможности только рациональными методами управлять социальными процессами. Эти катаклизмы показали также, что многие социальные явления не столько случайны, сколько своеобразно «запограммированы предшествующим управляемым или неуправляемым общественным развитием. Такова, например, связь между бедностью большей части населения мира по сравнению с «богатыми» странами и терроризмом: «бедные» страны находятся в экономической зависимости у экономически развитых стран, причем без всяких перспектив рассчитаться с внешними государственными долгами. Противоречивый процесс – рост могущества человеческого разума и масштабности человеческой деятельности, с одной стороны, и неуправляемые природные и социальные процессы – с другой, со всей очевидностью показывают усложнение управления и повышение роли человеческого фактора, роли человеческих качеств в регулировании социальных процессов. Управление превращается скорее в искусство, чем в рациональную, целенаправленную деятельность.

В современной социологической литературе чаще пишут об институциональном характере социального управления, чем об управлении как социальном институте. Обобщая различные точки зрения по этому вопросу, Л. Г. Кириллов пишет: «Сам институт управления можно представить как:

- общее для всех частных интересов ограничение, заставляющее в некоторых границах признавать некоторую общую цель и чье-то личное влияние как обязательный стимул и одновременно как «институт согласия», в том числе как задача отыскания взаимовыгодных компромиссов коллективных действий, когда «достижение общей цели монотонно зависит от объема вкладываемого ресурса» [5];

- совокупность кооперативных соглашений, создающих ситуации, накладывающие на их участников обязательства, заставляющие их действовать только определенным, зависящим от сущности соглашений образом;

- контракт, благодаря которому создает организацию, способная по форме и по существу реализовать желаемое состояние и обеспечить одновременно достижение как личного, так и коллективного успеха» [4].

По мнению Л. Г. Кириллова, «институциональный подход считается способным обеспечить более высокий уровень теоретического обобщения феномена управления, чем предшествующие подходы, а также большую широту взглядов. Например, государственное управление можно рассматривать как деятельность органов государственной власти, или как способы создания возможностей использования государственных учреждений для достижения общественных целей частных лиц или общественных групп, или как технологию гармонизации личных и общественных интересов, или как обеспечение гарантий посредством институционализированного контроля над формированием и использованием общественных ресурсов и благ» [4].

**Эволюция социальных институтов и института управления.** Для того чтобы определить место управления как социально-го института в регулятивной системе общества, необходимо, прежде всего, выяснить, на каком историческом этапе общественного развития происходит институционализация управления, как менялись структура и функции, институциональные признаки управления. Как уже было отмечено, социальные институты возникают в ответ на общественную потребность выполнять общественно значимые функции по обеспечению относительно устойчивых социальных связей и отношений в рамках социальной организации общества, обеспечения стабильности функционирования всех социальных систем.

Формирование в обществе четко регламентированных, контролируемых и устойчивых взаимодействий людей и социальных групп – важнейшее условие стабильного и поступательного развития общества. Содержание социальных институтов, их набор, система социальных регуляторов определяют общественный строй, а также экономическую жизнь, политический режим, тип культуры, образования, воспитания, условия жизнедеятельности людей. Общественный прогресс неразрывно связан с развитием социальных институтов. Институционали-

зания общественных отношений обеспечивает стабильность общества. Многообразие социальных институтов и их эффективное функционирование – важнейший критерий зрелости общества, свидетельство того, что оно способно надежно, стablyно, на профессиональном уровне удовлетворять разнообразные потребности людей.

Неудовлетворенные институтом социальные потребности вызывают к жизни новые механизмы и нормативно не регулируемые виды деятельности. В этих условиях возможны следующие пути выхода:

- переориентация старых социальных институтов на вновь возникшие потребности;
- создание новых социальных институтов;
- переориентирование общественного сознания.

Потребности, удовлетворяемые в совместной деятельности людей, сохраняются, но способы их удовлетворения изменяются. Трансформации социальных институтов можно наблюдать на примере развития форм семьи – от запрета кровосмесления и браков между близкими родственниками до современных форм – материнские семьи, как сознательно выбранное материнство вне брака; многоженство, как сознательное действие по созданию второй семьи, где рождаются желанные дети.

Все социальные институты прошли длительный путь эволюции, в процессе которого изменились их состав, содержание, функции и роль в обществе. Они претерпели значительные изменения в историческом развитии и по форме определяющие регулятивных механизмов. Если на первых этапах истории человечества социальный контроль основывался на обычаях и традициях, верованиях и авторитете вождей, то в XX веке регулятивные механизмы все больше формализуются и в развитых странах приобретают правовой характер.

Социальные институты складывались и формировались на протяжении всей истории человечества. Система норм и правил, формы социального контроля и санкций прошли длительную эволюцию. Изменилось их содержание, механизмы функционирования, а также сфера регулятивного воздействия на общество. Несомненно, роль и влияние социальных

институтов в регулировании общественных отношений постоянно и неуклонно возрастали. Это было связано с тем, что нормативная система и социальный от моральных форм контроль постепенно и неуклонно трансформировались в правовые формы и усиливались законодательно, а социальный контроль все чаще подкреплялся государственной властью.

Отметим еще одно важное отличие современных институтов от первобытных. В начале человеческой истории социальные институты складывались практически стихийно, спонтанно, в ответ на определенные социальные потребности, которые далеко не всегда осознавались. Современные социальные институты, как правило, создаются либо поддерживаются обществом, социальными общностями и организациями вполне сознательно, целенаправленно. Они закрепляются законодательно, а социальный контроль подкрепляется государственной или иной административной властью, обеспечивая их эффективность правовыми и административными механизмами. Сфера добровольного и морального сужается в пользу принудительного регулирования деятельности и поведения человека.

Таким образом, история развития социальных институтов – это постепенное превращение институтов традиционного типа в современный социальный институт. Современные социальные институты отличаются от традиционных, прежде всего, более формализованным характером. Если в первобытном обществе социальные институты, как правило, характеризуются жестко предписанным ритуалом, веками освященными обычаями и традициями, а также кровнородственными связями и отношениями, то в современном обществе социальные институты представляют собой организации, которые создаются и поддерживаются сознательно и целенаправленно, формализуются различными способами, включая организационные и правовые, что придает им большую эффективность в регулировании общественных отношений.

Переход от одного этапа к другому – длительный путь эволюции, медленных постепенных преобразований. В эволюции социальных институтов, на наш взгляд, можно выделить три исторических этапа.

**1. Социальные институты доиндустриального общества (до XV – XVII века):** семьи и брака, образования и воспитания, хозяйственные и др. Преобладала нормативная система, основанная на обычаях, традициях, нравах, а формами социального контроля выступало физическое насилие и общественное мнение.

**2. Социальные институты индустриального общества (до середины XX века):** целенаправленная трансформация содержания социальных институтов в интересах государства, выступающего субъектом общественного управления. Государство поддерживает и использует потенциал социальных институтов в целях развития общества как целого.

**3. Социальные институты постиндустриального общества (с середины ХХ века):** возрастание роли организационных факторов, роли морали и права в регулировании общественных отношений, формирование социальных институтов управления и самоуправления. Усложнение трудового, профессионального, политического, социального поведения затрудняет внешний контроль и актуализирует внутренний самоконтроль личности.

На ранних этапах развития общества началось формирование первых социальных институтов – семьи, производственных организаций, институтов духовной жизни. Универсальным институтом становится община, осуществлявшая хозяйственную, семейно-бытовую, культовую и другие функции. Община регулирует кровнородственные отношения, связующие элементы социальной структуры и внутри общин, и между общинами.

Усложнение отношений внутри родов и племен, внутри общин в результате произошедшего прогресса в изготовлении орудий труда, перехода от присваивающего типа к производящему хозяйству и обособления скотоводства и ремесла привело к формированию союзов родов и племен. Формируются иерархические структуры, закономерно усложняется управление. В этот период появляются институты старейшин, вождей, жрецов, в обязанность которых входила организация совместной производственной деятельности, воинского дела, культовых обрядов, а также сохранение и передача от поколения к поколению социального опыта, традиций, обычаяев.

Разделение труда привело к появлению и развитию частной собственности, которая, в свою очередь, привела к разделению общества на классы, что и обусловило необходимость появления таких социальных институтов, основной функцией которых было осуществление групповых интересов и потребностей, поддержание установленного общественного порядка.

Следовательно, уже на ранних этапах развития общества появляется потребность в формировании механизмов управления социальными процессами, т. е. соответствующих социальных институтов. В качестве их предшествников на ранних ступенях первобытного общества выступали советы старейшина, родоплеменные советы, народные собрания, функции которых еще не были четко определены. Часто управленческие функции выполняли жрецы и военные. В период становления классового общества формируется социальный институт управления, обеспечивающий функционирование общества в целом, всех его сфер в интересах экономически господствующего класса. Доминирующим субъектом социального управления в обществе становится государство.

В Средние века социальные институты выступали, прежде всего, как средства закрепления отношений личной зависимости и внешнеэкономического принуждения. Однако главное предназначение не изменилось – обеспечить устойчивое воспроизводство общества, стабильность общественного развития. Среди институтов феодального общества – феодальная вотчина, система вассалитета, доминирование религиозных институтов во всех сферах общественной жизни. В классовом обществе в этот период происходит выделение сословия профессиональных служителей культа, возникают особые религиозные организации, что ведет к становлению церкви, религии в качестве особого социального института. Религия как социальный институт играла важную роль в интеграции политических и экономически раздробленного общества. Она приобрела и начала осуществлять нерелигиозные функции – политические, экономические, воспитательные. Церковь полностью подчинила себе науку, искусство, образование и воспитание.

Развитие индустриализации и становление капитализма ознаменовались становлением целостной системы социальных институтов, обеспечивающих функционирование всех сфер жизнедеятельности: материальное и духовное производство, политическую и духовную жизнь, образование и воспитание. Доминирующими становятся экономические институты – институты рыночного хозяйства. Религиозные институты утрачивают свое былое могущество, а в сфере общественного управления ведущее место занимает государство.

Социальное управление, хотя и возникло вместе с обществом, первоначально существовало не как институциональное явление, а как имманентная сторона уже существовавших социальных институтов. Становление управления как социального института, по нашему мнению, прошло в три этапа. Первый этап – появление классового общества и выделение особой группы людей, профессионально занимавшихся управлением – государственным, производственным, военными подразделениями. Второй этап – феодальное общество с его социально иерархическим устройством в сфере государственного управления и патриархальным хозяйством. Третий, решающий, этап – становление индустриального общества, где управление во всех сферах общества приобретает относительно самостоятельный характер. Таковы длительные этапы эволюции социального управления на пути к институциальному становлению. Они создавали предпосылки к обособлению управления в качестве социального института.

Возникновение собственно социального института управления, по нашему мнению, относится к концу XIX – началу XX века, когда появляется социальная группа управляющих, менеджеров, имеющих, как правило, специальное профессиональное образование, а нормы и правила взаимодействия субъектов и объектов управления оформлены и закреплены в соответствующих законодательных и административных документах, уставах и положениях, должностных инструкциях. Появление организаций со строгой внутренней структурой и структурой управления, регламентации организационного поведения завершило этот процесс. Свидетельством осознания того факта, что сложился новый социальный институт, является появление и развитие теории управления.

В сложившихся социальных институтах заключается большой потенциал регулирования общественных отношений. В процессе социальных изменений при появлении новых проблем общественного развития социальные институты способны к внутренней дифференциации, специализации функций. Подобная дифференциация и специализация являются закономерностью эволюционного развития общества и его социальных институтов. Возникновение нового социального института является ответом на новые потребности, появление новых форм общественных отношений. В результате происходят определенные изменения и во внутренней структуре социальных институтов, появляются статусные изменения, трансформация функций, принципов и способов регуляции.

В связи с изменением общественного строя, как правило, изменяется внутреннее содержание регулятивной системы социального института при сохранении сложившихся форм. Социальные революции не уничтожают социальный институт, но вместе со сменой общественной системы и системы ценностей происходит трансформация принципов регулирования, содержания идеалов, норм, правил, а иногда и способов социального контроля. Особенно глубокие изменения происходят в тех случаях, когда меняется форма собственности, часто сопровождающаяся изменением политического режима. Примером может служить изменение института собственности в России в 1917 году и в 90-х годах прошлого века. Изменение системы материального, морального, юридического регулирования прав и обязанностей граждан, связанных с собственностью, неоднозначно воспринимается в обществе. Владение собственностью налагает дополнительные обязанности и ответственность на гражданина, поэтому, естественно, не все удовлетворены сложившейся системой регулирования отношений по поводу собственности.

Изменение принципов регулирования, норм и правил, способов социального контроля социальных институтов – процесс сложный и драматичный. Борьба политических сил, социальных групп со своими корпоративными интересами, растерянность рядовых граждан, противоречивая смена законодательства парализует общество в глубокий экономический,

политический и социальный кризис. Это институциональный кризис. Возникает состояние общества, противоположное институциональной урегулированности – социальная аномия. В условиях роста нестабильности, непредсказуемости резко возрастает социальная напряженность, которая время от времени вызывает малые и большие конфликты.

Выход из этого состояния связан с укреплением регулятивных механизмов социальных институтов общества: правовых, экономических, политических, нравственных. Это осуществляется широким и глубоким пересмотром системы ценностей, принципов регулирования, норм и правил поведения во всех сферах общественной жизни.

Таким образом, социальный институт является исторически сложившейся устойчивой формой организации совместной деятельности людей, которая в то же время может подвергаться различным изменениям в ходе развития общества. В процессе общественного развития социальные институты стали более специализированными по функциям, а некоторые из них заняли господствующее место в системе социальных институтов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бенкер Г., Босков А. Современная социологическая теория в ее преемственности и развитии. М., 1961. С. 24–25.
2. Веблен Т. Теория пришного класса. М., 1964.

3. Гидденс Э. Социология. М., 1999.
4. Кириллов Л. Г., Емельянова Т. Э. Конструируем управление. Челябинск, 2004. С. 25.
5. Монсеев Н. Экология человечества глазами математики. М., 1988.
6. Норт Д. С. Институты, идеология и эффективность экономики // От плана к рынку: будущее постсоциалистических республик / Пер. с англ.; под ред. Б. С. Пинскера; Сост. Л. И. Полякова и Дж. Дори. М.: Каталлакси, 1993. С. 307.
7. Парсонс Талькотт. О структуре социального действия. М., 2000. С. 335.
8. Плагов В. Д. Социальные нормы. М.: Мысль, 1985. С. 207.
9. Смизер Н. Социология / Пер. с англ. М., 1994. С. 659.
10. Спенсер Г. Основания социологии. СПб., 1898. Т. I. С. 373.
11. Стирионов Л. И. Социология уголовного права. М., 1986. С. 27.
12. Уиттмен О. И. Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношеческая» контрактация / Научное редактирование и вступительная статья В. С. Катыкало; пер. с англ. Ю. Б. Благова, В. С. Катыкало, Д. С. Славнова, Ю. В. Федотова, Н. Н. Цытович. СПб.: Лениздат; CEV Press, 1996. С. 51.
13. Щеланьский Ян. Элементарные понятия социологии. М., 1969. С. 96.
14. Энциклопедический социологический словарь / Под ред. Г. В. Осинова. М., 1995. С. 227.
15. Drucker P. F. Concept of corporation. New-York, 1946. Р. 5.
16. Drucker P. F. Management Tasks, Responsibilities, practices. L., 1974.

УДК 316.334.56

## ФИЛОСОФИЯ ИСТОРИИ РОМАНТИЗМА: КУЛЬТУРОЦЕНТРИЗМ

М. М. Шитиков

В статье анализируются мировоззренческие основания романтизма и его философии истории и обосновывается интерпретация его как культуроцентризма. Прослеживается оппозиция романтического историзма Просвещению, идеологии становящегося индустриального общества.

**Ключевые слова:** история, культура, культуроцентризм, просвещение, романтизм, философия истории.

In the article the world outlook bases of romanticism and its philosophy of history are analyzed and its interpretation as culturecentrism is proved. The opposition of romantic historicism to Education to ideology of becoming industrial society is analyzed.

*Key words:* history, culture, culturecentrism, enlightenment, romanticism, philosophy of history.

Согласно почти единодушному мнению философов и социологов, эпоха индустриального общества, просуществовавшего около двух веков, близится к концу, если уже не завершилась. Еще несколько десятилетий назад было непонятно, что грядет ему на смену. Критики индустриализма – религиозные мыслители, неоромантики, «земные», антисциентисты и технофобы и т. п. – возлагали большие надежды на близящийся «поворот» человечества, пробуждение «нового сознания». Пока ничего покожего не наблюдается, скорее, сохраняется состояние мировоззренческой неопределенности и плорализма – так называемый «постмодернизм». Феномен становления «информационного общества», постиндустриальной стадии современной цивилизации, нуждается в осмыслении.

Взор исследователей все чаще обращается к переломным эпохам прошлого. Возникновение индустриального общества сопровождалось ожесточенной борьбой идей, породившей интереснейший феномен романтизма. Романтики пытались осмыслить судьбы человечества, его историю для обоснования выбора, который предстоит сделать людям.

История имела для мыслителей романтизма особое значение и смысл. В их противостоянии с Просвещением историзм служил главным аргументом против абстрактно-универсального подхода просветителей к человеку. Чтобы глубже проникнуть в смысл их противостояния, важно понять мировоззренческую суть романтизма, специфику мироотношения романтиков.

Будем исходить из понимания романтизма как мироустройства, особого типа культуры, в основе которого – уникальное сплетение судеб, породившее «техногенную цивилизацию» Запада. Романтизм – это изначально европейская, западная культура, здесь все ее корни. Все влияния второстепенны и инструментальны, а его распространение за пределы «Запада» происходит только там, где «европейский компонент» уже был значительным фактором общественной жизни. Романтизм – дви-

жение «против» осуществлявшейся просветителями как идеологами новой цивилизации «переоценки ценностей», реакция на слишком резкий поворот от традиционного общества, но реакция не какого-нибудь «класса» либо со словия, а «творцов культуры», связанных с той традицией, которую «ломала» техногенная цивилизация. Конечно, речь идет вовсе не о прямом продолжении средневековой культуры, а о совершенно ином мироустройстве, одной из первых попыток мировоззренческого синтеза, «нового синкретизма». Это «сращение» стало возможным благодаря начинавшейся в XVIII в. тематизации новой для философии реальности, прежде ускользавшей от взгляда философов, как ускользает от взгляда оконное стекло, через которое мы видим двор, улицу, деревья, облака. Философы начинают размышлять о культуре.

Культура – то «третье», в котором совпадают субъект и объект, человек и природа, то, благодаря чему человек в состоянии «находиться в мире», осознавая смысл своего бытия, смысл мира. Она – то, чем «контролирована» сама непосредственность контакта человека с миром, его включенность в мир, то, благодаря чему «есть» для нас мир и мы сами. «Растворенность» в мире и «выделенность» из него образуют внутри нее моменты отношения человека к миру. Если ставить всерьез проблему онтологии культуры, то ее можно использовать следующим образом: культура есть «квази»-реальность, которая воспринимается как человеческая сторона реальности и благодаря которой нечеловеческая сторона реальности воспринимается как имеющая человеческий смысл. Культура – то, что противопоставляется «иначему», но служит и снятию его бытия иным.

Эту-то культуру открывают (вслед за Вико\*) романтики, у них впервые появляется и термин «философия культуры». Романтизм

\* Культуроцентризм Вико – отдельная большая тема. Ср.: Шитников М. М. Проблема субъекта истории в философии эпохи ранних буржуазных революций. Красноярск, 1987. Гл. 3.

можно определить в мировоззренческом плане именно как культуроцентризм.

Для обоснования данного тезиса необходимы некоторые терминологические разъяснения. Мы опираемся на известную классификацию мировоззренческих типов философствования, согласно которой мировоззрение предполагает признание первичности, исходности одного из полюсов оппозиции «человек» – «мир» и, соответственно, вторичности, производности противостоящему ему полюсу. В философском мировоззрении различают субъективизм (антропоцентризм) и объективизм (в рамках которого обычно выделяют три варианта: натурализм, теоцентризм и социоцентризм). С XIX в., а особенно – с последней трети XX в. широко распространяется и постепенно превращается в доминирующий мировоззренческий тип философствования социоцентризм, признание исходной по отношению к человеку реальности общества, социума. Однако социоцентризм, как представляется, образует лишь один из возможных вариантов мировоззрения, исходящего из первичности мира человека по отношению к человеческому субъекту. Так, первичной по отношению к индивиду реальностью может выступать сообщество людей «этнического» рода [1].

Но благодаря чему вообще возможно общение и совместная деятельность людей? Что создает «интерсубъективность» их жизненного мира? «Совместно» продуцируемой и согласовываемой реальностью могла стать лишь совокупность знаков (символов), символическая реальность. Способность к продуцированию символов и отличает человека от прочих живых существ. Можно принять (что и делают многие мыслители) за исходную реальность именно этот особый способ относиться к миру, который и конституирует человека, определяет специфичность его бытия: культуру. Такой мировоззренческий тип философствования мы и назовем культуроцентризмом.

Культура, являясь по своей сути миростроением, способом «относиться» к миру, есть то, в чем «срастаются» человек и мир. Она – способность творить мир значений, смыслов, символов, присущая человеку как субъекту; она – специфический человеческий способ деятельности (выстраивания человеческого смысла мира); наконец, она сотворенная че-

ловеком сторона реальности. К тому же культура сочетает в себе личностный и надличностный аспекты продуцирования смыслов и их символического воплощения, что особенно отчетливо видно в языке. Таким образом, культуроцентризм имеет тенденцию кシンкритизму, к «сбиранию» в себя определенных вариантов антропоцентризма, социоцентризма, но также и натурализма (космоцентризма) и теоцентризма.

Антропоцентризм «присутствует» в культуроцентризме, поскольку культура есть человеческое мироотношение. Человек – субъект мироустройства и, тем самым, отправной пункт. Но, хотя каждый человек «творит» свой жизненный мир и тот всегда сохраняет связь с личностью своего творца, все же это творчество осуществляется не в одиночестве. Напротив, только благодаря общению, совместной деятельности людей становится возможным само символотворчество, а значит, появление мира смыслов, отличающегося от чувственной данности. Поэтому культура и личностна, и надличностна, отдельный человек – и субъект ее, и объект ее воздействия, становящийся только благодаря этому воздействию человеком. У значительной части мыслителей, философствующих о культуре, на первый план выходит поэтому всеобщий человеческий субъект (трансцендентальный субъект).

Положение человеческого индивида в процессе усвоения им надличностной образующей в составе культуры может восприниматься мыслителями как пассивное, страдательное. Тогда культура будет ими рассматриваться как обусловленная неким внешним для индивида источником. Человек – объект воспитания (обществом), объект, продуцируемый силами природы, от которой происходят все присущие ему задатки и способности (и тогда культура – создаваемый природой либо жизнью способ приспособления к окружающей среде), наконец, тварь, получившая от творца все то, что составляет ее культуру.

Но все эти позиции в рамках культуроцентризма оказываются «снятыми» (в гегелевском смысле). О них либо вообще не упоминается как о чем-то само собой разумеющемся, либо они придают тот или иной оттенок самому пониманию культуры и ее строения,

выделяя в качестве ее решающей сферы или язык, или науку, или религию, или искусство, и т. п.”

Наиболее сложной (и важной для нашей проблематики, для понимания философии истории романтизма) является методологическая проблема разграничения культуроцентризма и социоцентризма. Чрезвычайно трудным и дискуссионным вопросом оказывается уже размежевание понятий «культура» и «общество». В зависимости от своей мировоззренческой установки, философы решают вопрос об онтологической (и хронологической) первичности, исходности реальностей, обозначаемых данными терминами. Для мыслителей социоцентрического типа культура – определенная группа социальных феноменов, аспект жизни общества, пусть даже очень важный, помогающий поддерживать социальную солидарность, интегрировать индивидов в социум. Напротив, для мыслителей культуроцентрического типа, социум – инструмент, помогающий поддерживать надличностный характер культуры, обеспечивающий ее целостность и бесперебойное функционирование.

В настоящее время становится все более очевидным, что и культура в собственном смысле слова (как человеческий способ отношения к миру, как мироустройство), и общество, социум (и, кстати, техника) имеют биологические, дочеловеческие истоки. Уже условно-рефлекторные действия животных предполагают «знаковый» характер одних феноменов по отношению к другим, приводят к своеобразной «ритуализации» поведения внутри популяции особей одного вида, к различию способов поведения в реальной и «игровой» ситуациях и т. п. На этом же основано употребление и изготовление животными орудий, жилищ и их сооружение. «Знаковость» лежит и в основе координации действий животных, порой достаточно сложной иерархической структуры популяции, регулирующей отношения между особями. На этом уровне

вопрос об «исходности» культуры или общества попросту неразрешим.

Однако и тезис об «одновременности» возникновения культуры и общества в их человеческом смысле, – вместе с самим человеком, – вызывает определенные возражения. Конечно, невозможно осмыслить возникновение символотворчества у отдельно взятого предчеловеческого существа, поскольку развитой ни была бы ритуализированность его поведения. Символ всегда существует не только для тебя, но и для других, иначе его не отличить от условно-рефлекторной связи между феноменами. Ситуация существования предчеловеческого сообщества является необходимой предпосылкой для возникновения символа из знака. Но само это сообщество превращается из биологического в человеческое только по мере перехода к общению посредством знаков, представляющих их предметы или явления даже в момент их отсутствия в поле чувственного восприятия, репрезентативных знаков, а не «симптомов» присутствия. Посредством такого рода знаков их личность присутствует «идеально», а не реально.

Это и есть грань, отделяющая человеческое отношение к миру от дочеловеческого пребывания в окружающей среде. Она фиксирует появление культуры, человека и человеческого мира. Вместе с этим шагом рождается сообщество, основанное на идеальной, «чувственно-сверхчувственной» связи посредством символов (прежде всего посредством слова). Можно ли назвать этот рождающийся мир человека «обществом»? В каком-то смысле, вероятно, да. Он является надличностным образованием, результатом миростроительной деятельности человека. В этом смысле мы говорили о личностно-надличностном характере символотворческой деятельности, культуры в целом.

Но термин «социум» в традиционном философском смысле к такого рода сообществу, думается, еще не вполне применим. Как обычно считается, здесь еще отсутствует четкая грань личностного и надличностного: «я» не выделилось из «мы». Первое различие осуществляется между сообществами, отличающимися друг от друга по культуре: «мы» – «они».

Если понимать социум как определенного рода связь, систему отношений между

“ В этом случае можно говорить, например, о лингвистическом (лингвистической философии), спиритизме, религиоцентризме и т. п. Религиоцентризм заметно отличается, к примеру, от теоцентризма как мировоззренческого типа философии, будучи именно вариантом культуроцентризма.

людьми по поводу совместной деятельности; то это предполагает обретение отношениями и pragmaticского характера, несводимость их к межличностным связям эмоционально окрашенного типа. «Социум» происходит этимологически от латинского глагола «*securus*» (идти вперед, следовать, повиноваться). Такое общество как система разделения труда, совокупность отношений между людьми, обеспечивающая функционирование целостного механизма жизнеобеспечения человеческого коллектива, формируется в рамках древних цивилизаций [2].

Когда надличностный аспект культуры превращается в «социальность», противостоящую индивиду, в «коно», возникает и возможность «отчужденности» социума от живого индивида. Конечно, очень долго продолжает превалировать восприятие социальности как «своей», родной. Вероятно, ощутимым разрывом между сообществом, основанным на единстве культуры («мы»), принадлежащим к этническому ряду, и социумом («коно»), становятся лишь в новоевропейской цивилизации с возрастанием удельного веса «ковещественных» отношений в мире человека. Одними из первых ощутили этот разрыв романтики.

Часто можно слышать об «индивидуализме» романтиков, о противопоставлении ими одиночной и исполненной творческой личности толпе, «свету». Возможно, гораздо правильнее говорить вовсе не об индивидуализме, но о персонализме, свойственном творцам романтизма. Толпа для них – совокупность людей, связанных имперсональными, не межличностными отношениями. Это не «мой», не «народ». Речь может идти об отчужденности именно от социума, порожденного становлением техногенной цивилизации. Не случайна враждебность романтиков «филистерству». Это одиночество деятелей культуры, от которой общество отошло, отказалось, которое оно судит с точки зрения ее функциональной пригодности.\*\*\*

Именно с этим связана тоска романтиков по временам общинности культуры творческих личностей и их народа, по Средневековью. Многие романтики противопоставляли народную культуру современной, претендующей на всеобщечеловеческий характер цивилизации, клеймившей культуры прошлого с высот Прозрения, как воплощение суеверий, предрасудков, невежества.

Таким образом, культуроцентризм романтиков гораздо легче сочетается с этноцентризмом и враждебен по отношению к социоцентристским тенденциям, формировавшимся в современной им философии (окончательно оформленный социоцентризм в философии позитивизма и марксизма в 30-40-е годы XIX века).

Проблемами истории философии романтики занимались с самого начала. Уже английский публицист и мыслитель Э. Берк опубликовал в 1790 г. «Размышления о французской революции», направленные против попыток насилия и изменения традиционных устоев жизни народов ради создания «царства разума», соответствующего природе «человека вообще». За ним последовали Ж. де Местр, Л. Бональд, Ф. Р. Шатобриан, французские публицисты-эмигранты. Кружок «венских романтиков» в германии (Новалис, Ф. Шлегель, Ф. Шлейермахер), а также представители «исторической школы права» (К. Ф. Савини, К. Ф. Эйхгорн) развивали идеи о духе народа, определяющем существующие у него формы государства и права, религии и искусства, боролись с «прогрессивизмом» просветительского мировоззрения и разрабатывали учение о стихийном, бессознательном характере исторического процесса, выдвигали идеи о герменевтическом методе исторического познания.

Важные идеи были высказаны романтиками-литераторами, филологами, правоведами, историками различных стран Европы (к примеру, Вальтером Скоттом, Кольриджем, Шелли, Байроном в Англии, Б. Констаном,

\*\*\* К. Г. Юнг анализирует в «психологических типах» поэму своего соотечественника, позднего романтика Шиннелера о Прометеях, опубликованную в 1881 г. В ней говорится о рождении Пандорой драгоценного камня, источника спасения человечества из-под власти самоотчуждения. Ни наследие его земледельцы, ни монарх Эллиметей, ни сияющие нимфы, ни наставники Академии, ни ювелир, ни торговцы на рынке не смогли обнаружить его ценности и отбросили, как нечто странное и чуждое. Лишь благодаря вмешательству провидца Прометея этот дар не попал в царство злого духа. Так относится филистерское общество к дарам истинной культуры. См.: Юнг К. Г. Психологические типы. М., 1995. (V. Проблема типов в поэтическом творчестве. «Прометей и Эллиметей» К. Шиннелера).

Ж. де Сталь, Стендалем, Пюго, О. Тьери во Франции, Леонарди в Италии, Гельдерником, Вакенродером, Гольфманом, А. Мюллером, В. Гумбольдтом, Я. Гримом, Баадером, Г. Риккертом в Германии). Отдельный разговор — о России, где романтизм породил такое направление в культуре, как славянофильство, с крупными теоретиками истории (А. С. Хомяков, а среди продолжателей этого направления — Н. Я. Данилевский). Следует упомянуть и о до сих пор не разрешенной в истории философии проблеме соотношения с романтизмом возврата представителей немецкой классической философии, а также А. Шопенгауэра и С. Кьеркегора.

Романтики возлагали свои надежды отнюдь не только на успехи науки и техники (способные породить чудище Франкенштейна — символ враждебности человеку конструируемых им с помощью науки творений, созданный в начале XIX в. М. Шелли), но на целост-

ность и гармонию культуры, на преодоление отчуждения личности от общества, человека от природы. Несколько и в какой форме реализуемы эти идеалы, история пока не прояснила. Но они остаются идеалами, ориентирами в ходе воспитания подрастающих поколений. Гордое имя *«universitas»* подтверждает сохраняющуюся ориентацию на целостный и всесторонний характер процесса формирования личности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шитиков М. М. Этноцентризм и социоцентризм в истории мировой философии (к вопросу о методологических основаниях типологии философских учений) // XXI век. Будущее России в философском измерении: Материалы II Российского философского конгресса. Т. 1. Екатеринбург, 1999.
2. Шитиков М. М. Философия техники. Екатеринбург, 2004. С. 39-40, 57-58.

УДК 316.7

## КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА КАК ЭЛЕМЕНТ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗАЦИИ

Т. А. Ветошкина

Статья посвящена анализу культуры организации как единству двух ее слоев — корпоративной, формируемой целенаправленно управленческой командой, и организационной, стихийно складывающейся среди персонала организации. Анализируются основные элементы корпоративной и организационной культуры, а также их виды, сильная и слабая, жесткая и мягкая (гибкая) культура организации.

**Ключевые слова:** культура организации, внутренняя среда организации, корпоративная культура, организационная культура, структура культуры организации, виды культуры, сильная культура, слабая культура, жесткая культура, мягкая (гибкая) организационная культура.

The article is devoted analysis of organization culture as the unity of its two layers — corporate, formed on purpose by management team and organizational one, occasionally establishing among personnel of the organization. The main elements of corporate and organizational culture are analyzed, and also its kinds, strong (high) and weak (poor), strict and flexible cultures of organization.

**Key words:** culture of organization, internal medium of organization, corporate culture, organizational culture, culture structure of organization, kinds of culture, strong (high) culture, weak (poor) culture, strict culture, flexible organizational culture.

Успех деятельности любой организации, действующей в рыночной среде, в значительной степени определяется уровнем ее организационной культуры.

Корпоративная, или, как часто говорят, организационная культура, относится к элементам внутренней среды организации, является частью ее гуманитарной составляющей, поскольку связана с персоналом, с ценностями, нормами, правилами, образцами поведения людей в организации. Это, образно говоря, образ жизни, существования организации, это ее «душа». С начала 1990-х годов интерес к корпоративной культуре в отечественной литературе значительно усилился [4]. Это связано прежде всего с тем, что возросло понимание того влияния, которое феномен культуры оказывает на успехи и эффективность организации. Многочисленные исследования показывают, что процветание организации непременно связано с высоким уровнем культуры, который формируется в результате продуманных действий. Корпоративная культура обычно отличает конкретную организацию от других. Она ориентирует всех работников на то, что является для организации ценным и важным, формирует поведение персонала.

Рассмотрим основные понятия. Понятия «организационная» и «корпоративная культура» часто отождествляются [3]. Однако, на наш взгляд, это неточно. Базовым понятием выступает «культура предприятия», «культура организации», в рамках которой можно выделить два слоя: «корпоративная культура» и «организационная культура». Рассмотрим содержание этих понятий, их взаимосвязь и различие.

Корпоративная культура – тот слой культуры организации, который:

- во-первых, формируется сознательно, является предметом управленческих действий, это культура, формирующаяся целенаправленно;

- во-вторых, субъектом корпоративной культуры выступает управленческая команда, и в этом смысле можно говорить, что корпоративная культура выступает культурой управленческой команды, управленческой культурой;

- в-третьих, корпоративная культура – это система идеальных декларируемых ценностей,

норм, правил, образцов поведения, это тот идеальный образ, в каком управленческая команда хотел бы видеть свою организацию.

Носителем корпоративной культуры является, как правило, руководящее ядро организации, управленческая команда.

Организационная же культура – тот слой культуры организации, который:

- во-первых, формируется стихийно, складывается естественным образом;

- во-вторых, реальным субъектом, носителем этой культуры является персонал организации;

- в-третьих, организационная культура – это система реальных субкультур, складывающихся в структурных подразделениях организации.

В какой степени совпадут, совместятся или столкнутся в конфликте эти слои культуры, зависит от менеджмента организации.

Идеальная организация та, в которой совпадают организационная и корпоративная культуры.

Однако в реальности организационная и корпоративная культура никогда полностью не совпадают, но будут различия между ними больше или меньше, зависит от менеджмента организации.

Какие элементы составляют корпоративную культуру организации?

Во-первых, это миссия организации. Миссия организации – концепция ее жизнедеятельности, объясняющая ее предназначение во внешней среде. Миссия организации есть самое общее целеполагание, краткое выражение функций, которое она призвана выполнить в обществе. Она выражается через четко сформулированные идеи, цели, задачи, которые определяют пользу ее деятельности и ответственность за нее. На их основе разрабатываются стратегия и политика организации по реализации ее внутренних и внешних целей.

Во-вторых, философия организации как совокупность базовых принципов ее функционирования, определяющая смысл ее существования и ее доминирующие ценности, которые также разрабатываются управленческой командой.

В-третьих, «командный дух» – технологии управленческой команды, которые формируют доверие, приверженность, сплочивают

персонал организаций. Командный дух создает духовно-эмоциональный фон жизнедеятельности организации, проявляющийся в уставившихся в ней морально-психологическом климате, социально-психологическом настроении, самочувствии работников.

Командный дух подразумевает наличие формальных моральных и ценностно-нормативных устоев – корпоративного кодекса служебной этики. Последним должны проникнуться все работники организаций, что будет способствовать созданию корпоративного духа единой команды («мы») на каждом рабочем месте.

Управленческая команда организации разрабатывает принципы служебной этики, которые затем обсуждаются и принимаются всем коллективом организации. Разрабатываемый кодекс служебной этики выступает как основа для принятия управленческих решений, он устанавливает правила поведения, определенный тип отношений между руководителями и подчиненными, которые представляются оптимальными в отношении выполнения профессионального долга. Этический кодекс является регулятором деловой жизни и инструментом достижения делового успеха.

В-четвертых, стиль руководства как совокупность приемов и способов, методов осуществления власти в организации. От характеристики стиля руководства (авторитарный, демократический, либеральный) во многом зависит и тип корпоративной культуры организации (жесткая или мягкая, гибкая; сильная или слабая корпоративная культура). Если стиль руководства и неформального лидерства в организации совпадают, то степень совпадения корпоративной и организационной культуры будетющей. Большое значение имеет и понятие «дистанция власти» как характеристика расстояния между руководителями и подчиненными, уровней иерархии власти, доступности руководителей подчиненным, возможности общения руководителя с любым подчиненным, отсутствие страха перед начальством, что также влияет на тип корпоративной культуры.

В-пятых, корпоративный (фирменный) стиль. Он имеет много проявлений и выражается в корпоративной символике (флаг, герб, гимн), форменной одежде, корпоративном язы-

ке, имидже первого лица, стиле менеджмента организации, культуре общения руководства с подчиненными, деловой репутации организации.

В-шестых, это перечень корпоративных стандартов, включающих Устав организации, Положения о структурных подразделениях, Правила внутреннего трудового распорядка, должностные инструкции, программу адаптации персонала, программу обучения и развития персонала, программу работы с молодыми специалистами и др.

Но это не только писанные правила поведения в организации, но и неписанные: нормы и образцы поведения, демонстрируемые руководством, ритуалы и церемонии, которые проводят руководство организации.

В-седьмых, это система мотивации и стимулирования работников, система и культура поощрений и наказаний, существующих в организации и проводимых администрацией (Положение о заработной плате, Положение о премировании, Положение о мотивации работников, где определены критерии поощрений и наказаний). Эта система должна быть прозрачна для каждого работника.

В-восьмых, это система выборов и предпочтений руководителей, с помощью которых формируется кадровый резерв. В любой организации существуют определенные приоритеты по выдвижению людей в кадровый резерв. Эта система должна быть прозрачной и понятной каждому работнику. Каждый работник в организации должен знать критерии набора, отбора и продвижения кадров, кто, за что и как вознаграждается и продвигается, иначе невозможно сформировать сильную и гибкую корпоративную культуру. Например, если складывается такая структура предпочтений, как протекционизм, фаворитизм, как традиционные принципы продвижения, то формируется квинтильный тип организационной культуры.

В-девятых, деловой этикет и протокол – форма поведения руководителей, в которую облекается корпоративная культура, это основа поведенческого менеджмента.

В структуре организационной культуры обычно выделяются следующие основные блоки [1]:

Во-первых, ценностно-нормативный блок – это основные жизненные ценности, разделяемые

персоналом организации, это образцы, модели, паттерны поведения, это организационные нормы и правила поведения людей, складывающиеся стихийно в организации десятилетиями.

Во-вторых, организационная структура. Здесь проходит один из водоразделов корпоративной и организационной культуры. В любой организации в рамках корпоративной культуры формируется формальная структура организации, представляющая собой иерархию социальных статусов, должностей, а в рамках организационной культуры формируется неформальная структура организации, представляющая собой распределение неформальных ролей (лидеров, звезд, мотиваторов, координаторов, генераторов идей и т. д.) и личностных статусов в организации [2]. Важно иметь в виду, в каких отношениях находятся формальная и неформальная структуры организации – конструктивных или деструктивных, если формальная структура слабая, то неформальная структура будет поглощать формальную. Большую роль в культуре организации играет соотношение руководства и лидерства. Руководство – это формальная власть, осуществляемая на основе должностных полномочий, лидерство – это неформальное влияние в организации. На неформальных лидеров руководство может опереться при проведении изменений в организационной культуре.

В-третьих, культурная сеть организации, включающая в себя:

- неписанные нормы и правила поведения персонала в организации, взаимодействии подчиненных с руководителем;
- верования персонала, существующие в организации (вера в успех, вера в собственные силы, вера в руководителя, вера во взаимопомощь, в справедливость и т. д.);

• традиции и обычай, складывающиеся в организации стихийно в течение десятилетий, носителями которых выступает персонал.

В-четвертых, структура коммуникаций в организации, которая проявляется в соотношении формальных (приказы, распоряжения и указания) и неформальных (слухи и сплетни) потоков информации в организации, в особенностях устной и письменной речи, невербальной коммуникации, жаргоне, речевом этикете (форме обращения и общения сотрудников, руководителя и подчиненных, в дистан-

ции общения). Если в организации преобладают неформальные коммуникации, это является симптомом неэффективности формальных коммуникаций, официальной информации в организации.

В-пятых, структура социально-психологических отношений в организации, под которой понимается:

- отношение подчиненных к руководству.

Если существует доверие и согласие с властью, то власть легитимна и тогда корпоративная культура сочетается с организационной;

- взаимные симпатии и антипатии.

Симпатии – это мотивирующий фактор организационной культуры, а антипатии – демотивирующий. Это важно учитывать с точки зрения расстановки кадров, подбора людей в группы, команды.

В-шестых, трудовая этика и мотивирование, проявляющиеся в отношении к труду, ответственности за работу и ее качество, оценке работы и ее вознаграждении, удовлетворенности и неудовлетворенности трудом, позитивности или конфликтности.

В-седьмых, мифологическая структура организации – это ее история, предания, мифы и легенды о героях организации.

В-восьмых, структура внешней идентификации организации – это корпоративный имидж как система внешних и внутренних сигналов о значительности организации, ее месте на рынке товаров или услуг; деловая репутация; корпоративный PR; техника и процедура презентаций, рекламные кампании, фирменный стиль, одежда, мебель, дизайн, архитектура, рекламные атрибуты: логотип и слоган.

Культура организации выполняет четыре основные функции [5]:

- является выражителем индивидуальности организации;
- служит носителем корпоративного здравого смысла;
- способствует формированию коллективной принадлежности организации;
- служит психологическим гарантом стабильности социальной системы организации.

Указанные функции культуры организаций, с одной стороны, позволяют ей выжить, с другой – консерватизм организационной культуры может привести к гибели организации при существенном изменении внешних условий.

Главная цель культуры организации – обеспечение ее адаптации к окружающей среде и внутреннему интеграции организации. Организационная культура – сложное, многоуровневое образование. Можно выделить уровни организационной культуры. Известный исследователь корпоративной культуры Э. Шайн выделяет следующие уровни организационной культуры [7]:

– первый (или поверхностный) уровень – уровень артефактов. Это неформальная структура организации, язык общения, стиль одежды, ритуалы и церемонии, видимые и слышимые обратцы поведения. Это то, что легко наблюдать и трудно интерпретировать;

– второй уровень – это разделяемые ценности организации, они принимаются подсознательно и бездоказательно;

– третий, самый глубокий уровень, – это базовые положения. Они требуют более глубокого осмысления и изучения. Базовые положения не оспариваются, и поэтому их очень трудно изменить.

В отличие от корпоративной культуры, которая всегда бывает одна как культура управляемой команды, организационная культура разделяется на ряд частных субкультур.

В одной организации может быть несколько субкультур (культур подразделений организации), но всегда есть доминирующая субкультура, ею может быть и корпоративная культура. Развитие организации осуществляется таким образом, что корпоративная культура приспосабливается к организационной, а затем изменяет ее, осуществляя взаимную адаптацию.

Есть субкультуры, которые достаточно упорно отвергают то, что организация в целом хочет достигнуть, – это контркультуры, среди которых могут быть выделены следующие виды [5]:

- прямая оппозиция ценностям доминирующей организационной культуры;
- оппозиция структуре власти;
- оппозиция образам поведения, поддерживаемым доминирующей культурой.

Главной задачей руководства в этом случае является согласование субкультур с основной культурой организации, чтобы избежать отрицательных последствий для нее.

Классификация организационной культуры предполагает выделение ее типов.

Существует много подходов к классификации, и выделяют несколько типологий организационной культуры. Мы рассмотрим лишь некоторые из них: объективную и субъективную, жесткую и мягкую (гибкую), слабую и сильную [6].

*Объективная организационная культура* связана с физическим окружением, создаваемым в организации (само здание, его дизайн, архитектура, оборудование, мебель, цвет и объем пространства, удобства, оснащенность офисной техникой, одежда, структура рабочего пространства).

*Субъективная организационная культура* исходит из разделенных работниками предположений, веры, ожиданий, а также группового восприятия организационного окружения с его ценностями, нормами, ролями, существующими в организации. Сюда включается ряд элементов символики, особенно ее «духовной части» (герои организации, мифы, истории, обряды, ритуалы и т. п.). Субъективный аспект создает большие возможности для нахождения общего между людьми в организации. Субъективная организационная культура служит основой формирования управляемой культуры, т. е. стилей руководства и решения руководителем проблем. Обе субкультуры должны находиться в гармонии друг с другом. Только тогда они будут адекватно восприниматься работниками организации.

По степени влияния организационной культуры на организационное поведение людей выделяют сильную и слабую организационные культуры.

*Сильная организационная культура* характеризуется наличием единых норм и ценностей, разделяемых всеми членами организации, единой политикой во всех направлениях деятельности организации, наличием разработанных корпоративных стандартов, наличием стратегического инновационного управления, существованием эффективной системы мотивации персонала, стремлением персонала к обучению и развитию. Сильная корпоративная культура характеризуется тем, что ее основные стержневые ценности четко определены, активно поддерживаются и широко распространены. Чем больше членов организации разделяют их, признают степень их важности и привержены им, тем сильнее корпоративная культура.

Обычно организация растет за счет привлечения новых членов, приходящих из организаций с другой культурой. Независимо от желания руководства они заносят в доминирующую культуру «вирус» другой культуры и изменяют ее. Руководству организации не надо бояться других культур, они обогащают доминирующую культуру, адаптируются к ней.

*Слабая организационная культура* характеризуется разобщенностью персонала, наличием множества субкультур различных структурных подразделений организации; наличием обстановки, когда персонал обсуждает не дело, а отношения по поводу дела, взаимоотношения в коллективе; управленческие решения принимаются на основе личных решений и личной выгоды; настороженное отношение к инновациям, ко всему чужому, иному, несущему угрозу разрушения, отсюда и настороженное, а иногда и агрессивное восприятие новых идей, новых культур.

В зависимости от стандартов внутриорганизационного управления организационная культура может быть жесткой или мягкой (гибкой).

*Жесткая организационная культура* – это всегда административно-бюрократическая культура:

- система управления, ориентированная на максимальное получение прибыли и минимизацию затрат на персонал;
- решения принимаются единолично руководителем и спускаются подчиненным, персонал не привлекается к управлению, жесткая централизация, большая дистанция власти, главные функции менеджмента – администрирование, нормирование, стандартизация, учет и контроль;

- отношения в коллективе формализованы и соответствуют иерархии и статусу, жесткое статусное восприятие людей в организации;

- вся деятельность организации стандартизована, имеются четкие регламенты и стандарты;

- чувство принадлежности к организации выражено слабо;

- кадровая политика сориентирована на слабых и послушных и ограничение сильных;

- превалируют уравнительные отношения.

*Мягкая или гибкая организационная культура* характеризуется:

- децентрализацией системы управления (матричные, проектные структуры, характерные в том числе и для образования);

- социальные отношения – партнерские, слабо формализованы, превалируют командные формы работы;

- люди организации не ранжируются по статусу;

- авторитет власти зависит от уровня компетентности, превалирует власть знатоков, экспертная власть;

- стиль руководства – демократический;

- работники высоко мотивированы, способны к самоуправлению и саморазвитию, значительны затраты на персонал;

- функции менеджмента – стратегическое управление, координация командной деятельности;

- лидер – генератор идей и интеллектуальный авторитет.

Персонал организации вырабатывает язык общения, проявляет понимаемые всеми чувства и эмоции. Поведение людей в организации связано нормами, вытекающими из разделяемых суждений, верований и действий.

Таким образом, корпоративная культура выступает самостоятельным объектом управления. Культуру можно формировать, поддерживать и изменять. Вместе с тем сама корпоративная культура выступает важным элементом внутренней среды организации и фактором (условием) эффективного менеджмента организации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев Л. Т., Соколова М. И. Организационное поведение. М.: Экономика, 2005.
2. Карпинова Л. В. Организационное поведение / Институт экономики и финансов, «Синергия» М.: ИНФРА-М, 2005.
3. Кочеткова А. И. Введение в организационное поведение и организационное моделирование. М.: Дело, 2003.
4. Красовский Ю. Д. Организационное поведение. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: ЮНИТИ, 2004.
5. Организационное поведение: Учебник для вузов / Под ред. Латфуллина Г. Р., Громовой О. Н. СПб.: Питер, 2004.
6. Фитонович С. Р. Организационное поведение: Методическое пособие к учебному курсу. М., 2001.
7. Schein E. Organizational Culture and Leadership. 2<sup>nd</sup> ed. San-Francisco, 1992. pp. 16–27.

## МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ОБЩЕСТВОВЕДЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Н. М. Кутарева

В статье предпринята попытка осмысления результатов эксперимента преподавания обществоведческих дисциплин в больших студенческих потоках с применением мультимедийных средств обучения. Анализ преимуществ и недостатков применения мультимедиа проводится с позиций рынка образовательных услуг и социальной ответственности за качество обучения.

*Ключевые слова:* новые педагогические технологии, образовательная революция, технокультура, мультимедийные средства обучения, педагогическое общение, коммуникация, интегральная цель образования.

In the article an attempt is made to think over the experimental results in teaching of social sciences disciplines in gathered together several large student groups using multimedia means of lectures delivering. The analysis of advantages and drawbacks of application of multimedia has been carried out from the position of the market of educational services and social responsibility for quality of education.

*Key words:* new pedagogical technologies, educational revolution, technoculture, multimedia means of teaching, pedagogical communication, communication, integral aim of education.

Конкретные цели высших учебных заведений зависят от профиля вуза, меняются в соответствии с общественными потребностями. Интегральной же целью во все времена была и остается подготовка молодого поколения к жизни в природной и социальной среде через обучение знаниям, умениям, навыкам, формирование убеждений.

Цикл обществоведческих дисциплин в техническом университете более других предметов способствует социальному самоопределению молодежи. Сущность гуманитарного образования не в наполнении голов фактами и суждениями, а в формировании способности адекватно оценивать социальную ситуацию и свое место в социальной реальности. Как верно подметил еще в VI в. до н. э. китайский философ Конфуций, учение без размышления бесполезно, а размышление без учения опасно. Обществоведы призваны развивать социальный интеллект.

В сфере образования современной России складывается своеобразная ситуация контрастов. Государственная власть выбирает образовательную стратегию страны на перспективу на фоне увеличивающихся различий в образовательном уровне социальных групп населения. Для одних существует реальная

возможность получить второе высшее образование, пройти стажировку за границей, повысить квалификацию. В то же время в стране, по данным статистики, 700 тыс. беспризорных детей, 1 млн 200 тыс. подростков не умеют писать.

При стремительном развитии новых педагогических технологий, компьютеризации школ в крупных городах вырастают финансовые барьеры, ограничиваются возможности получения высшего образования для сельской молодежи, жителей малых городов.

Россия находится на завершающей стадии четвертой образовательной революции, массовой подготовки профессионально образованной рабочей силы и перехода к пятой революции в образовании.

Пятую образовательную революцию ученые связывают с информатизацией общества, вхождением в информационную эру. Футурологи с оптимизмом предсказывают соединение достижений всех предшествующих революций в образовании: совершенствование практических умений, овладевание знаниями, научный поиск, освоение мировой культуры. Однако перспективы пятой образовательной революции, на наш взгляд, не столь однозначны,

Технокультура зачастую отождествляется с культурой вообще. Человек перестает быть высшей ценностью, утрачивает индивидуальность, превращаясь в инструмент полезности и объект манипулирования. Потребительская культура расширяет свой ареал. Смешиваются ценности и цены. Аксиологическая составляющая человеческой жизни (смысл, счастье, самодостаточность и т. п.) приравнивается к материальному благополучию. Все более зримыми становятся не только столкновение этнокультур в условиях глобализации, но и столкновение цивилизаций и культуры.

Духовный вакуум заполняется философской жизнью и моральными ориентирами, которые предлагают представители различных церквей и религиозных сект, политических объединений, сообщество астрологов и целителей, политтехнологов и пиарщиков от рекламы. Формирование личностной культуры, нравственных приоритетов «вымывается» из образовательной деятельности вузов.

В ходе проведения образовательной реформы в ряде университетов проводится эксперимент по применению информационных технологий в преподавании и проверке знаний студентов. Применение мультимедийных средств обучения, на наш взгляд, имеет как неоспоримые достоинства, так и недостатки. Обращение к информационным технологиям позволяет в ограниченном пространстве и времени сообщать значительный объем информации большому количеству студентов одновременно.

Лекции с применением мультимедиа в больших потоках студентов экономят аудиторный фонд и фонд зарплаты. С позиций рынка образовательных услуг выигрыш очевиден, с позиций социальной ответственности за качество обучения не все так прогрессивно, хотя и здесь преимущества есть.

У современных студентов сформирована установка к восприятию учебного материала с экрана, так как многие или почти все студенты являются пользователями персональных компьютеров.

При использовании мультимедийных средств выполняется «золотое правило» педагогики – наглядность. Кроме того, усиливается эффект запоминания за счет включен-

ности многих сенсоров восприятия. Экран позволяетварьировать цветом, звуком, движением в демонстрационном материале.

Продуманные скрипты, пошаговое конструирование образа на экране воздействуют на эмоции обучающихся, в результате создается эффект включенности студента в процесс аргументации выдвинутых для обсуждения тезисов.

Существуют трудности и недостатки обучения в больших потоках с использованием мультимедиа. Они связаны не столько с техническими средствами, сколько с «человеческим фактором» организации учебного процесса. Материал для экрана необходимо тщательно отбирать, создавать, конструировать, не ограничиваясь сухими цифрами таблиц, схемами, цитатами из первоисточников. Это творчество, предполагающее высокую квалификацию преподавателя, способного создать мультимедийную версию читаемого курса.

Однако мультимедийная версия курса одна для всех факультетов. Учесть специфику факультета, тем более специальности не представляется возможным, так как в одном потоке занимаются студенты с двух факультетов одновременно.

Эффект включения студента в логику аргументациинейтрализуется невозможностью задать преподавателю уточняющий вопрос. Чтение учебных лекций в актовом зале идет краем с законами эффективной коммуникации: утрачивается диалог, разрушается взаимодействие. Общение становится монологовым, односторонним, назидательным (характерным для средневековой педагогики). Следствие этого – снижение роли мышления и усиление эмоционального принятия или непринятия лектора.

В преподавании гуманитарных дисциплин именно коммуникация обеспечивает продуктивность предметного взаимодействия. Общение вне коммуникации вынуждает студента адаптироваться к изучаемой философии или, скажем, социологии в одиночку, без преподавателя. Особенно значим диалог для студентов первого курса. В условиях отсутствия диалога преподавателя можно просто заменить «звукозаписью». К этому следует добавить, что непросто преодолеть установку студентов на актовый зал как на место проведе-

ния собраний, праздников, конкурсов, КВН, т. е. место встреч с друзьями и подругами.

Применение новых технических средств обучения предполагает новую, научно обоснованную организацию «пространства» взаимодействия преподавателя и студента.

Развитие перспективных методов обучения стимулирует следование принципам корпоративного управления, продуктивного сотрудничества образовательных и хозяйственных подразделений университета в целях повышения эффективности образовательной деятельности.

Использование мультимедийных средств не решает автоматически задач обучения. Это только инструмент трансляции информации. Информация должна быть понята, осмысlena студентом. Рабочее место студента в актовом зале не приспособлено для активного освоения учебного материала. Студент не может писать свой конспект. Рабочее место студента – это удобные для работы стол, стул, хорошее освещение, позволяющие сохранить правильную осанку и хорошее зрение, делать записи лекций. Конспект лекции необходим. Это результат взаимодействия лектора и слушатели. «Свой» конспект – показатель индивидуального осмысления, фиксирующий опорные точки развития темы. Собственные записи – основа для понимания новых разделов курса. Как правило, курс лекций выстроен по принципу пирамиды. Вершина пирамиды – концептуальные выводы изучаемой дисциплины.

Сказанное в первую очередь относится к предметам гуманитарного цикла. В обществоведении не может быть единой позиции по всем социально-философским, культурно-антропологическим, социально-психологическим проблемам. Преемственность и новизна, аксиоматичность и плорализм всегда сопутствовали человековедению и обществознанию. Приблизиться к пониманию объективной и субъективной реальности, их взаимодействию можно через личное осмысление и самооценку.

Рабочее место преподавателя в современном виде ограничивает возможности взаимодействия преподавателя со студенческой аудиторией в силу статичности, жесткой «привязки» к кафедре, зависимости лектора от ассистента в подаче демонстрационного ма-

териала с монитора на большой экран. Более предпочтительными являются обычный стол, автономный режим работы преподавателя с клавиатурой, свобода выбора демонстрационного материала в зависимости от подготовленности аудитории. Актовый зал по вышеназванным причинам не может в полной мере выполнять функции лекционной аудитории.

Дискуссионным является вопрос о чтении лекций в больших потоках студентов. Этот вопрос также не связан с применением мультимедийных технологий. Современные технические средства позволяют демонстрировать учебный материал очень большой аудитории. Принципиальным является соотношение количества обучаемых одновременно в одной аудитории с качеством обучения, эффективностью усвоения учебных курсов. Поиск оптимального соотношения имеет длительную историю. В предпочтении группового обучения индивидуальному педагоги единодушны. В педагогической практике апробировались различные варианты группового обучения: малыми группами по 10-15 человек (в странах Азии и Ближнего Востока), большими (300 человек – в Чехии XVII века), очень большими (500-600 человек – в «белл-ланкастерской» системе Англии начала XIX века, в 60-х годах XX века в США). От обучения большими группами отказались в силу низкой продуктивности обучения.

Развитие технических средств, потребность в профессионально подготовленной рабочей силе в массовом масштабе вновь делают привлекательной идею одновременного обучения больших групп. Опасения, связанные со снижением качества обучения, остаются и имеют основания.

Причины снижения эффективности обучения при такой форме организации учебного процесса следует искать в психологических закономерностях поведения больших групп (детально проанализированы З. Фрейдом в работах «Введение в психоанализ», «Психология масс и анализ человеческого Я», а также работах неофрейлистов Э. Фромма, Ласузла и др.).

Большая группа – это новый социальный организм, а не простая сумма личностей. Личностная составляющая уходит на второй план. Человек в толпе теряет собственнос лицо

в силу эмоционального психического заражения и анонимности, понижения ответственности за свои действия. Человек в толпе, по Фрейду, не может мыслить, он может ощущать чувствовать. Даже организованная масса не может адекватно мыслить, принимать решения. Ею легко управлять, предлагая простые решения и обещания. Большая группа – прекрасный объект манипулирования, воздействия на первичные эмоции. Интеллект всех участников большой группы понижается, на первый план выдвигаются стадные инстинкты агрессии или чувственных удовольствий, тоска по лидеру (героническому или жестокому). Большие группы откликаются на призывы, но не способны на групповое мышление.

Вероятно, необходимо принять во внимание и психические возрастные особенности студенчества. Это молодые люди с нарастающими сексуальными влечениями и не реализованной потребностью в самоутверждении (претензии на лидерство). Каждый в отдельности разумен, слышит и понимает, но в группе более 600 человек – не слышат и не понимают.

Какова оптимальная численность студентов в потоке?

Замечившая идея максимально использовать технические возможности мультимедийных технологий и экономическая рациональность такого подхода наталкиваются на социальную ответственность за результаты обучения и формирование личностного потенциала выпускника технического университета.

В аудиториях с численностью 500 и более человек с применением мультимедийных средств возможна блестящая публичная лекция. Однако у публичной лекции другие цели, задачи, структура, языковые средства, чем у лекции из учебного курса, соответствующе-

го государственному образовательному стандарту и учебному плану специальности.

Представляется, что количество ступеней в потоке не должно превышать 200 человек. По многолетнему опыту работы в различных по численности аудиториях сложилось убеждение, что в такой аудитории можно, хотя и непросто, поддерживать диалог, использовать приемы проблемного обучения, отвечать на вопросы, владеть аудиторией, подводя ее к открытию и пониманию научных истин различном уровне.

В учебном процессе может быть воспроизведен опыт обучения по «плану Трампа», положительно зарекомендовавший себя в 70-е годы XX века в США. По «плану Трампа» учебное время студента распределяется следующим образом: 40 % – работа в лекционных потоках, 20 % – работа на практических занятиях в малых группах (до 30 человек), 40 % – самостоятельная работа по индивидуальному плану, согласованному с преподавателем и под его контролем.

Приобщая студентов к техническим знаниям, информационным технологиям, не будем забывать, что задачами технического университета являются организация и управление процессами мыслительной деятельности, выявление и развитие индивидуальных творческих способностей студентов.

Методическая дискуссия по проблемам чтения лекций в больших потоках студентов с применением мультимедийных средств, организованная Уральским государственным горным университетом в феврале 2005 года, может быть продолжена на страницах журнала «Известия Уральского государственного горного университета». Своим опытом, идеями, опасениями и находками могут поделиться преподаватели других вузов города Екатеринбурга и Уральского региона.

## СОЦИАЛЬНЫЙ АСПЕКТ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

В. И. Ветошкин

Определение эффективности работы любого предприятия и учреждения в условиях рыночной экономики является важнейшей задачей предпринимательской деятельности. В связи с этим возрастает значение поиска наиболее точных и адекватных методов её расчета. В статье показана значимость определения эффективности работы предприятия как сложной модели, на основе метода анализа чувствительности (sensitivity analysis), где важнейшее значение принадлежит командной деятельности людей и их управлению.

**Ключевые слова:** управление персоналом, эффективность, производительность труда, рентабельность, инвестиционный процесс, анализ чувствительности, норма безубыточности, внутренний коэффициент эффективности.

The determination of effectiveness in the conditions of market economy is an important issue of entrepreneurial activity for any enterprise or organization. This increases the importance of finding the most accurate and adequate methods of its estimation. The paper discusses the importance of determining the effectiveness of operation of an enterprise as a complex model based on sensitivity analysis where the greatest importance belongs to team work and human resource management.

**Key words:** personnel management, effectiveness, labour productivity, profitability, investment process, sensitivity analysis, break-even point, internal rate of return.

Международная практика обоснования управленческих проектов и предложений, как известно, использует несколько обобщающих показателей, позволяющих подготовить решение о целесообразности (нечелесообразности) их реализации. В их числе: чистая текущая стоимость, рентабельность, внутренний коэффициент эффективности, эффективность капиталовложений, максимальный денежный отток, точка безубыточности.

Показатель чистой текущей стоимости, как известно, представляет собой разность совокупного дохода от реализации продукции, рассчитанного за период реализации проекта, и всех видов расходов, суммированных за тот же период, с учетом фактора времени (то есть с дисконтированием разновременных доходов и расходов). Этот показатель рассчитывается аналитически, а также отражается в таблице денежных потоков.

Рентабельность понимается как отношение прибыли к капиталовложениям, а также по отношению к акционерному капиталу и рассчитывается аналитически для каждого года реализации предпринимательского проекта

и как среднегодовая величина (с учетом начальноголожения).

Внутренний коэффициент эффективности определяется как такое пороговое значение рентабельности, которое обеспечивает равенство нулю интегрального эффекта, рассчитанного за экономический срок жизни инвестиций. На практике часто находится методом подбора, то есть перебором различных пороговых значений рентабельности. Проект считается рентабельным, если внутренний коэффициент эффективности не ниже исходного порогового значения.

Эффективность капиталовложений (инвестиций), как известно, характеризуется тремя характеристиками: сроком окупаемости, внутренней нормой доходности и рентабельностью.

Максимальный денежный отток – это наибольшее отрицательное значение чистой текущей стоимости, рассчитанной нарастающим итогом. Этот показатель отражает необходимые размеры финансирования проекта и должен быть указан с источниками покрытия всех затрат.

Норма безубыточности – это минимальный размер партии выпускаемой продукции, при которой обеспечивается «нулевая прибыль» (доход от продаж равен издержкам производства). Определяется аналитическим путем. Норма безубыточности = Постоянные издержки / Удельная цена – Удельные переменные издержки.

Оценки эффективности инвестиций, используемые при обосновании проектов, могут базироваться на различных подходах и рассчитываться соответственно методом приведенной стоимости, методом ануитета, методом рентабельности или методом ликвидности. Существуют и различия в применении тех или иных методов.

Так, например, в США популярны методы, основанные на дисконтировании, а в Японии чаще используются методы рентабельности и ликвидности. Следует помнить, что система расчетов не обязательно должна приводить к однозначному решению относительно целесообразности или нецелесообразности того или иного проекта. Окончательное решение принимается специалистами, учитывающими не только факторы и характеристики, формально отраженные в расчетах, но и опирающимися на интуицию, знания и опыт, использующими аналоги, оценивающими косвенные показатели, и т. п. Обоснование проекта представляет собой, по сути дела, feasibility study (исследование возможностей). Поэтому для окончательного решения привлекаются и различные дополнительные критерии, важное место среди которых обязательно занимает качество и эффективность управления персоналом. К сожалению, мы до сих пор не преодолели принципиально абстрактный взгляд на работающих людей как на «рабочую силу», рядоположенную с орудиями производства, с машинами. Отдавая дань современным представлениям, мы используем понятия «человеческий капитал», «социально ориентированная рыночная экономика», но делаем это чисто идеологически. Иными словами, речь идет не об эффективном инвестировании в персонал, а о простой минимизации издержек. Мы принципиально считаем, что любой управленческий проект – это инновационный и инвестиционный проект-предложение, носящий во многом стохастический характер. Поэтому

расчет эффективности управления должен строиться по методике инвестиции, впрочем, как и всего предлагаемого проекта.

Каждый управленческий проект – это анализ сложного инвестиционного процесса, требующего соответствующей методики расчета. В оценке социально-экономической эффективности управленческого проекта мы же чаще всего пользуемся расчетами простых инвестиционных процессов, для чего гоятся все вышеприведенные подходы и методы.

Для сложных инвестиционных процессов необходимо разрабатывать специальные экономико-математические модели (ЭММ). Основные преимущества использования модели заключаются в одновременном учете в модели большого числа требований, условий и предложений, а также известная свобода в пересмотре этих условий в ходе работы с ней. При этом необходимо устанавливать непротиворечивость (совместность) получаемых по модели системы показателей; возможность получения вариантов изменения изучаемого явления в широком диапазоне и т. д.

Требуется также установить сочетания исходных условий и предположений (например, вариантов экономического развития, состояния валютно-денежного рынка и т. д.). Разумеется, для расчета сложных систем инвестмента могут применяться расчеты простых инвестиционных процессов (вложение средств и отдача от них). Вследствие этого можно получить необходимые оценки эффекта и отдачи, последовательно находя соответствующие промежуточные характеристики и обобщая их в виде искомого конечного результата. Но при таком расчете теряется преимущество модельного подхода. В частности, модель инвестиционного процесса дает возможность осуществить так называемый «канализ чувствительности» (sensitivity analysis). Он заключается в получении модельных оценок эффекта и эффективности для широкого диапазона возможных условий, выявленных из этой базе наиболее важных (чувствительных) входных параметров модели. Этот анализ, кроме того, позволяет выявить закономерности динамики результатов функционирования анализируемой системы в зависимости от изменения каждого из этих параметров. Лицу, принимающему решение, таким образом, представляется не

единственная оценка эффективности, а развернутая картина возможных значений эффективности для разнообразных возможных ситуаций. Необходимость в такой детальной информации определяется, прежде всего, значительной условностью получаемых оценок эффективности.

В свою очередь, условность результата связана с использованием в расчете различных величин, значение которых относится к будущему. Достаточно представить, какую роль в расчетах играет, например, процентная ставка. Условность кроется и в принятых гипотезах о распределении во времени поступлений доходов, издержек производства, цен и т. д.

Анализ чувствительности, не давая окончательной единственной оценки, позволяет установить некоторые ожидаемые интервалы искомых характеристик, тем самым снижая риск неправильного принятия решения.

Основная задача при разработке модели, с помощью которой намереваются проанализировать инвестиционный проект, в том числе измерить его финансовую эффективность, сводится к описанию потока поступлений, который следует ожидать при его осуществлении. Первый шаг в этом направлении заключается в разработке структуры потока – расщеплении на этапы, различающиеся своим содержанием и, следовательно, размерами в распределении доходов и затрат. Причем поскольку модель должна давать оценки для различных возможных (ожидаемых) условий и величин, то они должны формироваться в модель в зависимости от показателей уровня логистической системы. Следует учитывать, что подавляющее большинство исходных данных для расчета этих показателей являются примерными, оценочными, что не позволяет получить однозначных ответов на все поставленные вопросы. Практически полезным выходом в подобной ситуации является, как известно, сценарный подход.

Первоначально получают модельные результаты для некоторого базового сценария, в котором фиксируются наиболее вероятные условия для создания и функционирования производственной системы. Далее аналогичные оценки получают для пессимистического и оптимистического вариантов. Совокупность

полученных расчетных оценок дает возможность более надежно представить себе финансовые последствия соответствующих инвестиций.

Анализ чувствительности модели состоит из следующих шагов:

1. Выбор основного ключевого показателя, т. е. параметра, относительно которого и производится оценка чувствительности. Это может быть не только внутренняя норма доходности или чистый приведенный доход, но качество управления, его эффективность и т. д.

2. Выбор факторов, влияние которых на ключевые показатели необходимо выявить, в первую очередь, это параметры, значения которых могут варьироваться в относительно широких диапазонах, например ожидаемые цены выпускаемой продукции, динамика затрат, уровень инфляции.

3. Расчет значений ключевого показателя для некоторого диапазона параметров модели.

Этот анализ чувствительности модели может снизить степень условности получаемых оценок эффективности проекта-предложения, не снимая ее полностью. Но в отношении к этой условности существует двойственная позиция некоторых экономистов, которые стабильно используют только методы расчета простых инвестиционных процессов: вложение средств и отдача от них (желательно в одном цикле). Они могут согласиться с обязательной возникающей неточностью этих простых расчетов, их условностью, но в отношении некоторых параметров деятельности предприятий обязательно требуют точной количественной оценки эффективности. Это касается, в первую очередь, деятельности по управлению и особенно по управлению персоналом. Следует признать, что недооценка этой деятельности сложилась и по вине самих менеджеров по управлению персоналом, которые так и не научились говорить языком бизнеса, языком инвестмента, языком цифр.

Применение количественных методов к управлению персоналом должно соответствовать общей модели измерения сложного инвестиционного процесса. Поэтому должны быть учтены различные условия, параметры и показатели, как количественные, так и каче-

ственны; как субъективные, так и объективные; как атрибутивные, так и независимые. Существуют основные базисные принципы, при помощи которых возможно создание измерительной системы для оценки эффективности управления персоналом:

1. Продуктивность и эффективность любой функции может быть измерена через некоторую комбинацию затратного временно-го, количественного и качественного показателей-индексов. В некоторых случаях также полезны психологические измерения-взгляды, моральный климат, степень срабатываемости и сплоченности.

2. Измерительно-оценочная система улучшает производительность, поскольку фокусирует внимание на важных вопросах, задачах и целях. Количественная система не только помогает осознать, что должно быть достигнуто, но и насколько хорошо.

3. Менеджеров следует оценивать, опираясь на эффективность структур, которые они возглавляют. Поэтому результат усилий группы является индикатором мастерства менеджера. Это не безусловное утверждение, а некоторый качественный показатель.

4. Главным критерием является эффективность, а не эффективность. Цель предприятия не только в том, чтобы создавать как можно больше при наименьших затратах. Важны те результаты, которые обеспечивают развитие предприятия, его рыночную перспективу.

Эффективность управления персоналом зависит от большого числа факторов, как переменных, так и постоянных. Причем эта эффективность легко может сводиться к нулю под действием этих факторов. Например, сокращение рынка товара на некоторых фирмах автоматически приводит к сокращению персонала. Поэтому она должна рассматриваться в системе эффективности и результативности всей организации.

Как известно, выделяются основные признаки, которые характеризуют высококачественный менеджмент и эффективность управления организационными системами. Контроль производительности труда ориентирован на изучение критериев результативности организации: действенности, экономичности, качества продукции, производительности, качества жизни работников, прибыльности, инноваций.

Каждый из критериев предполагает разработку соответствующей стратегии, реализуемой в практике организационного поведения. Действенность, как известно, определяется как критерий, характеризующий отношение таких показателей эффективности управления, как результаты, которые достигнуты, и результаты, которые намечали. Экономичность — критерий, который характеризует отношение затрат, которые намечались, и фактических затрат. Качество продукции — критерий, который характеризует удовлетворенность потребителя и соответствие стандартам рынка товаров. Производительность, как известно, — это критерий, характеризующий отношение достигнутых результатов и фактических затрат. Качество жизни работника — критерий, характеризующий социальную ответственность руководителя и настроение работников. Это, несомненно, самые общие критерии, показывающие общую эффективность работы организации.

Если работа организации в целом неэффективна, то здесь возможны два варианта: а) согласиться с беспersпективностью организации; б) воспользоваться методом анализа чувствительности, выбрав основной ключевой показатель и факторы, влияющие на него, с последовательным расчетом значений ключевого показателя для некоторого диапазона параметров модели.

Этими показателями могут быть: люди, описываемые через различные функции и роли, выполняемые ими в организационном поведении; процессы и отношения, в которых участвуют люди; предметный мир, опосредующий отношения людей (станки, здание, транспортные возможности и т. д.); результаты взаимодействия людей (разрозненные конфликтующие группы или сплоченная команда); кроме того, это может быть то, что получено в ходе взаимодействия людей, вещей и процессов. Несомненно, что каждый из показателей может быть дополнительно развернут в многообразии качественных и атрибутивных характеристик. Эффективность инвестиций в персонал может рассматриваться двояко: как показатель эффективной работы фирмы в целом (реализуется, например стратегия роста) либо как эффективность инвестирования в отдельные управленческие мероприятия. Имеется в виду снижение затрат на обучение,

минимизация времени на вхождение в высокопрофессиональное выполнение возложенных функций, эффективность использования средств на переподготовку кадров, снижение нормы прогулов, повышение производительности труда каждого работника и т. д.

Качество инвестирования может рассматриваться как качественная характеристика работы любой фирмы. Так, например, используя маркетинговый показатель качества, можно утверждать, что персонал работает максимально эффективно, если обеспечивает готовность и поставку продукции точно в срок, каждый день и небольшими партиями. Персонал работает эффективно, если обеспечивает эффективную инновационную товарную политику и т. д. И наоборот, неоправданное снижение инвестиций в персонал приводит к несомненному падению эффективности работы предприятия. С другой стороны, раз мы говорим об инвестициях в персонал, то, следовательно, имеем все основания применять к этим процессам методы количественного анализа.

Инвестиционный процесс, как известно, объединяет два противоположных и в известном смысле самостоятельных процесса – создание производственного или иного объекта, или накопление капитала, и последовательное получение дохода, которые протекают последовательно (с разрывом между ними или без него) или на некотором отрезке времени параллельно. В последнем случае предполагается, что отдача от инвестиций начинается еще до завершения процесса вложений. Оба процесса могут иметь разные распределения (закономерности изменения во времени). Причем форма распределения во времени (особенно отдачи) играет здесь едва ли не главную роль. Потоки платежей характеризуют эти два процесса в виде одной последовательности. Если речь идет о производственных инвестициях, то в большинстве случаев элементы этого потока формируются из показателей чистого дохода и инвестиционных расходов. Под чистым доходом понимают общий доход (выручку), полученный в каждом временном отрезке, за вычетом всех платежей, связанных с его получением. В эти платежи входят все действительные расходы. Инвестиционные расходы включаются в поток пла-

тежей с отрицательным знаком. Отдельный элемент платежей определяется следующим образом:  $R = (G - C) - (G - C - D)T - K + S$ , где  $R$  – элемент потока наличности (cash flow) в году  $t$ ;  $G$  – ожидаемый брутто-доход от реализации проекта, например, объем выручки от продажи продукции;  $C$  – общие текущие расходы (прямые и косвенные: на заработную плату, на материалы и т. д., причем амортизационные отчисления сюда не включаются);  $D$  – расходы, на которые распространяются налоговые льготы;  $T$  – налоговая ставка;  $K$  – инвестиционные расходы;  $S$  – различные виды компенсаций.

Какой бы метод оценки эффективности капиталовложений ни был выбран, так или иначе он связан с приведением как инвестиционных расходов, так и доходов от капиталовложений к одному моменту времени, т. е. с расчетом соответствующих временных величин. Наиболее важным здесь является выбор уровня ставки процентов, по которой производится дисконтирование. Ее часто называют «ставкой сравнения», поскольку оценка эффективности часто осуществляется именно при сравнении вариантов капиталовложений. Какую ставку принять в конкретной ситуации – дело экономического анализа и прогноза. Чем она выше, тем в большей мере отражается такой фактор, как время, – более отдаленные платежи оказывают все меньшее влияния на современную величину потока. Поэтому получаемые размеры современных величин доходов от капиталовложений являются условными характеристиками, поскольку в существенной мере зависят от принятой для будущего ставки сравнения.

В зависимости от конкретной сложившейся ситуации учет фактора времени может меняться, и то, что представлялось предпочтительным в одних условиях, может не оказаться таковым в других. При выборе ставки сравнения в принципе ориентируются на существующий или ожидаемый уровень ссудного процента. Традиционно рекомендуется применять так называемую минимальную привлекательную ставку доходности (minimum attractive rate of return). Однако вопрос о том, каков этот минимальный уровень, остается при этом неопределенным. По сути, ставки сравнения в существенной мере зависят от хозяйствен-

ственной конъюнктуры, финансового положения инвестора, его способности прогнозировать, возможности и готовности рисковать. Проблема риска является одной из основных в выборе вариантов инвестиций. Включение рисковой надбавки к величине процентной ставки является распространенным, но не единственным средством ее решения. Чаще всего в современных условиях прибегают к уже отмеченному нами методу – анализу чувствительности, позволяющему лицу, принимающему решение, изучить многовариантную картину возможных последствий (эффектов) в зависимости от изменения условий – входных параметров анализируемых систем. Иначе говоря, предполагается, что риск может быть уменьшен при более основательном понимании действия механизма формирования прибыли и учета различных влияний, зависимостей и т. д. Для точности расчета обязательно необходимо точно определить рыночную ситуацию, все ее показатели и факторы. Несомненно, что при ее ухудшении будут снижаться как общая эффективность, так и эффективность инвестиций в различные сферы деятельности фирмы. Таким образом, общая неэффективность работы фирмы может быть не обязательно связана с плохим управлением персоналом. А если это так? Рассмотрим эффективность управления персоналом, исходя из сложности этого объекта управления и многонаправленности этой деятельности.

Персонал любого предприятия – это постоянно изменяющаяся количественно и качественно общность, испытывающая разнообразные влияния макро- и микросреды. Это постоянно происходящие процессы привлечения и сокращения персонала, его перемещение и т. д. Управление персоналом вследствие этого предстает как достаточно сложная деятельность по выполнению многообразных функций, которые, в свою очередь, образуют систему этого управления. В эту систему входят: управленческие процедуры; управленческие операции; функциональные связи управления; функциональные горизонтальные связи; функциональные вертикальные связи; внешние функции управления; внутренние функции управления; главные функции управления; основные функции управления; вспомогательные функции; субъекты функций управления и т. д.

Управление персоналом представляет собой многогранную деятельность, подчас даже значительно более сложную, чем сам процесс производства, в значительной мере содействует достижению наибольшей эффективности деятельности фирмы, осуществляя:

- а) помочь фирме в достижении ее целей;
- б) эффективное использование мастерства и возможностей работников;
- в) обеспечение фирмы высококвалифицированными и заинтересованными служащими;
- г) стремление к наиболее полному удовлетворению служащих своей работой, к их наиболее полному самовыражению;
- д) развитие и поддержание на высоком уровне качества жизни, которое делает желанной работу в этой фирме;
- е) помочь в создании и сохранении хорошего морально-психологического климата;
- з) управление ростом карьеры (продвижением) к взаимной выгоде служащих и руководства фирмы.

Несомненно, что обеспечение эффективности фирмы возможно лишь тогда, когда само управление персоналом является эффективной деятельностью, когда оно РЕЗУЛЬТАТИВНО. При управлении по результатам возможности организации используются таким образом, чтобы планы деятельности простирались от их стратегического уровня до планов индивидуального использования рабочего времени отдельным работником. Ядром управления по результатам является желание персонала достичь определенных результатов. Сама по себе организация не может иметь такого желания, оно может быть только у отдельных индивидуумов. Процесс планирования – это, в общем, процесс ЖЕЛАНИЯ результатов.

В соответствии с этим, при планировании: составляются планы деятельности и развития, а также бюджет; добиваются ясности в понимании результата; определяют направленность на него согласно позициям стратегического управления и с учетом интересов всех групп и отдельных работников; достигают календарной точности. В планировании, при управлении по результатам, человек рассматривается как единое целое, и его воля и желания лежат в основе всего.

Эффективность работы персонала следует рассматривать как часть общей эффектив-

ности производства. В экономической теории, как известно, эффективность определяется из поставленных целей, как функция достигнутых результатов и затраченных на это ресурсов. В соответствии с современными взглядами эффективность является оценочной категорией, так как всегда связана с отношением ценности результата к ценности затрат. В современных условиях нет единого подхода к проблеме измерения эффективности работы персонала. Сложность заключается в том, что процесс трудовой деятельности персонала тесно связан с производственными процессами и его конечными результатами, социальной деятельностью общества, экономическим развитием предприятия и т. д. Выделяют три методических подхода к оценке эффективности.

Сторонники *первого* считают, что персонал предприятия является совокупным общественным работником, непосредственно воздействующим на производство, поэтому конечные результаты производства должны служить критериальными показателями эффективности персонала. В качестве таких показателей принимаются численные значения конечных результатов работы предприятия за конкретный период (год, квартал, месяц); а) прибыль предприятия (балансовая, валовая, чистая); затраты на 1 руб. продукции ( себестоимость); уровень рентабельности (отношение прибыли к себестоимости); объем товарной продукции; объем реализованной продукции (выручка); доход предприятия (валовой, чистый); культура производства; качество продукции (процент продукции, сданной с первого предъявления); дивиденды на одну акцию (обыкновенную и привилегированную); коэффициенты экономической эффективности; срок окупаемости капитальных затрат.

Перечисленные показатели, несомненно, отражают конечные результаты производства и могут служить основой расчета эффективности работы персонала. Однако на них оказывают влияние и другие факторы производства: средства труда (структура основных производственных фондов, уровень механизации и автоматизации производства, коэффициент сменности работы оборудования, фондотдача основных производственных фондов, норма амортизации оборудования и др.); предметы труда (стоимость покупных материалов,

качество комплектующих деталей, запасы материалов на складах, оборачиваемость оборотных средств, удельный вес материальных затрат в стоимости продукции и др.); технология производства (уровень специализации и кооперации, длительность производственного цикла, ритмичность производства, коэффициент сменности, надежность производства и др.). Поэтому необходимо оценить воздействие трудовой деятельности персонала на конечные результаты производства.

На основании *второго подхода* к оценке эффективности работы персонала считается, что критериальные показатели должны отражать результативность, качество и сложность живого труда или трудовой деятельности. В качестве таких показателей оценки выделяются: производительность труда (выработка на одного работника); темпы роста производительности труда и заработной платы; удельный вес заработной платы в себестоимости продукции; общий фонд оплаты труда; процент выполнения норм выработки; потери рабочего времени (целодневные и внутрисменные); качество труда рабочих (процент брака); механизированность труда; фондооруженность труда; трудоемкость продукции; коэффициент сложности работ и труда; уровень производственного травматизма; общая численность персонала. Данные показатели всесторонне отражают эффективность трудовой деятельности персонала и могут служить основой для выбора критерия. Вместе с тем они не характеризуют уровень организации работы персонала и социальную эффективность, которые также влияют на конечные результаты производства и непосредственно связаны с персоналом производства.

На основании *третьего подхода* к оценке эффективности считается, что эффективность работы персонала в значительной степени определяется организацией его работы, мотивацией труда, социально-психологическим климатом в коллективе, т. е. больше зависит от форм и методов работы с персоналом. В качестве критерия эффективности работы персонала предлагаются такие показатели: текучесть кадров; уровень квалификации персонала; уровень трудовой и исполнительской дисциплины; профессионально-квалификационная структура; соотношение рабочих

и служащих; использование фонда рабочего времени; социальная структура персонала; удельный вес нарушителей трудовой дисциплины; равномерность загрузки персонала; надежность работы персонала; затраты на одного работника; затраты на управление; уровень накладных расходов; выполнение плана социального развития; социально-психологический климат в коллективе; качество работы персонала. В итоге мы опять приходим к выводу, что оценка эффективности как предприятия в целом, так и персонала носит комплексный характер, где учитывается значимость конечных результатов производства, производительность и качество труда и организации работы персонала как социальной системы. Все это требует создания ЭММ (экономико-математической модели), как мы уже определили. Что дает нам создание этой модели? Создание ЭММ, прогнозирующей эффективную работу предприятия в зависимости от рационального сочетания факторов производства, позволит своевременно решать три важные задачи: во-первых, планировать численное значение прибыли в зависимости от объемов заказов, цен на продукцию и ресурсы, в зависимости от экономических норма-

тивов и фактически сложившихся условий производственно-хозяйственной деятельности предприятия; во-вторых, при наличии низкой рентабельности вносить корректировки в объем выпускаемой продукции, договорные цены, экономические нормативы. Это позволит своевременно производить изменения в системе управления, например сокращение численности, укрупнение подразделений, корректировку планов социального развития с обоснованием экономического эффекта или возможных убытков; в-третьих, правильно распределять чистую прибыль между трудовыми коллективами и собственниками предприятия.

Сложившийся на многих предприятиях механизм распределения фонда материального поощрения и прибыли пропорционально заработной плате или численности работников подразделений не способствует развитию внутрипроизводственного хозрасчета и фактически приводит к уравниванию в оплате труда. В этой модели должны быть использованы комплексные показатели эффективности, отражающие, с одной стороны, результаты экономического развития предприятия, а, с другой – показатели социальной эффективности работы.

УДК 373.9

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ НА УРАЛЕ В XVIII – НАЧАЛЕ XX ВВ.

Е. Н. Спектор

В статье приводится исторический анализ становления и развития системы образования на Урале в XVIII – начале XX вв. как совокупности сети образовательных учреждений, реализующих образовательные программы различного уровня и направленности. Выявляется связь между социально-экономическими особенностями региона и развитием образования, а также показывается влияние на этот процесс правительственной политики в сфере народного просвещения.

**Ключевые слова:** система образования, реформа образования, Министерство народного просвещения, учебный округ, учебная программа, учебное заведение, горнозаводская школа, начальная школа, гимназия, народное училище.

The article gives a historical analysis of formation and development of the system of the Urals in the XVIIIth and beginning of the XXth centuries as a combination of the not of educational establishments that realize curricula of different levels. The article shows the connection between socio-economical peculiarities of the region and the development of the region. The article also shows the influence of the governmental policy in the sphere of public education on this process.

**Key words:** the system of education, an educational reform, the Ministry of public education, an educational district, a curriculum, an educational establishment, a factory primary school, a primary school, a gymnasium, a vocational school.

Становление системы образования на Урале всецело связано с особенностями развития этого региона. Массовая колонизация Урала русским населением начинается в XVII в. Именно в это время возникают первенцы уральской металлургической промышленности – Нижнекамский железоделательный (1631 г.) и Пыскорский медеплавильный (1634 г.) заводы. Петровские преобразования способствовали освоению на Урале рудных богатств и созданию здесь крупного горно-металлургического производства. Заводы строились как казнью, так и частными предпринимателями.

Развитие крупной горнозаводской промышленности на Урале выявило проблему нехватки квалифицированных кадров в области горного дела и металлургии. Отчасти решить эту проблему должны были горнозаводские школы, инициатором открытия которых был В. И. Тагищев. В 1721 г. в Кунгуре и на Уктусском заводе начали действовать арифметические школы, в которых ученики получали сведения по арифметике, геометрии и тригонометрии. В 1722 г. были открыты две новые словесные школы – одна на Уктусском, другая на Алапаевском заводах. В этих школах учили читать и писать. В 1723 г. начались занятия в словесной и арифметической школах на новом Екатеринбургском заводе. С этого времени Екатеринбург становится центром школьного образования на Урале.

В 1737 г. екатеринбургская школа при активном участии В. И. Тагищева была превращена в большое учебное заведение, состоявшее из трех школ – латинской, немецкой и русской (последняя, в свою очередь, разделялась на словесную, арифметическую и знаменование, где обучали рисованию и черчению). Во главе школ было поставлено единое руководство. Подобные екатеринбургской школы были открыты почти при всех казенных заводах.

Система горнозаводских школ в 30–40-е гг. XVIII в. включала четыре основных типа:

1. Низший тип – начальная школа – словесная. В ней осуществлялось обучение первоначальной грамоте – чтению и письму.

2. Школы повышенного типа – арифметические, где ученики изучали главные разделы арифметики, геометрии и тригонометрии и некоторые теоретические основы горнозаводской деятельности.

3. Латинская школа, организованная в Екатеринбурге, была предназначена для детей высшего технического персонала и высшего духовенства. В ней изучали латынь и учились делать переводы и говорить на этом древнем языке.

4. Немецкая школа также была открыта в Екатеринбурге, в ней учащиеся изучали немецкий язык, знание которого давало им возможность изучать физику и механику. Латинская и немецкая школы по числу учеников, да и по своим задачам большой роли не играли. Поэтому существовали они сравнительно недолго [2].

К середине XVIII в. горнозаводские школы существовали при 11 заводах, подчиненных Правлению заводов. В это же время появляются первые школы и при частных заводах. В 1750 г. открылась первая школа при Нижнетагильском заводе Никиты Демидова.

В 80-е годы XVIII в. в школьном образовании на Урале, как и во всей России, начинается новый этап. В опубликованном в 1786 г. «Уставе народных училищ в Российской империи» определялась новая цель образования: стремиться к развитию общего образования, тогда как до этого времени главной образовательной задачей являлась подготовка специалистов в области техники, военного дела и т. д.

По новому Уставу создавались два типа народных училищ: в губернских городах «глав-

ные» (четырехклассные) и в уездных – «малые» (двухклассные) училища. На Урале были открыты Главные народные училища в губернских городах – Перми и Уфе. Малые народные училища, учебный курс которых включал обучение чтению, письму, чистописанию, а также изучение «священной истории», грамматики и арифметики, были открыты в Верхотурье, Екатеринбурге, Ирбите, Куштуре, Соликамске, Чердыни, Шадринске, Тюмени, Туринске, Таре, Миассинске, Бугуруслане, Бузулуке, Слободском, Сарапуле, Котельниче, Нолинске.

Проведенные преобразования значительно расширили сеть учебных заведений в Уральском регионе, но при этом пагубно отразились на системе горнотехнического образования. Ряд горных школ были преобразованы в народные училища. Так, например, Екатеринбургская горная школа, являвшаяся одним из лучших специальных учебных заведений в стране, была преобразована в малое народное училище. Проведенные преобразования привели к сокращению материальной базы школ. Ранее горные школы финансировались заводами, а по новому уставу предполагалось, что учебные заведения должны существовать за счет благотворительности.

В начале XIX в. в истории российского образования произошли кардинальные перемены. Складывалась система образования, в основу которой были положены принципы бессловесности учебных заведений и преемственности учебных программ. Все учебные заведения подразделялись на 4 ступени:

- 1) одноклассные приходские училища;
- 2) трехклассные уездные училища;
- 3) губернские гимназии;
- 4) университеты.

Вся территория Российской империи была разделена на 6 учебных округов. Развитием образования на территории учебного округа руководили университеты, разрабатывавшие учебные программы. По университетскому уставу 1804 г. университеты получили значительную автономию, что предполагало: выборность ректоров и профессуры, собственный суд, право назначать учителей в гимназии и училища своего учебного округа.

Территория Урала вошла в состав Казанского учебного округа, попечителем которого

был назначен С. Я. Румовский, являвшийся ранее членом Главного управления училищ. В уральских губернских городах Перми и Уфе на основе существовавших ранее народных училищ были созданы гимназии, которые давали среднее образование и право поступления в университет [3].

В первой половине XIX в. основу начального образования составляли приходские школы с годичным сроком обучения, финансируемые крестьянскими общинами. В уездных городах были открыты уездные училища. Не утратили своего значения в деле начального образования и народные училища.

Особый тип начальных школ на Урале (Оренбургская и Уфимская губернии) составляли школы для обучения грамоте, создаваемые мусульманским духовенством – мектебе и медресе. В первой половине XIX в. получили распространение русско-национальные школы, которые призваны были распространять грамотность среди коренного населения Урала – башкир, татар, коми-пермяков, чувашей, мордвы.

Начало XIX в. – это время формирования системы горного образования на Урале. При созданных в 1801 г. горных начальствах – Екатеринбургском, Пермском, Гороблагодатском – были открыты главные горные школы, которые спустя некоторое время будут заменены на пансионат для 50 детей уральских чиновников при Горном кадетском корпусе в Петербурге. После открытия в 1853 г. в Екатеринбурге Уральского горного училища пансионат прекратит свое существование.

С 1801 г. при каждом казенном заводе и некоторых частных были созданы малые горные школы. К 1861 г. их насчитывалось 44 [4].

Реформа 1861 г. и последующее развитие страны вызвали сдвиги в системе образования. Усложнение общественной жизни, ускорившееся развитие промышленности, торговли, транспорта, банков потребовали подъема культурного уровня населения, распространения среди него элементарной грамотности и образования. Только массовая школа с новыми формами обучения могла удовлетворить эту потребность. Такой массовой школой в России во второй половине XIX в. стала начальная школа.

Система начального образования, сложившаяся в пореформенный период, была сложной и запутанной. Входящие в нее учебные заведения отличались друг от друга не только ведомственной принадлежностью, источниками финансирования, но и учебными программами. По подсчетам Н. Чехова и В. Фармаковского, во второй половине XIX в. в Центральной России существовало больше 20 типов начальных школ. В Оренбургском учебном округе (образован в 1875 г. в составе Уфимской, Оренбургской и Пермской губерний, а также Уральской и Тургайской областей) их было еще больше, поскольку здесь действовали еще миссионерские, русско-башкирские, русско-татарские, русско-коми-permianские, мусульманского духовенства, казачьи школы и др. [1].

Преобладающими типами начальных школ в округе были земские школы, школы, содержащиеся сельскими обществами, школы городских самоуправлений. Эти школы содержались за счет земства, сельских и городских общин соответственно. Около 20 % расходов брало на себя государство. На горизонте учебной частью, за содержанием учебных программ, за качеством образования осуществляло Министерство народного образования.

В 1884 г. по «Положению о церковно-приходской школе» все сельские начальные школы были переданы Духовному ведомству.

Основная часть земских, министерских, часть церковно-приходских школ и школ городского самоуправления были одноклассными с трехлетним учебным курсом. В них преподавались: Закон Божий, церковно-славянская грамота, русский язык, чистописание, арифметика.

После принятия в 1870 г. правил «О мерах к образованию населяющих Россию инородцев» количество русско-национальных школ на Урале резко увеличилось. Официально эти школы назывались «русско-инородческими». К 1914 г. на территории Пермской губернии их насчитывалось 55, Уфимской – 605, Оренбургской – 88.

В конце XIX – начале XX в. отчетливо прослеживалась тенденция резкого увеличения численности начальных учебных заведений. К 1897 г. в составе Оренбургского учебного

округа (без учета данных по Уральской и Тургайской областей) их насчитывалось 3586, а к 1914 г. только в Пермской губернии – 2810. По количеству светских начальных школ Пермская губерния находилась на первом месте в стране.

Повышение спроса на работников умственного труда в пореформенный период потребовало проведения преобразований уже существующих средних учебных заведений и открытия новых. В 1864/65 учебном году была проведена реформа существовавшей с начала века Уфимской гимназии. Было прекращено преподавание на татарском языке, и учебные планы были приведены в соответствие с общероссийскими. В июне 1861 г. была основана мужская гимназия в г. Екатеринбурге. Открытая по Высочайшему повелению императора Александра II, она сразу приобрела статус правительенного учреждения и содержалась на средства из государственной казны. В 1868 г. в Оренбурге по ходатайству местных учебных и гражданских властей была открыта классическая гимназия с одним древним языком на общероссийских основаниях. К 1914 г. на территории Оренбургского учебного округа существовало 10 мужских классических гимназий, в том числе 6 находились на территории Пермской губернии (губернские: Пермская императора Александра I Благословленного, Пермская вторая, Пермская частная мужская гимназия с правами правительственной О. В. Циммермана, уездные: Екатеринбургская, Ирбитская, Камышловская). Несмотря на то, что абсолютные цифры увеличения численности гимназий невелики, темпы распространения мужского классического гимназического образования в Уральском регионе соотносятся с общероссийскими. За период с 1856 по 1913 гг. количество гимназий Министерства народного просвещения (МНП) по России увеличилось в 5,6 раза, по Оренбургскому учебному округу – в 5 раз, а в Пермской губернии – в 6 раз.

Расширение сети мужских гимназий происходило крайне медленными темпами, вызвано это было прежде всего стремлением правительства сохранить элитарность гимназического образования.

Плата за учебу в уральских гимназиях в 60-70-х гг. колебалась от 15 до 30 руб. в год,

в 80-е гг. поднялась до 40-50 руб. (зарплата высококвалифицированного рабочего в конце XIX в. составляла 40–70 руб. в месяц). Регулярное повышение платы за обучение объяснялось необходимостью содержать параллельные отделения при гимназиях, необходимостью проведения ежегодных ремонтов гимназических зданий и постоянным возрастанием цен на все предметы гимназического хозяйства.

Высокая плата за обучение затрудняла доступ в гимназии детям из городских и сельских сословий. Социальный состав учащихся мужских гимназий Оренбургского учебного округа в 1890 г. выглядит следующим образом: 51,5 % – выходцы из дворянско-чиновничей среды, 5,8 % – дети духовенства, 28,4 % принадлежали к городским сословиям, 14,3 % – к сельским [8].

На Урале, в отличие от Центральной России, не получили распространения мужские прогимназии, являвшиеся неполными средними учебными заведениями. Связано это в большей мере с существовавшей тогда официальной точкой зрения о том, что для городских сословий существует начальная школа повышенного типа – начальные городские училища. Дворяне и чиновники предпочитали отдавать своих детей в гимназии.

Отсутствие прогимназий сужало социальную базу среднего образования. Оно фактически было доступно лишь состоятельным жителям крупных городов, что способствовало скатыванию в них чиновничества и интеллигенции, которые наиболее были заинтересованы в школе как механизме социальной карьеры.

Во второй половине XIX в. наряду со средними общеобразовательными учебными заведениями получили развитие и средние профессиональные учебные заведения. На территории Оренбургского учебного округа к 1914 г.

их насчитывалось 128, из них в Пермской губернии находилось 23. Эти учебные заведения принадлежали к разным ведомствам и не имели единых программ [5].

Вторая половина XIX в. в России – это время бурного развития женского образования, и Урал в этом смысле не был исключением.

Женское среднее образование в сравнении с мужским развивалось более быстрыми темпами. Женские гимназии и прогимназии создавались в основном по инициативе органов местного управления. Развитие начальных учебных заведений выявило острую нехватку учительских кадров. Отчасти именно выпускницы женских гимназий и прогимназий должны были помочь решению этой проблемы.

Зарождение женского образования на Урале принято связывать с основанием в 1848 г. в Оренбурге Института благородных девиц, преобразованного в 1855 г. в Николаевский женский институт.

По «Положению о женских училищах» 1860 г. было открыто четыре училища I разряда (в Оренбурге, Уфе, Перми и Екатеринбурге) и восемь училищ II разряда (в Оренбурге, Челябинске, Троицке, Бирске, Мензелинске, Кунгуре, Камышлове и Ирбите).

В 1870 г. училища I разряда были переименованы в гимназии, а II разряда – в прогимназии. В Оренбургском учебном округе к 1900 г. насчитывалось 5 гимназий (в 1891 г. Красноуфимская прогимназия была переименована в гимназию) и 15 прогимназий. Этот учебный округ оказался единственным в стране, где показатели развития женского среднего образования были выше, чем мужского. По данным 1894 г. по России 1 мужское среднее учебное заведение приходилось на 930 тыс. душ, 1 женское – на 655 тыс. душ. В трех губерниях Оренбургского учебного округа 1 мужское приходилось на 317 тыс. душ, женское – на 125 тыс. душ.

**Социальный состав женских средних учебных заведений по Оренбургскому учебному округу за период с 1876 по 1900 гг. (в %)**

Сословия	Гимназии		Прогимназии	
	1876 г.	1900 г.	1876 г.	1900 г.
Дворяне и чиновники	58,8	48,6	15,1	16,3
Духовенство	7,2	3,1	11,9	4,2
Городские сословия	26,3	37,1	59,1	49,7
Сельские сословия	5,9	10,3	13,7	29,2
Иностранные	1,8	0,9	0,2	0,6

Анализ данных, приведенных в таблице, позволяет сделать следующие выводы. В последней четверти века в изменении социального состава учащихся уральских женских гимназий прослеживается традиционная картина – уменьшение относительного количества учениц дворянского и духовного сословий и увеличение числа представителей городских и сельских сословий. Прежде всего это можно объяснить общей тенденцией демократизации женского образования. Такое это явление отчасти объясняется развитием женских институтов, которые предназначались главным образом для девочек из привилегированных сословий, и учреждением епархиальных женских училищ, которые при шестигодичном курсе предоставляли учащимся те же права (звание домашних учительниц), что и восьмиклассные женские гимназии [10].

В женских прогимназиях процесс демократизации связан прежде всего с значительным увеличением в этих учебных заведениях числа представительниц сельских сословий при сохранении и даже некотором увеличении позиций дворянского сословия.

Плата за учебу в женских гимназиях с 15–30 руб. в 60-е гг. к концу века возросла до 60–80 руб., то есть значительно, чем в мужских. Учеба в прогимназиях была значительно дешевле – от 10 до 30 руб.

Одна из первых женских гимназий на Урале была открыта в Перми. В истории этого учебного заведения можно выделить два периода: первый – училищный (1860–1871 гг. По «Положению о женских училищах» от 10 мая 1860 г. его статус был определен как женское училище I-го разряда с шестигодичным курсом) и второй – гимназический (1871–1919 гг. По «Положению о женских гимназиях и прогимназиях Министерства народного просвещения», утвержденному 24 мая 1870 г., с 1871 г. училище было преобразовано в семиклассную гимназию). Пермская женская гимназия внесла значительный вклад в дело женского образования. За первые 50 лет ее существования в гимназии пребывало 22,5 тыс. учениц, число окончивших семь классов составило 1730, восемь – 1430 [6].

В конце XIX – начале XX в. на Урале появляются первые частные гимназии и прогимназии: мужская гимназия в Перми О. В. Цим-

мермана, женские гимназии в Перми – Л. В. Барбатенко и А. И. Дрекслер-Гольнеш, в Екатеринбурге – А. Е. Румянцевой.

Одним из первых частных учебных заведений в Пермской губернии является открытая в 1886 г. Эвелиной Владимировной Циммерман начальная школа, преобразованная впоследствии в гимназию. Эвелина Владимировна, как и ее сестры Оттиль Владимировна и Маргарита Владимировна, преподававшие в гимназии французский, немецкий и русский языки, являлись выпускницами Маринской женской гимназии.

В 1903 г. начальная школа была преобразована в мужскую частную прогимназию, что повлекло увеличение штата преподавателей и количества обучающихся.

В 1909 г. прогимназия получила статус мужской частной гимназии с правительственной программой. Вновь выросло число изучаемых предметов и штат преподавателей. Гимназия просуществовала до 1917 г. и являлась одним из альтернативных средних учебных заведений [7].

Одной из передовых на Урале в начале XX в. была женская частная гимназия А. И. Дрекслер-Гольнеш в Перми. Гимназия изначально задумывалась как учебное заведение для девочек из малообеспеченных семей. Гимназия была открыта и существовала при финансовой поддержке известного пароходчика и предпринимателя мецената Николая Васильевича Мешкова.

В гимназии изучали все те же предметы, что и в казенных учебных заведениях. Но в старших классах преподавали еще бухгалтерию и счетоводство. В составе преподавателей были как постоянные кадры, привлеченные начальницей, так и учителя из других гимназий. Среди преподавателей гимназии нередко встречались личности незаурядные, такие, как пермская поэтесса Евгения Федоровна Трутнева, служившая здесь с 1914 по 1919 гг. сначала секретарем, а затем классной наставницей. Гимназистки ее обожали и нередко в знак своей любви дарили ей свои фотографии с теплыми пожеланиями.

В 1916 г. с открытием в Перми университета пополнился преподавательский состав в гимназии. Александра Августиновна Дрекслер-Гольнеш первой из других начальниц гим-

назий установила контакт с учеными, приехавшими из Петербурга и Юрьева (Дергига).

Гимназия пользовалась популярностью и признанием пермяков, они с удовольствием отдавали своих девочек на обучение в это учебное заведение. Объяснялось это прежде всего стремлением начальницы сделать процесс обучения интересным и увлекательным. Занятия физкультурой в гимназии проводились в саду, под липами. Летом для учениц устраивались экскурсии по Каме (часто на пароходе, предоставленном Н. В. Мешковым), а также в Кунгурскую ледяную пещеру. Зимой в саду заливался каток.

С 1916 г. в гимназии был открыт 8-й класс, по окончании которого выдавался аттестат зрелости. Гимназия была удостоена чести носить имя писателя И. С. Тургенева.

Незадолго до Февральской революции 1917 г. в Пермь приехал министр народного просвещения Касса. Из всех частных гимназий он посетил именно эту, одобрав все нововведения, сделанные ее начальницей [9].

В начале XX в. на Урале все острее вставал вопрос о расширении сети средних учебных заведений. В 1915 г. в газете «Зауральский край» была опубликована статья Э. К. Лейриха «Какие учебные заведения нужны для Верхотурского уезда». Автор указывает на то, что в открытии новых средних учебных заведений должны быть заинтересованы прежде всего заводоуправления, поскольку отсутствие этих учебных заведений приводит к большой текучести среднего технического персонала. Вызвано это, прежде всего, тем, что, когда подрастают дети, родители стремятся поменять место службы в тот пункт, где есть соответствующая средняя школа. Намеченная к открытию в ближайшие годы сеть учебных заведений в Верхотурском уезде (в Верхотурье – мужская гимназия, в Надеждинске – гимназия или реальное училище, в Алапаевске – реальное училище, в Тагиле – смешанное коммерческое училище и в Кушве – техническое училище) свидетельствует о том, что в большей степени ощущалась нехватка в выпускниках средних специальных учебных заведений. По-прежнему, как и в былье времена, основным препятствием к открытию новых школ был недостаток средств.

Итак, в рассматриваемый период развитие образования на Урале характеризуется следующими чертами:

Во-первых, особенности социально-экономического развития Уральского региона во многом повлияли на процесс становления и развития образования на этой территории.

Урал с XVII в. являлся центром горно-металлургической промышленности, бурное развитие которой в начале XVIII в. выявило проблему острой нехватки квалифицированных кадров. С целью устранения этой проблемы при заводах, сначала казенных, а затем и частных, были открыты горные школы – Низинские учебные заведения, просуществовавшие вплоть до начала XX в. В преобразованный период наблюдается стремительный рост числа начальных учебных заведений в Уральском регионе. К началу XX в. Пермская губерния занимала первое место в России по количеству начальных школ.

Во-вторых, все учебные заведения Урала в 1803 г. вошли в состав обширного Казанского учебного округа, развитием образования на территории которого руководил Казанский университет. В 1875 г. после реорганизации из Казанского учебного округа был выделен Оренбургский, в состав которого входили: Оренбургская, Уфимская, Пермская губерния, Уральская и Тургайская области. Эта мера благотворно сказалась на организации управления учебными заведениями.

В-третьих, развитие среднего образования в Уральском регионе было обусловлено решениями, принимаемыми в этом направлении правительством. Первые гимназии (основной тип средних учебных заведений в дореволюционной России) на Урале появились, как и по всей России, лишь в 1804 г. в результате преобразований, существовавших с 1786 г. в губернских городах. Главных народных училищ. До 1861 г. численность уральских гимназий оставалась неизменной – 2 (пермская и уфимская мужские гимназии). По всей видимости, на данном этапе развития эти учебные заведения удовлетворяли потребности региона. Во второй половине XIX в. темпы роста мужских классических гимназий на Урале были крайне медленными, хотя и равны средним показателям по России. К 1914 г. в Оренбургском округе существовало 10 гим-

вузов, 6 из них были расположены в Пермской губернии. Вызвано это было, прежде всего, политикой правительства, направленной на введение сословных ограничений в гимназиях, высокой платой за обучение, неразвитостью сети прогимназий. Все это сужало социальную базу среднего образования.

В-четвертых, на Урале лишь в начале XX в. получило развитие частное гимназическое образование, что было несколько позже по сравнению с центром России. По всей видимости, именно в это время наиболее остро стала ощущаться нехватка правительственный гимназий.

В-пятых, на Урале так же, как и по всей России, во второй половине XIX в. быстрыми темпами развивалось женское классическое образование. В Оренбургском округе, единственном в стране, показатели развития женского среднего образования на душу населения были выше, чем мужского.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугаева С. Я. Образовательный уровень уральской интеллигенции в конце XIX – начале XX в. // Народное образование на Урале в XVIII –

начале XX в.: Сборник научных трудов. Свердловск: УрГУ, 1990. С. 89–104.

2. История народного образования в Екатеринбурге. Выпуск 1. Екатеринбург: Управление образования администрации Екатеринбурга, 1998.

3. Исторический обзор деятельности Министерства народного просвещения. 1802 – 1902 гг. СПб., 1902.

4. Калинина Т. А. Из истории горнотехнического образования на Урале во второй четверти XIX в. // Народное образование на Урале в XVIII – начале XX в.: Сборник научных трудов. Свердловск: УрГУ, 1990. С. 38–42.

5. Личков Л. С. Высшее и среднее образование // Производительные силы России. СПб., 1896.

6. Мариинская женская гимназия в Перми. К 50-летнему юбилею. Пермь, 1915.

7. Спешникова Е. А. Частная гимназия Циммерман в Перми // Третий смышляевские чтения. Пермь, 1993. С. 21–22.

8. Статистика Российской империи. Выпуск 3. Университеты и средние учебные заведения. СПб., 1888.

9. Харитонова Е. Д. Частная женская гимназия Дрекслер-Голынец в Перми // Третий смышляевские чтения. Пермь, 1993. С. 22–23.

10. Шишонко В. Н. Материалы для описания развития народного образования в Пермской губернии. Екатеринбург, 1894.

УДК 327(470)

## НАЦИОНАЛЬНЫЕ ИНТЕРЕСЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ КОНТРАКЦИИ НА РУБЕЖЕ XX – XXI ВВ.

Л. Л. Фартушняк

В статье излагаются основные подходы к изучению понятия «национальный интерес» в рамках геополитического знания. Национальный интерес тесно связан с проблемами экспансии и контракции геополитического пространства. Российская Федерация в последнее время переживает процесс геополитической контракции, который непосредственно сказывается на проблемах реализации национальных интересов. Предложен анализ современных национальных интересов России.

**Ключевые слова:** национальный интерес, геополитическое пространство, контракция, экспансия, геополитический статус, внешние границы, территориальные претензии, статус сверхдержавы, региональная великая держава, информационное общество, демография, освоение пространства, национальная безопасность, цивилизация.

In given clause the basic approaches to studying concept «national interest» within the limits of geopolitic knowledge are stated. National interest is closely connected with problems of expansion and the counteraction of

geopolitic space. The Russian Federation recently experiences process of the geopolitic counteraction which directly affects problems of realization of national interests. The analysis of modern national interests of Russia is offered.

**Key words:** national interest, geopolitic space, geopolitic status, external borders, territorial claims, the status of a superstate, region, great power, information society, demography, development of space, national security, civilization.

На протяжении XX века геополитики рассматривали множество вопросов дискуссионного характера, среди которых центральное место занимает проблема национальных интересов, единогласия по которой как не было, так и нет. Понятие «национальный интерес» вошло в научный оборот в XX веке, а в 1935 г. оно было включено в Оксфордскую энциклопедию социальных наук.

Принято считать, что национальные интересы – это сохранение национальной целостности, независимости, выживаемости, а лучше – процветания народа. Или: национальные интересы это есть выражение осознанных потребностей нации в самосохранении, устойчивом развитии и процветании, возможность прогрессивного развития общества, государства и личности.

Осмысление категории национальных интересов занимает умы современных теоретиков и исследователей, которые чаще в своих спорах рождают не истины, а новые проблемы. Национальные интересы – категория абстрактная и субъективная, поскольку ее параметры определяются картиной мира и ценностной системой, господствующей в данном обществе и государстве.

Категория национальных интересов рассматривается с различных позиций. В начале XX века американский адмирал Мэхэн определял данную категорию достаточно четко, отстаивая идею усиления военного флота для защиты не только территории, но и «справедливых национальных интересов, что бы они ни назначали и где бы они ни были» [2]. Более «философскую» трактовку указанной категории ввели Ч. Бирд и Дж. Смит, которые впервые обратили внимание на эволюцию термина «национальные интересы» как интересы «единства» – «государственные соображения» и разную его интерпретацию в зависимости от типа общества.

На разных этапах научных исследований данной тематике уделяли особое внимание Дж. Кеннан, У. Липпман, Г. Моргентау, А. Вольфзре, К. Уолц, Э. Фурнайдс, М. Каплан, Дж. Розенгау и многие другие.

Выстраивая иерархию интересов, Р. Осгуд выделил на первый план «национальное выживание» и «самосохранение», которые определялись им в терминах территориальной целостности, политической независимости и поддержки фундаментальных правительственные институтов, т. е. существующего политического режима» [2]. Своеобразную трактовку национальных интересов дали А. Джордж и Р. Кохане, которые разделили их на три группы: *физическое выживание*, которое не обязательно означало сохранение территорий и суверенитета; *свобода* – способность жителей страны выбирать форму правления и устанавливать совокупность индивидуальных прав, которые утверждаются законом и защищаются государством, и *экономическое благополучие*, которое предполагает максимальное увеличение экономического благосостояния. Г. Моргентау связал понятие национальных интересов с понятием силы (power), впоследствии перейдя к более широкой категории «баланс сил». Дж. Розенгау отмечал, что определение национального интереса никогда не может быть ничем иным, как системой умозаключений, исходящих из аналитической и ценностной базы политики.

Среди российских авторов хотелось бы выделить Э. Позднякова, который видит в интересах «выражение и осознание объективных потребностей и тем самым ... общую мотивацию деятельности человека», принимающую форму целей [6]. При этом он исходит из того, что интересы по своей сути субъективны, так как они формируются людьми.

В том же ключе рассматривает национальные интересы А. Бэгтлер, следующим

образом описывая указанные взаимосвязи: «Под формированием внешней политики мы понимаем спуск из фаз внешнеполитического процесса, протекающего в рамках национальной системы под воздействием таких внутренних и внешних факторов, которые вызывают у системы (государства) объективную потребность вступить во взаимоотношения с внешним миром... Однако эти объективные потребности должны пройти этап субъектизации, т. е. быть осознанными общественными силами в государстве – другими словами, принять форму интереса. Отсюда: интерес – это субъективная форма выражения объективных потребностей общества... Общее между интересом и целью заключается в том, что и то, и другое отражает объективную потребность общества, а различие коренится в том, что первое осознается, а второе предполагает субъективную деятельность через институциональные механизмы государства...» [3].

Национальный интерес – это сформировавшаяся в массовом сознании потребность в геополитическом действии для обеспечения, выживания и развития нации как целостной структуры, а геополитическое действие, в свою очередь, может выражаться в геополитической экспансии (пространственное расширение) и в обратной форме – геополитической контракции, т. е. пространственного сжатия.

Как геополитическая экспансия, так и геополитическая контракция являются результатом реализации национального интереса, только в случае экспансии это будет удачная, а в случае контракции – неудачная форма его реализации.

На протяжении XX века Россия часто меняла основы своего геополитического пространства, переходя от экспансии к контракции, и наоборот. С этими процессами тесно связан вопрос о реализации национальных интересов России и их конкретными формулировками. Например, после Второй мировой войны под контроль СССР были взяты огромные пространства Восточной Европы, части Центральной Европы, что представляло собой вариант геополитической экспансии. В 90-е гг. XX века в связи с распадом СССР и потерей контроля над большим геополитическим пространством произошел геополитический провал, т. е. максимальное сжатие пространства нашего государства.

Сегодня Россия представляет собой яркий пример максимальной степени контракции во всех типах геополитического пространства – экономического, политического, социального и др., которые привели к падению геополитического статуса. Большинство геополитических параметров современной России тесно связаны с СССР, что обуславливает ее сегодняшнее состояние.

Самое масштабное сжатие в виде потери физического пространства Россия испытывала доселе ни на одном этапе своего исторического развития. После распада СССР территория России уменьшилась на 5 млн кв. км, что составляет 24 % от общей территории. Тут же появилась проблема разделенного физического пространства страны (Калининградская область). Большинство границ, которые раньше были административными, на сегодняшний день являются межгосударственными, но из-за отсутствия какого-либо финансирования не имеют соответствующего обустройства. А это, в свою очередь, стимулирует рост нелегальной миграции, деятельности контрабандистских сообществ, прежде всего наркосиндикатов, что создает основу для территориальных претензий к России со стороны почти всех 16 ее географических соседей [4]. Эти претензии носят как явный, так и скрытый характер: в Финляндии пытаются реанимировать вопрос о возврате ей Карелии и Кarelского перешейка, Латвия претендует на Пыталовский район Псковской области, некоторые украинские политики и представители общественных движений говорят о «несправедливости» в отношении российско-украинских границ, Китай все еще не скрывает своих притязаний на некоторую часть Хабаровского края, а Япония по-прежнему требует отдать ей часть островов Курильской гряды.

Кроме проблем на внешних границах Россия имеет внутренние территориальные проблемы (Чечня, Адыгея, Башкирия и т. д.) – это обусловлено «...желанием уйти от колониальной политики Москвы и стремлением защитить национальные богатства и относительно высокий уровень жизни, от хищнического использования Центром...» [4].

Потеряв 5 млн кв. км территории, Россия лишилась большей части шельфов Черноморского, Балтийского и Каспийского морей с их

богатыми запасами полезных ископаемых. Резко ограничен выход в эти моря, а российские военные и торговые флоты переживают в данной ситуации не лучшие времена. Что касается Северного Ледовитого океана, то использовать его как транзитную магистраль из Европы в Азию достаточно проблематично, так как ледокольный флот России практически развален.

Экономическое пространство России сегодня тоже значительно сократилось. В экономической сфере Россия предпринимает попытки возврата к капитализму, оставив далеко позади социалистическое и коммунистическое строительство. Этот этап сопряжен с падением жизненного уровня большинства населения: в 1992 г. – 82 % населения, находящегося ниже уровня бедности, а сегодня – более 30 %.

По данным ИМЭМО, доля России в мировом ВВП в 1999 г. составила 1,6 %, в 2001 – 2,4 %, в отличие от СССР, доля которого в середине 80-х гг. составила – 21 %. Сегодня Россия находится примерно на уровне Пакистана. Для сравнения: доля США в мировом ВВП на 2001 г. составила 20,4 %, Европы – 20 %, Китая – 12,6 %.

Сжатое экономическое пространство России не позволяет ей осуществлять экономическую экспансию в таком же объеме, как во времена СССР, хотя и сегодня реализуются некоторые geopolитические проекты – поставка вооружений в Индию, строительство АЭС в Иране, кредитование стран СНГ и др.

Политическая контракция привела к тому, что Россия потеряла высокое, если не сказать высшее, статусное международное положение. Занимая ведущее место в международных процессах bipolarного мира, СССР имел влияние практически на все проблемы разрешения внешнеполитических интересов, не только своих и стран социалистического содружества, но и противоположной стороны.

Сжато и идеологическое пространство России. Предпринятая антироссийская пропаганда на Западе принесла неутешительные для России результаты: ее международный престиж упал до критического уровня. Россию представляют экономически разрушенной страной, которой управляет мафия, страной, которая все еще делает реализовывать свои

«имперские амбиции» путем «колониальных войн». Сами русские представлены в образе «Ивана-дурака».

Подводя некоторые итоги, можно сказать, что в результате распада СССР и противоречивого осуществления структурных реформ «обратного перехода к капитализму» [1], Россия потерпела поражение и утратила статус не только сверхдержавы, но и по некоторым показателям не может претендовать на место великой державы. Ее реальный статус сегодня противоречит сохраняющимся в общественном сознании воспоминаниям о своем недавнем могуществе. Хотя в некоторых случаях она ведет себя как великая держава (миротворческие операции, сохранение консорциума в решении проблем Ближнего Востока, сохранение статуса постоянного члена Совета Безопасности ООН), в других ситуациях – как региональная сверхдержава (особенно это проявляется в попытках реализовать свои geopolитические интересы в урегулировании локальных национальных конфликтов), а в некоторых случаях – согласно ее современному положению (ликвидация некоторого количества ракет из-за финансовых трудностей, затопление космической станции «МИР», сокращение вооруженных сил и т. д.).

Каковы же пути выхода из geopolитической контракции и реализации важнейших национальных интересов России?

1. Во внутренней сфере национальные интересы России состоят в сохранении стабильности конституционного строя, институтов государственной власти, обеспечении гражданского мира и национального согласия, высокого уровня жизни народа, поддержании единства правового пространства, правопорядка на всей территории страны, завершения процесса становления демократического общества, проведении взведенной государственной национальной политики, обеспечивающей внутриполитическую стабильность и единство России.

2. В международной сфере национальные интересы России заключаются в обеспечении суверенитета. Россия в обозримом будущем не сможет вернуть себе статус сверхдержавы. За нее, скорее всего, закрепится статус региональной великой державы, поэтому Россия должна выбрать себе наиболее

эффективную роль, согласно ситуации. Здесь, несомненно, подходит роль «срединного моста» между Западом и Востоком, а возможно, и посредника» [5]. Такой посреднической роли благоприятствует не только выгодное географическое положение России на карте мира, но и ее природные ресурсы, исторические, культурные и иные традиции.

Роль посредника между Западом и Востоком в сочетании со стратегией «активной обороны» позволила бы России в ближайшие 15-20 лет окончательно оправиться от результатов распада СССР, решить основные внутренние проблемы, прочи встать на ноги, наладить дружественные и союзнические отношения с ближним зарубежьем и, в конечном итоге, вновь стать одним из центров мировой политики. А это, в свою очередь, позволило бы России перейти к новой внешнеполитической стратегии и новой практике внешней политики.

3. Одной из приоритетных задач выхода России из ситуации геополитической контракции является обеспечение сегодняшним политическим руководством состояния стабильности с дальнейшим позитивным продвижением по пути либерального реформирования российского общества. Без создания современных, динамичных, конкурентоспособных, политических, экономических, правовых и других систем Россия не сможет выйти на передовые рубежи постиндустриального и информационного общества. И если такие системы не будут созданы, то это еще более подчеркнет нашу отсталость и усилит вероятность превращения России в колониальную окраину развитого мира. Многое будет зависеть от экономического потенциала развития: оптимальный вариант быстрого экономического роста – 5–6 % ежегодно.

4. Национальным интересам в области духовной жизни, культуры и науки соответствует государственная политика, исключающая возможность нанесения ущерба российской культуре, обеспечивающей сохранение и приумножение национальных ценностей и национального состояния. Необходимо и возрождение научно-технического и промышленного потенциала, без которого невозможно найти выход из сложившегося положения.

5. Особое место в национальных интересах занимаетнейтрализация причин и условий, способствующих возникновению политического и религиозного экстремизма, этносепаратизма и его последствий – социальных, межэтнических и религиозных конфликтов, терроризма.

6. Одним из главных национальных интересов России на рубеже ХХ-ХХI вв. является сохранение и приумножение народонаселения. Еще в далеком прошлом наши предки задумывались над тем, каким образом можно освоить необъятные пространства России. В конце XIX века российские ученые пришли к однозначному выводу, что для успешного освоения пространства страны численность ее населения должна составлять не менее 450 млн чел. Совсем недавно Президент РФ В. В. Путин назвал цифру в 500 млн чел., как оптимальную для динамичного развития нашей экономики [5]. По расчетам демографов, составленным в конце XIX века, в России в конце ХХ века должно было бы проживать именно такое количество населения. Однако по разным причинам (голод, войны, репрессии, глобальные проблемы экологического характера, распад СССР и т. д.) население России сегодня составляет 145 млн чел., что говорит о неблагоприятной демографической обстановке, сложившейся в нашей стране. Драматизм ситуации усугубляется еще и тем, что по разным причинам развивается процесс депопуляции и население России ежегодно уменьшается примерно на 750 тыс. чел., а это, несомненно, обостряет ситуацию.

7. В рамках национальной безопасности интересы России сегодня прикованы к пограничному пространству. Общая протяженность суходолных границ России составляет 60932,8 км (это самая большая в мире граница), а морские границы в три раза превышают суходолные. После распада СССР у России формально не изменилось число соседей: их 16 – больше, чем у какого-либо другого государства в мире. Большинство из этих границ были до последнего времени внутренними (почти 11 тыс. км), что оказывается на их оборудовании и охране. За небольшой промежуток времени Россия должна была их переоборудовать, что было почти нереальным из-за сложившейся экономической ситуации. Наряду с самой протяженной границей РФ имеет и самое большое

в мире пограничное пространство. Из 89 субъектов 45 (51 %) являются пограничными. Они занимают 13077,7 км, или 76,6 % всей территории, где проживает 63,9 млн чел., или 43,1 % населения России. Отсюда проявляется наличие разрыва между масштабами пограничного пространства России и реальной возможностью его освоения и защиты.

Это далеко не полный перечень возможных национальных интересов России, которые актуальны в современной действительности.

Но существуют и иные мнения о дальнейшем развитии России и расширении ее национальных интересов. Например, на протяжении 90-х гг. XX века З. Бжезинский неоднократно высказывал мысль о желательности образования на территории нынешней России трех новых государств – Московии, Сибирской Республики и Дальневосточной Республики. Данный geopolитический проект должен «облегчить положение самой России», неспособной при ее теперешнем экономическом положении и демографическом потенциале (ежегодная убыль населения примерно 750 тыс. чел.) осваивать такие громадные регионы [4].

Национальные интересы любой страны, особенно такой большой и неординарной, как Россия, интересы главные и второстепенные (что отнюдь не значит – несущественные), долговременные и ситуативные (а потому нередко особенно сильно волнующие общественное мнение) разнообразны, а во многих

случаях и противоречивы.

На тысячелетнем историческом пути Россия сложилась в особую цивилизацию, обладающую огромной территорией и природными ресурсами Евразии, вобравшую в себя ум, труд и волю, духовные ценности множества народов, ставшие в своей совокупности ценностями планетарного масштаба. Сохранение и приумножение этих ценностей имеет не только национальное, но и общечеловеческое значение.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арбатов А. Национальная безопасность России в многополярном мире // Мировая экономика и международные отношения. 2000. № 10.
2. Бэммер А. Национальные интересы, национальная и международная безопасность // Полис. 2002. № 4.
3. Катасов В. А., Турецкий Р. Ф. Геополитическое положение России на пороге XXI века: реалии и перспективы // Полис. 2000. № 3.
4. Комтева Н. А. Геополитическое сжатие // Мировая экономика и международные отношения. 2003. № 2.
5. Плайс Я. Национальные интересы и стратегия внешней политики России // Обозреватель. 2003. № 4.
6. Поздняков Э. А. Философия политики. В 2-х частях. М.: Наука, 1994.
7. Шейнис В. Национальные интересы и внешняя политика России // Мировая экономика и международные отношения. 2003. № 4.

УДК 796.01:331.4

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПЕРЕОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В. А. Наседкин, А. В. Наседкин

В статье приводятся результаты многолетних систематических исследований по внедрению средств физической культуры в производственный процесс различных промышленных предприятий России. Достигнут реальный экономический эффект, что является основанием для переоценки «производственной физической культуры» в системе высшего профессионального образования и на производстве.

**Ключевые слова:** физическая культура на производстве, влияние на технический прогресс, экономический эффект, переоценка значимости.

The results of systematical research lasting many years of physical culture means introduction in the production process of different industrial enterprises in Russia are adduced in the article. A real economical effect is achieved, that is a base of industrial physical culture revaluation in the system of high professional education and in the production.

*Key words:* physical culture in the production, influence on technical progress, economical effect, revaluation of significance

Содержание учебной дисциплины «Физическая культура» регламентируется и предопределяется рядом обязательных документов. К ним относится Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования второго поколения, Федеральный закон «О физической культуре и спорте в Российской Федерации», соответствующий Приказ Минобразования России и Инструкция по организации и содержанию работы кафедр физического воспитания в высших учебных заведениях.

Физическая культура представлена как учебная дисциплина в общем числе общетематических и социально-экономических дисциплин. Она рассматривается как важнейший компонент целостного развития личности, часть общей культуры и как процесс психофизического становления и физической подготовки к предстоящей трудовой деятельности. Теоретический раздел государственной и всех последующих вплоть до рабочих программ кафедр экономическую составляющую физической культуры на производстве не рассматривают. Анализ работы более ста кафедр физической культуры вузов Российской Федерации подтвердил это предположение. Данная проблема не рассматривается комплексно. Ведущие ученые, имеющие практический опыт работы (Вилинский М. Я., Евсеев Ю. И., Ильинич В. И. и др.), в связи с производственной деятельностью, в основном рассматривают рекреативный характер физической культуры и профессиональную физическую подготовку применительно к будущей профессии. Основным содержанием такой подготовки у этих авторов является формирование прикладных знаний, умений и навыков, развитие физических качеств применительно к будущей профессии.

Однако такой нематериальный фактор экономии затрат и получение прибыли предприятия как «производственная физическая культура» (Нифонтова Л. Н., Мусаев Н. А., Наседкин В. А. и др.) в данном контексте не рассматривается. Практически все сводится к производственной гимнастике и рекреативным формам оздоровления. Поэтому следует считать неслучайным вклад даже ведущих предприятий в оздоровление персонала в основном во внерабочее время.

Реальная экономическая ситуация развитых стран и России характеризуется снижением численности трудоспособного населения и увеличением среднего возраста работающих. Это неизбежно приводит к необходимости поиска дополнительных ресурсов сохранения их работоспособности и как можно дольше сохранения трудоспособности.

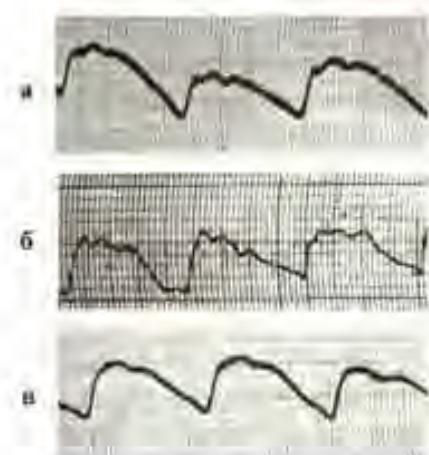
Неоспоримым является то, что именно физическая культура располагает наибольшим арсеналом неспецифических (немедицинских) средств управления работоспособностью, реабилитации и восстановления работающего человека. К сожалению, адекватного распространения этот арсенал на производство еще не получил.

Тридцатилетний опыт внедрения и использования средств физической культуры на предприятиях Свердловской области Российской Федерации и стран СНГ позволяет утверждать, что положительное отношение к использованию средств физической культуры на производстве в настоящее время возможно лишь при комплексной аргументации. Такая аргументация основана на использовании фактической доказательной базы. Для получения этого кафедрой физического воспитания Уральского государственного горного университета и ее Отраслевой лабораторией оптимизации условий труда на производстве использовался системный подход в исследованиях и во внедрении научно обоснованных результатов, средств физической культуры в управлении состояниями, в том числе состо-

янием как умственной, так и физической работоспособности.

Многолетние исследования проводились в течение рабочего дня и рабочей недели. Специально разработанные для разных профессий комплексы физических упражнений, включенные в режим рабочего дня, как правило, приводили к улучшению показателей состояния основных систем организма и их рабочих динамических стереотипов. Происходили статистически достоверные улучшения целого ряда показателей в их стандартной динамике в течение рабочего дня. В процессе проведенных исследований в естественных условиях наиболее информативными являлись результаты обследования мозгового кровообращения методом реоэнцефалографии. Этот факт привлек к себе всеобщее внимание еще и тем, что установленным медицинским фактом считается то обстоятельство, когда функциональным расстройством центральной нервной системы чаще всего предшествуют вазомоторные нарушения (Энни Г. Н., Ярулин Х. Х. и др.).

Было обнаружено, что по мере наступления утомления работников умственного труда на их реоэнцефалограммах появлялись признаки, характеризующие нарушения тонуса мозговых сосудов и их пульсового кровенаполнения. Наибольшие изменения отмечались в лобных — творческих отделах головного мозга. Физическая нагрузка, состоящая из комплекса упражнений производственной гимнастики, в 25 % случаев приводила к функциональному улучшению кровообращения мозга. Тренировочная нагрузка, полученная в группах здоровья в вечернее время, на более высоких режимах пульса и артериального давления, приводила к улучшению как количественных, так и визуальных показателей у 80 % обследуемых. В конце последнего трудового дня недели у 85,4 % обследованных отмечается появление признаков функционального отклонения кровообращения головного мозга. Два выходных дня, проведенных в режиме отдыха, привели к улучшению изучаемых функций лишь у 8,3 % обследованных. Двухдневный отпуск, включающий в основном циклические упражнения тренировочного характера, оказался более эффективным. Улучшение произошло у 80 % обследованных,



Фактические реоэнцефалограммы

на чьих реоэнцефалограммах ранее наблюдалась значительные отклонения.

Для примера на рисунке представлены три реальные реоэнцефалограммы: утомленного в конце рабочей недели человека с выраженным признаком отклонения от нормы тонуса мозговых сосудов и их кровоснабжения (а); идентичная реоэнцефалограмма боксера после тяжелого поединка (б) и того же самого работника умственного труда после двух выходных дней с тремя часами ежедневных значительных физических нагрузок, выполняемых в аэробном режиме (в). Запись произведена в начале рабочей недели. Последняя реоэнцефалограмма имеет классическую конфигурацию, характеризующую состояние мозгового кровообращения здорового человека. Незабываемое впечатление произвели аналогичные изменения мозгового кровообращения у боксера, проведшего поединок с его специфическим воздействием на мозг, и работника проектного отдела по окончании работы по подготовке отчета.

Третья из приведенных реоэнцефалограмм отражает полное восстановление тонуса сосудов мозга и кровотока в них. Это произошло в результате двухдневного активного отдыха этого конкретного работника умственного труда.

Испключительно важными для руководителей предприятия всех уровней явились работы по профилактике, а в ряде случаев и по реабилитации профессиональных заболеваний. Остановимся на одной из наиболее распространенных из них — виброболезни.

Было установлено, что при выполнении различных операций рабочие механического производства подвергались воздействию как «местной», так и «общей» вибрации. Суммарное время контакта с виброинструментом в рассматриваемых случаях приближалось к пределу допустимого. Мышечные напряжения обследуемых были направлены на усиление контакта обрабатываемой детали с генерирующим вибрацию станком. Выполнение операций вызывало изометрическое сокращение мышц, направленное на выполнение трудовых операций и поддержание рабочей позы. Оценка существующей производственной гимнастики, рекомендованной Отраслевым институтом, показала, что большая часть упражнений вызывала напряжение тех мышечных групп, которые непосредственно участвовали в трудовом процессе. Это приводило к еще большему утомлению и увеличению нагрузок вегетативных функций, особенно сердечно-сосудистой. Результаты наших исследований позволили разработать режим труда и активного отдыха, включающий в себя научно обоснованный комплекс производственной гимнастики, физкультурных пауз, состоящих из упражнений, направленных на расслабление работающих мышц, самомассаж рук в сочетании с гидропроцедурами в регламентированные перерывы. Был разработан также комплекс лечебно-профилактических упражнений, выполняемый в послерабочий период.

При оценке эффективности разработанного режима труда и отдыха после нескольких месяцев адаптации к нему отмечалось улучшение состояния ряда функциональных систем. Так, снижение показателя статической выносливости к концу смены статистически достоверно улучшилось на 11,2 %. Показатели тактильной вибрационной чувствительности, взятой в конце смены, также статистически достоверно улучшились на 8,5 %. Кроме того, произошло улучшение состояния гомеостаза, т. е. система «стала более устойчивой». Коэффициент устойчивости (по В. Г. Жукову) двигателяного аппарата и вегетативной системы возрос от 0,63 до 0,81, оставаясь на этом уровне в течение всей смены.

Оценка эффективности предложенных мероприятий, проведенная через год, два и три от момента первой оценки результатов их внедрения, показала стабилизацию, а в некоторых случаях достоверное улучшение физиологических показателей. Также была отмечена полная реабилитация данного профессионального заболевания с официальным снятием диагноза у некоторых рабочих.

Основой доказательной базы является показатель экономической эффективности внедренных на производстве средств физической культуры, рассчитываемый за год, который складывался из экономии затрат за использование трудовых ресурсов и повышение эффективности (производительности) одного из участков технологического процесса.

Общее снижение затрат на трудовые ресурсы  $Z_{общ}$  рассчитывается по формуле

$$Z_{общ} = Z_{вн} + Z_{ин} + Z_{ко} + Z_{со},$$

где  $Z_{вн}$  – снижение затрат на оплату временной нетрудоспособности;  $Z_{ин}$  – снижение затрат на выплаты по инвалидности профзаболевания;  $Z_{ко}$  – снижение затрат, связанное с потерей квалифицированных работников основного производственного участка, поиском, подготовкой и трудоустройством новых сотрудников достаточной квалификации;  $Z_{со}$  – снижение затрат на лечение и иные социальные выплаты.

Затраты на разработку внедренных рекомендаций были минимальны.

Отчеты о результатах проводимых работ и о внедрении рекомендаций, как правило, проходили на заседаниях научно-технических советов предприятий. Защита результатов также осуществлялась на заседаниях советов директоров объединения нескольких предприятий. Чаще всего представленная доказательная база приводили к существенному улучшению мотивационно-ценостного отношения высшего менеджмента к физической культуре на производстве. В свете приведенных материалов, полученных квалифицированными специалистами физической культуры, медицины, физиологии труда и социологии на

базе комплексных исследований, следует признать закономерным, когда руководители начинают рассматривать физическую культуру как нематериальный фактор повышения производительности труда и экономии материальных затрат. Были получены реальная прибыль и улучшение социальной привлекательности предприятий. Отнесение материальных затрат на исследовательские и внедренческие работы к себестоимости уменьшило налогооблагаемую базу предприятия.

Практика исследовательских работ, завершившихся эффективным и эффективным внедрением, показывает преимущества тех из них, которые выполняются с привлечением специалистов смежных дисциплин. Так была выполнена научно-исследовательская работа по созданию благоприятных условий труда, предупреждению заболеваемости и повышению производительности труда. Весь цикл исследований и разработка рекомендаций осуществлялись комплексной бригадой, в состав которой входили технологи, медики, физиологи и работники физической культуры. Эргономическая часть, выполнялась специалистом физической культуры. На данном объекте применялся ручной труд женщин, который по существующей классификации характеризовался как физически тяжелый с наличием профессиональной вредности. Комплекс разработанных мероприятий привел к улучшению санитарно-гигиенических условий труда, необходимым эргономическим корректировкам оборудования и организации рабочих мест, а также внедрению научно обоснованных режимов труда отдыха в течение смены. В результате исследований, разработки и внедрения мероприятий были устранены основные неблагоприятные факторы производства. Труд женщин по совокупности условий (Смирнов Е. Л.) перешел во вторую категорию, при которой не происходит существенных изменений физиологических функций и динамических стереотипов работающих.

Благодаря модернизированному рабочему месту, была достигнута оптимальная рабочая поза работающего, расширена зона обслуживания, значительно уменьшилось

количество и общее время выполнения рабочих движений и операций.

Эффективность внедрения эргономических решений рассматривается на основе повышения общей производительности, которая изменяется при использовании интегрального коэффициента  $K_{int}$ , рассчитываемого по формуле

$$K_{int} = K_{sp} K_{max} K_{obs} \times$$

$$\text{где } K_{sp} = T'_{int} / T_{int};$$

$T'_{int}$  – время на выполнение законченной операции до внедрения эргономических решений;  $T_{int}$  – время на выполнение законченной операции после внедрения;

$$K_{max} = T'_{max} / T_{max};$$

$T'_{max}$  – время на выполнение подготовительных работ до внедрения эргономических решений;  $T_{max}$  – после внедрения;

$$K_{obs} = T'_{obs} / T_{obs};$$

$T'_{obs}$  – время на проведение операций по обслуживанию станков до внедрения;  $T_{obs}$  – после внедрения.

Отмечалось существенное увеличение качества выпускаемой продукции и снижение брака.

Экономическая эффективность может быть рассмотрена и как снижение затрат на заработную плату и социальные отчисления в результате уменьшения числа работающих.

Однако одновременно с повышением эффективности труда возникли новые неблагоприятные факторы – монотония и гиподинамия. Для борьбы с ними были разработаны режимы труда и отдыха, вводной гимнастики и физкультурных пауз со специальными комплексными упражнениями. В качестве средства профилактики неблагоприятного воздействия монотонии использовалась функциональная музыка. Комплексный подход к решению поставленной задачи позволил практически ликвидировать малопроизводительный тяжелый и вредный ручной труд, улучшить условия

вия труда, одновременно значительно повысить его производительность без каких-либо неблагоприятных изменений в состоянии здоровья работающих.

В статье приведены результаты многочисленных систематических научно-исследовательских работ, приведены конкретные достоверные факты как социальной, так и экономической эффективности использования средств физической культуры на производ-

стве. Однако экономическая составляющая до сих пор практически не отражена в нормативно-методических документах и программах по физической культуре высшего профессионального образования.

Внедрение физической культуры на современном производстве ничтожно мало. Актуальным требованием современного производства является социально-экономическая переоценка физической культуры.

# КОНФЕРЕНЦИИ

УДК 55:061.2/4

## ГЕОЛОГИЯ С ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ЛИЦОМ: XXXII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС ВО ФЛОРЕНЦИИ

Э. Ф. Емлин, И. А. Старицкая

Представлены итоги беспрецедентного по числу участников XXXII МГК (Италия, Флоренция 20-28 августа 2004). Рассмотрены «гуманистические» тенденции в современной геологии, проявившиеся на Флорентийском конгрессе, где был провозглашен Ренессанс геологии, обеспечивающей устойчивое развитие общества в новом, уже постиндустриальном мире. Подчеркнуто фундаментальное значение наук о Земле в интеграции естествознания, культуры и технологий, что составляет сущность Эпохи Возрождения геологии, которой дан новый импульс именно во Флоренции, где пять веков тому назад так прекрасно проявился гений Галилео Галилея и Леонардо да Винчи, Микеланджело Буонарроти и Данте Алигьери.

*Ключевые слова:* МГК-XXXII, Флоренция, геология, устойчивое развитие.

The results unprecedented on number of the participants XXXII JGC (Italy, Florence of August 20-28 2004) are submitted. The «humanitarian» tendencies in modern geology shown on the Florentine congress are considered where was proclaimed Renaissance of geology ensuring sustainable development of a society (community) in new already postindustrial the world, new. The fundamental meaning (importance) of sciences about the Earth in integration of natural sciences, culture and technology already, that makes essence of Epoch of Revival of geology, to which the new pulse in Florence is given, where five centuries ago so were fine showed the genius Galileo Galilei and Leonardo da Vinci, Michelangelo Buonarroti and Dante Alighieri.

*Key words:* JGC-XXXII, Firenze, geology, sustainable development.

**Преамбула.** История Международных геологических конгрессов началась в Париже в 1878 году. И вот уже более 125 лет каждые четыре года с завидной регулярностью геологи всего мира собираются в разных странах и на разных континентах [5, 6]. За это время изменился мир и место геологии в нем. Программели две мировые войны, произошла глобальная поляризация на богатые («золотой миллиард») и бедные страны, подчеркнутая этническими и конфессиональными противоречиями. Наступил новый информационный век, отмеченный столкновением цивилизаций, окраиненный военными конфликтами, по сути близкими к средневековым крестовым походам, а по форме – звездным войнам.

В XX веке произошла концентрация экологически опасной горнодобывающей и металлургической промышленности в странах третьего мира, которые стали ресурсным придатком стран «золотого миллиарда». Эта поляри-

зация переместила в эти страны и геологию, которая в период расцвета естествознания в XIX веке была царицей наук. Изменение структуры мира очевидным образом проявилось в географии Международных геологических конгрессов.

Если в XIX и начале XX века МГК проходили в Европе – Франции, Италии, Швейцарии, то в 1964 году МГК уже принимала Индия, в 1976 – Австралия, в 1984 – СССР, в 1992 – Япония, в 1996 – Китай и, наконец, в 2000 – Бразилия (победившая ЮАР в конкурсе на право проведения конгресса).

Структура, содержание, эстетика и образ конгрессов определяются страной-хозяйкой. Одному из авторов довелось принять участие в работе как азиатского, так и европейского конгрессов в Китае и Италии. Конtrast разительный.

Конгресс в Пекине принимала вся страна – от первых лиц государства до утки по-пекинс-

ки. Вся столица была расшвачена флагами, плакатами и символами Конгресса. Это было время, когда по распоряжению партии и правительства весь китайский народ изучал английский язык, а старшее поколение ученых и преподавателей, получивших образование в СССР, настойчиво забывало русский. Импульс индустриализации определял жизнь всей страны, а геология сохраняла высокий статус государственной науки, и фундаментальные и прикладные программы хорошо финансировались. Китай – замечательная страна еще и потому, что прошлое в ней никогда и никуда не уходит, оно сохраняется в действующем, активном виде и в настоящие дни. Поэтому в Пекине можно увидеть высокие сливавшиеся в небесах, блистающие стеклом и металлом башни, отели, бизнес-центры и крупные серые здания университетов, которые до слёз напоминают наши советские вузы. А по широким улицам Пекина миллионы пекинцев едут на ржавых побитых велосипедах, а в деревнях, в часе езды от столицы, можно было увидеть школы, где местные жители для своих нужд добывают уголь, с кайками и тачками, как и две тысячи лет назад.

Казалось бы, наступивший информационный век отодвинул геологию на край обоймени: месторождения, геология и горная промышленность, а следовательно, и геологические конгрессы тяготеют к окраинам «цивилизованного мира». И вдруг, нарушая тенденцию маргинализации геологии и горного дела, в самом сердце Европейского сообщества, во Флоренции, в августе 2004 года собирается XXXII МГК. Это определило и характер, и структуру, и идеологию, и цели Конгресса. Флоренция принимала Международный геологический конгресс с молчаливым достоинством, ни один мускул на её многовековом лице не дрогнул. Скромные указатели появились только у самой резиденции Конгресса – старинной крепости Fortezzo da Basso; которую современные архитекторы и дизайнеры преобразовали в современный Конгресс-центр и выставочный комплекс, сохранив, впрочем, приземистый внешний средневековый вид.

**Основные цели и принципы Флорентийского конгресса.** Оргкомитет заявил, что Флорентийский конгресс должен «продемонстрировать научные достижения и пользу, которую приносят человечеству геологические знания». Необходимо преодолеть взаимо-

непонимание общества и геологической науки. Эта проблема, во-первых, связана с определенным кризисом доверия общества к науке в целом. Наука не решила главные проблемы человека и общества. Наука в XX веке не принесла человеку ни счастья, ни уверенности в будущем. Более того, эти проблемы – добро и зло, счастье и несчастье – не входят в круг интересов науки. Второе и, пожалуй, самое главное: научно-технический прогресс создал глобальные угрозы, глубоко осознанные простым человеком: за каждое научно-техническое достижение обыватель платит сторицей. Опасная среда обитания, водный голод, атомные катастрофы, отчуждение человека и природы, человека и человека, социальная атомизация общества, терроризм, виртуальность чувств и эмоций – вот неполный перечень спутников общества.

Хозяева Конгресса – тосканцы, подарившие Италии литературный язык и искусство, науку и культуру, предложили в качестве отправного тезиса Конгресса идею *Возрождения геологии*. Как ранее в XV веке наука и культура, так ныне геология возрождается в Средиземноморье. Точнее, в Италии, в Тоскане, во Флоренции, родине Галилео Галилея и Леонардо да Винчи торжественно провозглашено начало Ренессанса геологии или, если хотите, Геологического Ренессанса.

Такая формулировка цели предполагает, что современная прикладная геология переживает (и есть опасение, что не обязательно переживает) глубочайший кризис. Постиндустриальная Европа не нуждается в собственном горнопромышленном комплексе, а значит, и в прикладной геологии. Более того, вместе с водой выплынули и ребёнка, отказавшись от геологии в целом. Фундаментальные проблемы эволюции биосфера решает биология, строение и эволюцию звёзд и планет исследует космология, информатика востребовала новую технологию и синтезирует новый виртуальный мир. Геология, вся устремлённая в прошлое, уступила изучение современных процессов и геосистем географии и экологии. Палеонтология, доверив исследование современной биосферы биологам, скрылась в тишине редких музеев. Геология осталась функцией прикладной, отраслевой науки – поиски и разведка месторождений. Но индустриальная эпоха прошла. Индустриализация, а значит и прикладная геология, сохранила актуаль-

ность на окраинах ойкумены: в Австралии, Канаде, России, Китае, Южной Америке, Африке, Антарктиде.

Чтобы преодолеть эти опасные для геологии тенденции, Оргкомитет сформулировал основные цели Флорентийского конгресса в виде следующих тезисов, отражающих содержание проектов, инициируемых Конгрессом.

1. *Возрождение геологии*. Проект предполагает возрождение позитивного образа геологии. Необходимо доказать обществу, что геология оказывает жизненно необходимые услуги человечеству. *Необходимо убедить общество в необходимости геологии*.

2. *Распространение фундаментальных геологических знаний*: необходимо донести до каждого обывателя колоссальный прогресс, достигнутый современной геологией в понимании процессов в недрах – мантии и ядре – нашей планеты.

3. *Международное сотрудничество*: в рамках подготовки Конгресса приобретён уникальный опыт сотрудничества геологов Средиземноморья, этот опыт может быть экстраполирован на всю планету, в частности, при поисках геологических решений глобальных экологических проблем.

4. *Координация исследований в фундаментальной и прикладной геологии; планируется по следующим направлениям:*

- Глубокое понимание геологических явлений позволяет нам оценить риски природных катастроф и предвидеть, локализовать и преодолеть их последствия, предложить практические решения для уменьшения катастрофических последствий и даже предотвращения природных катастроф. Нет ничего более практического, чем правильная теория.

- Исследование геосистем, управление природными ресурсами, сохранение их ресурсово-производящих функций. Обеспечение устойчивого развития современного общества.

5. *Сохранение культурного и природного наследия может быть обеспечено внедрением новой и эффективной стратегии в геологические исследования объектов нашего культурного и исторического наследия, с целью сохранения и повышения их геоинформационного потенциала.*

**Хроника XXXII МГК.** 20 августа 2004 г., в полдень, в крепостных подземельях Флоренции, у внешней стены Fortezzo da Basso, состоялась церемония открытия Конгресса.

Зал заполнили более шести тысяч участников и гостей Конгресса. Под звуки Государственного гимна Италии и Гимна Тосканы внесли флаги и гербы Тосканы и Флоренции. Бесшумно работали кондиционеры, и, несмотря на тридцатиградусную августовскую жару, в помещении было прохладно. С любого места этого величественного зала каждому присутствующему было видно и слышно доисторичка, благодаря семи огромным экранам, на которые проецировалось мультимедийное сопровождение выступлений. С приветственным словом выступил губернатор Флоренции Мате Ренци. Президент Конгресса профессор Атtilio Бориани выразил уверенность, что каждый участник, воодушевлённый открытием новых горизонтов геологии, вернётся на родину с новыми идеями. Этому способствует удивительная притягательность науки о Земле и гостеприимство уникального города. Выступающие говорили на официальных языках Конгресса – английском и итальянском, реже можно было услышать выступления на немецком, французском, китайском языках. А русский язык произнёс из уст министра природных ресурсов РФ Трутнева, который убедил присутствующих в том, что по разнообразию и запасам минерального сырья Россия – великая держава.

По традиции в первый день Конгресса почётными премиями и памятными медалями торжественно наградили выдающихся геологов за значительные результаты в области наук о Земле.

Более 100 лет вручается премия имени Л. А. Спендиарова. Это был молодой, талантливый российский геодез, участвовавший в организации VII сессии МГК в Санкт-Петербурге (1897 г.) и трагически погибший в день открытия Конгресса. Впервые премия его имени была вручена в 1900 году Александру Карлинскому на VIII МГК в Париже. С тех пор премию получили 20 учёных из 14 стран (Австралия, Россия, США, Швеция, Великобритания, Франция, Мексика, Индия, Ирландия, Канада, Австралия, Япония, Китай, Бразилия). Эту премию принято вручать представителю страны-организатора Конгресса. Во Флоренции её получил профессор Карло Доллони, специалист по структурной геологии Альп и Апеннин, эксперт по геодинамике Средиземного моря и океанической геологии.

Вторая премия носит имя Квинтино Селла, Министра финансов и Премьер-Министра

Италии (в 1880 году), выдающегося минерала и геолога, основателя Геологической службы, главного инициатора создания Геологической карты Италии и организатора II МТК в Болонье. В 1881 году Почетный Президент МГК Квинтино Селла был инициатором европейского сотрудничества в области геологического карттирования и стал по сути дела «отцом» первой Интернациональной геологической карты Европы масштаба 1:1 500 000. Премию имени Квинтино Селла на XXXII МГК получил профессор Харальд Г. Диши из Федерального института геологических наук и естественных ресурсов Германии, специалист по литофациальному моделированию, основанному на седиментологическом и геоморфологическом картировании. Этот метод автор использовал при интерпретации осадконакопления в условиях палеосаваны, а также при решении проблем экономической и экологической геологии. Сочетание классического геокарттирования с новыми ГИС-технологиями составляет новаторскую сущность метода под руководством Х. Г. Диши. Созданы карты геологических рисков, экономико-геологическая карта, карта управления ландшафтами городской территории района Блантири, Малави.

Медаль имени Дигби Мак-Ларена и медаль Международной стратиграфической комиссии впервые были вручены именно на Флорентийском конгрессе. Канадский геолог Дигби Мак-Ларен – известный специалист по биостратиграфии силура и девона, организатор Международной программы геологической корреляции – долгое время руководил Международной комиссией по стратиграфии и был организатором Международной программы геологической корреляции. Медаль его имени впервые получил Ян Харденбол – специалист по хроностратиграфии мезозоя и кайнозоя.

Медалью Международной стратиграфической комиссии награжден британец Стефан Хесселбо, разработавший точную биогеостратиграфию аммонитов (верхняя юра, Британия), автор многочисленных работ по геохронологии изотопов углерода и строения.

Специальная медаль вручена Константино Файласу, греческому гидрогеологу, многие годы работавшему в разных краях света: 18 лет – в Африке (Сомали, Уганда, Кения, Либерия), 9 лет – в Центральной и Южной Америке (в том числе в Коста-Рике и Боливии)

и в последние годы – в Азии (Индия, Непал, Южная Корея). Везде он самоотверженно искал и находил решение самой важной и трудной проблемы современности – обеспечения населения питьевой водой. Тино, как зовут его друзья, всегда работал в тяжелейших условиях. Тино создал простой водяной насос «системы Тино», который используют в деревнях разных стран, ранее лишённых питьевой воды достойного качества.

Конгресс почтил память Николо Стенона, выдающегося геолога, стратиграфа, кристаллографа и минералога. В базилике Сан-Лоренцо была открыта часовня Николо Стенона. На Болонском конгрессе тоже вспомнили о великом Стеноне и почтили его память мемориальной доской.

Был помянут на Конгрессе и британец Х. С. Сорби, который в середине XIX века высказал идею использования микроскопа при изучении горных пород и претворил ее в жизнь, издав труд по микроскопической петрографии на 1858 (!) страницах.

В первый день работы Конгресса во Флоренции на площади Амманнати, в Каза Италья открылась выставка «Античная геология Италии», где можно было проследить эволюцию геологических знаний от XVI до XIX вв., отраженную средствами картографии. Старинные карты, исполненные в счастливую эпоху Возрождения, когда искусство и наука были вместе, создавались великими мастерами. В экспозиции и на экране можно увидеть редкие и уникальные произведения картографического искусства работы Леонардо, Марсили, Гетарда, Демарета, Де Робилана, Брейслака, Ватта, Смита, Омалиуса Д'Халлоя, Brocchi, Savi, De La Beche, Santagata, Hoffman, Ponzi, Collegno, Pareto, Pilla, Sismonda, Scarabelli, Della Marmora, Capellini, Meneghini, Omboni, von Hauer, Lotti, Taramelli.

Если у нас наука начинается с Ломоносова, то в Италии – с Леонардо. Поэтому первую геологическую карту (вернее геоморфологическую) составил, конечно же, Леонардо да Винчи и даже построил первый геологический разрез. Кстати, именно итальянец Баттиста Аньезе в Риме в октябре 1525 года составил карту Московии, на которой впервые были указаны горы Северного Урала и обозначены Парма, Югра и река Печора. Впрочем, этой карты на выставке я не обнаружил. Но зато здесь экспонировалась Геологическая карта

Италии, составленная еще к Болонскому МГК. Всего на выставке представлено 60 стационарных геологических, геогностических, геоморфологических и минералогических карт в основном в оригинальном исполнении. Впрочем, DVD с цветными репродукциями карт и информационным сопровождением был доступен делегатам Конгресса.

Огромная современная геологическая карта Италии, расстеленная на полу в проходе между выставочными павильонами «ГеоЭкспо», сияла неистребимой яркостью цветов. Тысячи посетителей прошли по ней, не оставив ни следа. Каждый участник Конгресса получил электронный вариант современных геологических карт Италии.

Технология геологического картирования достигла высшего совершенства, но карта, как основной геологический документ, уступает свое место динамичным цифровым моделям, позволяющим представить различные варианты как прошлого, так и будущего исследуемой геосистемы.

XXXII МГК прошел успешно, заявил Президент Оргкомитета профессор Атило Бориани уже на заключительной церемонии. Все запланированные научные, социальные и культурные программы выполнены, состоялись все публичные выступления, экскурсии, встречи, банкеты. Конгресс продемонстрировал важную роль геологических знаний в жизни современного общества.

Генеральный секретарь XXXII МГК Эрнесто Аббате отметил, что после Вашингтонского и Пекинского конгрессов, в которых было по 6000 участников, Флорентийский конгресс собрал рекордное число (до 8000!). На Конгрессе было представлено 119 стран. Международный статус Конгресса предопределен международным статусом Программы GEOHOST, которая обеспечила приглашение 629 ученых из 90 стран мира. По распределению участников по странам и континентам Флорентийский конгресс схож с Вашингтонским конгрессом 1989 г. [8]:

Страны Европы – 45 %; Азия – 25 %; Северная и Центральная Америка – 15 %; Южная Америка, Африка и Океания – 15 %.

Геости Конгресса (приглашенные) – 629 (гранты получили ученые из 90 стран).

Опубликовано 9000 тезисов докладов (авторы представляют более сотни стран мира),

Участников Конгресса – 7414 (из 119 стран), в том числе: студентов – 1244, сопровождающих – 461, детей – 30.

Из Европы – 2455 (в том числе: Италии – 1929, России – 537); Африки – 288; Азии – 1431 (в том числе Китая – 486); Северной и Южной Америки – 1260 (в том числе США – 675); Океании – 230.

Бизнес-встречи проведено 104.

Из предложенных 113 состоялось 30 экскурсий (28 в Италии), в них приняло участие 870 человек.

Инвестиции поступили от Евросоюза, UNESCO, XXXII МГК и составили 430 000 EU.

Всего состоялось 354 секционных заседаний, заслушано 3500 публичных выступлений, рассмотрено 4650 стендовых докладов.

Выставка «ГеоЭкспо» включала 74 экспозиции, 250 стендов и плакатов Оргкомитета. В ней приняли участие представители 80 организаций и фирм с пяти континентов, геологические службы Великобритании, Китая, России, Ирана, Японии, Марокко, Италии. Экспонировалось научное оборудование, новые информационные технологии геокарттирования, новая геологическая литература.

Обслуживали Конгресс 130 стюардов и стюардесс, 100 человек охраны, 200 человек – обслуживающий персонал, 10 техников. Было аккредитовано 103 журналиста, большинство (87) – итальянские масс-медиа. В итальянских газетах опубликовано более 105 статей, посвященных Конгрессу. Участники Конгресса высоко оценили ленч и кофе-брейк. Об этом свидетельствуют такие цифры, отражающие аппетиты участников Конгресса:

Вес потребленных продуктов питания – 2500 кг/день, напитков – 2000 л/день, кофе – 900 л/день.

Интернет-связь осуществлялась со скоростью 6 МБ/с.

Технологические новации: компьютер играет важную роль в обеспечении устных выступлений, слайд-центр способствует организации. Впервые устные выступления сопровождались мультимедийной поддержкой.

МГК почти совпал с Олимпиадой в Греции, поэтому утомленные журналисты не смогли должным образом раскрутить «олимпиаду геологов» в масс-медиа. На МГК было аккредитовано 87 итальянских журналистов и только 16 зарубежных. В итальянских из-

данных опубликовано 100 статей, посвященных МГК.

На Конгрессе был проведен Первый международный фестиваль научного геологического кино. Одним из организаторов его был Национальный институт океанографии и экспериментальной геофизики в Триесте. Морская геология – важнейший раздел наук о Земле: активно развивается подводное бурение, стратиграфические, седиментологические, геохимические и геофизические исследования морей и океанов. Но, несмотря на это, дно океана – это терра никогдя для большинства геологов. И только кино- и видеокамеры позволяют нам увидеть своими глазами необыкновенные геологические черты морских глубин. Как ни странно, документальные съемки глубин океанов и морей сначала вошли в художественное кино (достаточно вспомнить последний фильм о «Титанике»). Сейчас появился новый вид кинокомпьютерства (или кинонауки?) – геологическая киносъемка, и первый фестиваль именно такого кино состоялся на Флорентийском конгрессе.

В фойе Конгресса был выставлен огромный макет Средиземноморского бассейна – от Гибралтара до Чёрного моря. Исполнили его ученики французской средней школы под руководством Жака Сагуфена, профессора Парижского университета. Работа длилась два года, каждый год в ней участвовало 24 участника. В школы исполнили макет, в то время как остальные занимались раскраской. Дети были приглашены на Конгресс и участвовали в его работе в качестве «геологов будущего».

Делегаты Конгресса были приглашены в Кафедральный Собор Санта Мария дель Фьоре (рис. 1) на органный концерт. Молодой флорентийский маэстро Федерико Таламуччи исполнил Прелюдии и Фуги Иогана Себастья-

на Баха (ми минор BMV 548 и си-бемоль минор BMV 544). Огромное пространство собора, озвученное музыкой Баха, стало бесконечным, соприименным с Богом. Казалось, звучал не только орган, но и сам Собор, все голоса, все молитвы, накопленные в храме за многие века, всё время, которое пропитало эти стены и сгустило краски на портрете Данте и фресках Страшного суда. В Собор Санта-Мария-дель-Фьоре в бытние времена входило всё население Флоренции. Строительство началось в конце XIII века по чертежам Амодио ди Камбио (1245–1302) на месте Собора Санта Репарата, разрушенного в 1375 году. Купол Собора создан Филиппо Брунеллески, здесь находятся всемирно известные фрески Вазари «Страшный суд» (недавно отреставрированные). Врата Каиничи (с южной стороны Собора) и «Врата Мандория» (с северной) украшены рельефными изображениями Успения, по рисункам Нани Ванчо и Донателло. Часы в Соборе идут, по крайней мере, с 1443 года.

Время – главное сокровище Флоренции. Флорентийцы обладали самым главным талантом – преемственностью, непрерывностью созидания во времени. Никто в мире не сумел с такой яростью и талантом сгустить пространство-время и преобразовать его в великое искусство, как это случилось во Флоренции в течение блестательных Тречento, Кватрочento, Чинквечento.

**Геология ищет своё место в постиндустриальном мире.** Флорентийский МГК провозгласил новую эру развития геологии: «От геологии Возрождения к возрождению геологии» [12–14].

Увлечение историей Земли, устремлённость в прошлое заставило геологию в какой-то мере забыть о настоящем и пренебречь будущим. Человечество оказалось перед лицом грозных глобальных проблем. Их осоз-



Рис. 1. Профиль Флоренции: от церкви Санта Мария Новелла (слева) до собора Санта Мария дель Фьоре

нать, понять и, может быть, разрешить может только геология [11]. Италия незаметно, но постоянно погружается в Средиземное море: прощай, Венеция! Падение Пизанской башни медленно, но неудержимо символизирует закат европейской цивилизации. Странно, что даже катастрофы в Италии прекрасны и привлекают внимание всего мира.

Современная геология должна служить современному обществу, необходимо исследовать современные геологические процессы и системы, оценивать риски, предупреждать о катастрофах, предупреждать катастрофы, минимизировать их последствия.

Детальную ретроспективу геологических катастроф можно составить потому, что они зарегистрированы стратиграфией. Геологическая катастрофа локальная во времени, внезапна, но имеет огромный пространственный масштаб и поэтому «оставляет свою распись в стратиграфической летописи». Эти исследования позволяют геологам продуктивно решать проблему прогноза: катастрофа исследуется в геологическом пространстве-времени, что позволяет экстраполировать прошлое в будущее. При этом геология уходит от многовековой традиции статического отражения на карте давно минувших событий. Анализ распределения событий во времени позволяет геологам составлять цифровые и аналоговые модели и создавать прогностические сценарии будущего.

Активно расширяется область применения космогенных радионуклидов при количественном исследовании геологических процессов. Совершенствование масс-спектрометрии открыло возможность измерения малых концентраций космогенных радионуклидов, которые накапливаются на поверхности горных пород и почв, облучаемых космическими лучами. Это позволяет оценивать скорость быстротечных процессов длительностью сотни и миллионы лет, а также измерять количественно процессы выветривания и седиментацию. Метод нашёл применение в палеоклиматологии, палеосейсмологии, геоморфологии, новейшей тектонике и вулканологии. Этим методом определяют:

- возраст, развитие и динамику ледников и материевых льдов;
- время реакции речной системы на изменение климата и тектоническое воздействие;

- время образования оползней;
- возраст ландшафта;
- возраст и ритм землетрясений;
- возраст вулканических извержений.

Долгое время в геологии ключевой была проблема единой терминологии. Стратиграфия и геохронология, петрология и структурная геология долго искали общий, понятный геологам всего мира язык.

Сейчас осознана новая проблема: *язык геологии в целом не понятен обществу*. Проблема языка становится принципиальной, определяющей будущее геологии в современном мире. Если важная геологическая информация не востребована обществом, правительством и коммерческими фирмами, то кто будет платить геологам? Геологическую карту или геологическую информацию воспринимают правильно менее чем 0,5 % населения, еще меньше смогут провести ее экспертизу или интерпретацию. Поэтому малая вероятность, что геологическая карта будет востребована теми, кому она необходима: экономистами, экологами, градостроителями, и они вынуждены будут принимать жизненно важные решения без достаточных теоретических оснований. Ежегодный ущерб, обусловленный не востребованием геологической информации, только в Великобритании, по оценке Яна Джексона, составляет \$100 млн. В мире ежегодно теряют миллиарды долларов из-за отсутствия взаимопонимания общества и геологов. Количество респондентов, понимающих язык геологии, исчезающее мало. Профессиональный язык наук о Земле не понятен ни обычному, ни специалисту, ни политику. Возникает чувство: этот язык не понятен и самим геологам.

Второй аспект проблемы языка может быть обозначен це всем понятым термином «монолингвия». Речь идет о монополии одного языка, который становится всемирным. Очевидно, что английский язык сейчас стал главным средством общения, и еще неизвестно, кто от этого страдает больше. Даже страна-хозяин Конгресса – Италия не решалась представлять доклады на родном языке. Казалось бы, что англосаксы имеют очевидное преимущество, они свободны и убедительны в доказательствах, острумы в дискуссиях и общении. Все остальные иноязычные часто выглядят в сравнении с ними неловкими провинциалами. Впрочем, английский язык сейчас знают вся Европа и Япония. Но тяжело

смотреть и слушать», как выступают на английском языке китайцы, да и некоторые наши соотечественники. В последнем случае это до съез понятный и родной английский язык, вернее русская речь, представленная английскими словами. Многое теряет и сам английский. Во всем мире звучит приблизительный, упрощенный англоз, зараженный жаргоном Интернета, язык Шекспира и Байрона перерождается в упрощенное «английское эсперанто», которое понятно всем, кроме, пожалуй, самих носителей языка.

Темы докладов, звучавших на пленарных заседаниях [15], отражали общее стремление Конгресса решать глобальные проблемы, стоящие перед современным обществом.

Обсуждались динамика внешних геосфер, взаимодействие атмосферы и гидросфера с биосферой и литосферой, глобальное изменение климата и роль человека в изменении климата Земли.

Рассматривались разносторонние аспекты взаимодействия геологических наук и культурного наследия. Геологию призвали обеспечить сохранение культурного и природного наследия. Важным представляется бурное развитие геоархеологии – новой области геологических исследований древней истории человека. Она помогает обнаружить новые следы древних культур, идентифицировать артефакты, реконструировать структуру древней материальной культуры и определять возраст археологических находок и явлений. Наиболее, самым знаменитым археологическим объектом в Италии и мире является Помпейя, погребенная в 79 году н. э. под вулканическим пеплом. Везувий запечатал город и остановил время этого города на две тысячи лет. Вулкан погубил всё живое, но сохранил для нас кусочек древнеримской империи в нетронутом виде. В домах сохранились накрытые столы, в печах – караван хлеба, на стенах домов – граффити. Геологи детально исследовали древние преступления Везувия: составили детальную хронологию погребения города, увязав его судьбу с импульсами активности вулкана. Это трагическое единство города и вулкана и какой-то мере представляется символом современного мира, потрясенного серией природных и техногенных катастроф.

Специальная научная сессия была посвящена Пизанской башне и поиску ответа на скромнейший вопрос: как остановить

падение Пизанской башни. Но кардинальное решение проблемы – возвращение башни в вертикальное положение – никто даже не рассматривал. Необходимо сохранить именно «падающую башню», именно такая, еще одна типичная для Италии «прекрасная катастрофа» и объясняет притягательность старой Европы. Пизанская башня – это в какой-то мере исторический хронограф Италии, в ее странной многоярусной конструкции записана целая историческая эпоха. Строительство башни началось в 1173 г. К 1178 г. её достроили до половины 4-го яруса и остановили сооружение почти на сто лет до 1272 г. Далее башню достроили до 7-го яруса, потом строительство остановили еще почти на сто лет. Примерно в 1360 году началось обустройство бельэтажей, что было завершено только в 1370 году, через двести лет после начала строительства. Известно, что башня к этому времени (уже во время строительства бельэтажей) чуть наклонилась на юг, поэтому эти бельэтажи располагаются вертикальнее, чем ранее построенная часть башни. В 1838 г. вокруг фундамента башни выкопали пешеходную дорогу и, видимо, несколько изменили водный баланс грунта. Начальный угол наклона во время строительства бельэтажей был 1,6°, а в 1817-м, когда Крези и Тейлор выполнили первые точные измерения с помощью сканирового отвеса, – уже 4,9°. В начале 1990-х годов наклон башни в южном направлении составил уже 5,5°, скорость наклона увеличивалась и достигла уже 6–8 арк/с/год. Отклонение от вертикали вершины башни составляет 4,1 м. В 1990 году правительство Италии создало Международный комитет по спасению Пизанской башни. Объединив усилия искусствоведов, строителей, материаловедов, реставраторов и инженерных геологов, Комитет детально анализирует историю отклонения башни от вертикали, оценивая, прежде всего, динамику этого процесса и течение последнего столетия, и сопоставляет экспериментальные данные. Создана сложная система мониторинга. Поведение башни отчетливо свидетельствует о том, что нестабильность со временем возрастает. Этот феномен объясняется скорее пластичностью грунтов, чем действующими силами. Изучаются физические модели в условиях естественных гравитационных сил, проводятся испытания в центрифуге, создаются цифровые модели и проводятся

широкий спектр экспериментов. В конце концов приходят к простому выводу о том, что башня очень близка к положению нейтрального равновесия. Увеличение угла наклона приведет к её падению, уменьшение – к возвращению в вертикальное положение. Исследования показали, что незначительное уменьшение наклона башни приведёт к её стабилизации. Но никто не собирается возвращать башню в вертикальное положение. Необходимо стабилизировать её в наклонном положении. Ошибки инженерных геологов XII в. конвертирована в достопримечательность, в символ культуры и приносит прибыль современной Италии и инвестиции в современную геологию.

Примечательно, что на Конгрессе произошло превращение инженерной геологии, обеспечивающей устойчивость и безопасность наземных и подземных сооружений городов, в геологию урбанизированных территорий. При этом урбанизация представляется современным сложным геологическим процессом, а сам город рассматривается как геологическое явление [2, 9]. Впрочем, этот скучет получал активное продолжение: в Екатеринбурге состоялась Международная конференция «Экологические проблемы урбанизации» [7], и впервые в УрГУ работал семинар «Введение в геоурбанистику». Среди факторов, определяющих расположение центров урбанизации, ранее выделялись два главных – климат и водные ресурсы. Сейчас мнение изменилось, и размещение городов рассматривается в контексте геотектонической зональности. Кроме того, каждый мегаполис, преобразующий вещества, энергию и информацию, неизбежно вынужден решать всё более неотложные геологические проблемы.

Международная комиссия сохранения геологических памятников (ProGeo), в состав которой входит один из авторов статьи, напряженно работала в течение Конгресса. В рамках этих научных сессий рассмотрены действующие и проектируемые геологические парки, которые по инициативе ЮНЕСКО создаются во многих странах, в качестве оптимальных экономически эффективных структур, позволяющих совместить сохранение уникальных геологических объектов с использованием их геоинформационных ресурсов [1, 10].

Например, карстовые пещеры как геологическое явление экономически рентабельно-

вовлекаются в туристический бизнес, в том числе и в развивающихся странах. Полное понимание роли пещер достигнуто и в такой стране богатой культурным наследием, как Италия. Большинство гостей привлекают известные памятники культуры, включая те, где оплачивается вход (Колизей в Риме, галерея Уффици во Флоренции – до 2,5 млн посетителей в год). Но сегодня уже 5000 пещер на территории 100 стран, на пяти континентах, вовлечены в туристический бизнес. Ежегодно эти пещеры посещают около 200 млн человек [8]. Еще столько же занято обслуживанием и локальным сервисом, то есть связаны непосредственно с этим бизнесом. Еще сотни и тысячи человек косвенно участвуют в этой работе (транспорт, расселение, публикации). По самой примерной оценке общее число работающих в этой сфере составляет 100 млн человек. Пещеры, безусловно, представляют интерес в широком диапазоне естественных наук, истории и культуры: палеонтологии, гидрогеологии, минералогии, археологии, биологии, медицины и пр. Часто они являются местом находок уникальных минералов, фауны или наскальных произведений искусства и предметов материальной культуры. Сохранение их представляется фундаментальной задачей. Еще сложнее преобразовать пещеру – природный феномен – в посещаемый объект и при этом избежать ущерба, то есть потери культурного и природного наследия и привлекательности для посетителя. Нужно строго нормировать число посещений в день, определить режимы – термический, влажности, решить проблемы безопасности – всё это повышает значение геологического обслуживания этих объектов туризма.

В Китае созданы и уже функционируют 100 геологических парков, в этой стране уже состоялся Международный (под эгидой ЮНЕСКО) симпозиум, посвященный этой проблеме. Подчерким, что в общем списке проектов геологических парков России на китайском симпозиуме были, по нашему предложению, представлены проекты Березовского (родина российского золота) и Липовского (Самоцветная полоса Урала [1, 10]) геологических парков.

Но в сравнении с российскими примерами, геологические парки Италии существуют в уникальном культурно-историческом контексте, что и обусловило динамику развития

их инфраструктуры. В этом случае итальянским геологам достаточно наполнить уже известные достопримечательности геологической логикой, или, точнее, востребовать их геоинформационный потенциал. Рассмотрим один пример.

*Остров Эльба* расположен у западных берегов Италии в Тирренском море и входит в состав Тосканского архипелага.

Наполеон после первого отречения здесь провел чуть менее года (с 4 мая 1814 г. по 26 февраля 1815 г.). Далее были знаменитые 100 дней поражения при Ватерлоо и ссылка на далекий остров в Южной Атлантике Святой Елены.

Анатолий Никитич Демидов, сын почётного гражданина Флоренции Николая Никитича, был страстным почитателем Наполеона. Правда, он жестоко поплатился за эту страсть, будучи женат на шлемяннице Наполеона – дочери Жерома Бонапарта – Матильде де Монфор. В 1851 году А. Демидов приобретает временную резиденцию императора на о. Эльба и устраивает там Наполеоновский музей, наполняя его памятными вещами и произведениями искусства.

И в то же время о. Эльба – это древняя горнорудная провинция со значительным культурным и историческим потенциалом и своеобразным ландшафтом. Часть её территории относится к Национальному парку Тосканского архипелага, согласно классификации Международного союза сохранения природы (IUCN). Горнопромышленная зона Эльбы зарегистрирована ЮНЕСКО в качестве геологического памятника. Железо Эльбы крепило античную цивилизацию. Минералы из здешних месторождений экспонируются в Национальном музее. Горное производство (активное до 1981 года) оставило гидрогеологический и геохимический дисбаланс ландшафта. Пресса сообщила о катастрофическом состоянии, и итальянское научное сообщество в 2000 году призвало к экологической реабилитации территории и восстановлению культурного наследия. Отклинувшись на призыв о помощи и министр экономики, и министр природных ресурсов, и губернатор Тосканы.

Сейчас будущее о. Эльбы представляется оптимистичным.

В комплект информационных материалов XXXII МГК впервые за всю историю геологических конгрессов вошла солидная монография

«Вино и геология». Вино – это результат сложного взаимодействия климата, погоды, почвы, ландшафта, минерального субстрата, виноградной лозы и характера винодела, включая и настроение его супруги. Вино требует интегрального международного и межнационального подхода. Это слишком серьёзная субстанция, чтобы оставлять её без фундаментального исследования в рамках наук о Земле. Поэтому так удачно прошла сессия стендовых докладов по винной тематике. Успех был неизбежен: можно было вкушать слану Тосканской провинции – красное вино кьянти. «Ничто так не облегчает преодоление языкового барьера, как кьянти!» [8].

Мы должны подтвердить справедливость слов журналиста: кьянти оживило нашу беседу, когда за круглым столом провинциального ресторочка собрались участники замечательной экскурсии. Немка, китаянка, бельгиец, поляк, японец, русский, японец, итальянец детально обсудили выразительную логику геологической экскурсии в окрестностях Сиены. Мы обследовали гидротермальные источники, которые разгружаются по тектоническим границам грабена. Отложения источников – карбонатные слоистые туфы – трассируют разломы, слагая вытянутые по их простианию холмы и гребни [16]. Эти туфы – прекрасный строительный материал, они легко пилятся и поддаются обработке, прекрасные звукоизолаторы. Цвет – жёлто-розовый, белый, с тёмными красно-коричневыми полосами – и яркая и причудливая слоистость придают камню выразительную декоративность. Поэтому прямо на месте разгрузки гидротермальных вод из туфа пилят блоки, строят уютный отель, оборудуют лечебные ванны и бассейны – и гармония природы и человека осуществилась! (рис. 2).

Наряду с очевидно выраженным антропоцентризмом рассматриваемых проблем Конгресс уделил особое внимание достижениям космической геологии, причём всё-таки космические процессы соизмерялись с земными аналогами. Особый интерес вызвала тема «Вода и жизнь в геологической истории планет земной группы» (Венера, Марс, Земля), при этом планеты Солнечной системы рассматривали как определенные стадии эволюции планет в целом.

Перечислим ключевые термины и темы, отличающиеся, по нашему мнению, Флорентий-

ский конгресс от всех предыдущих: геология и общество, современные и молодые геосистемы, эволюция геосистем в масштабе исторического времени, геоархеология, геохронология гипергенеза и седиментогенеза, ретроспектива глобальных геологических катастроф с целью оценки будущих рисков, геологические аспекты урбанизации и урбанизация как геологическое явление, геология и культура, этические проблемы науки о Земле.

Подчеркнём, что *геосистема* – ключевое слово Конгресса. На пленарных и сессионных докладах речь шла о цифровых, статических, динамических, феноменологических моделях геосистем, а в книжном отделе ГеоЭкспо можно было приобрести фундаментальное издание «*Earth System. Processes and issues*», Edited by W.G. Ernst, Cambridge, University Press.

«Планета Земля» – так называется новая научная геологическая программа, запланированная на 2005–2007 гг. Международный год планеты Земля объявлен Международным союзом геологических наук. В нём примут участие 250 000 ученых из 117 стран. Проект поддержан ЮНЕСКО. Полную политическую поддержку обеспечили такие страны, как: КНР, Индия, Россия, Аргентина, Бразилия, Иордания, Италия. Удивляет тот факт, что многие индустриально развитые государства – США, Канада и многие страны ЕЭС – на государственном уровне не поддержали

проект. В рамках этого проекта геология должна осуществить глубокое взаимодействие между технологией, наукой и принципами гуманизма, культурой и искусством. В качестве главной цели звучит стремление объединить гуманизм и планету Землю и продемонстрировать созидательную роль геологии в обеспечении устойчивого развития в будущем. В полную силу проект войдет в 2005–2007 гг. 2006 год будет объявлен годом Земли. Стоимость проекта \$20 млн. Подробности смотрите на сайте ([www.esfs.org](http://www.esfs.org)).

Предполагается провести серию конференций во всех частях света, на них планируется обсуждение таких вопросов:

1. *Подземные воды: возобновление устойчивого пользования*. Новые технологии оценки динамики, воспроизводства и эксплуатации природных ресурсов. Роль геологов в решении этой самой важной проблемы современности – главная.

2. *Природные риски – максимальная безопасность, минимальный риск*. Земля может быть опасной средой обитания и часто становится еще более угрожающей вследствие человеческого вмешательства [11]. Уменьшение потенциала рисков от различных геологических угроз народам и всему миру, разработка и внедрение международных систем оценки и оповещения о рисках.

3. *Земля и здоровье: создание безопасной среды обитания*. Безопасность трагически отчуждена от урбанизированной среды



Рис. 2. Пример комплексного использования ресурсов гидротермальных источников: карбонатные отложения источников (справа) бассейн с лечебными термальными водами, выпиленный в карбонатных туфах при добывке камня для строительства небольшой гостиницы и ресторана (слева по лестнице) (слева)

кирбонатные отложения источников (справа) бассейн с лечебными термальными водами, выпиленный в карбонатных туфах при добывке камня для строительства небольшой гостиницы и ресторана (слева по лестнице) (слева)

обитания. Поиск ответов на простые вопросы: Как ваш быт угрожает вашему здоровью? Как геохимия среды обитания влияет на продолжительность жизни? Кстати, на Конгрессе была создана Новая ассоциация «Медицинская Геология». IMGA. (подробнее смотрите сайт Olle Sellin, Geological Survey of Sweden: [www.medicalgeology.org](http://www.medicalgeology.org)).

4. *Климат*: понимание тенденций развития климата, которое столь жизненно необходимо из корабля под именем «Земля». Понимание ретроспектины климатических вариаций достигается методами седиментологии: тенденции изменения климата прослеживаются в осадочных породах.

5. *Ресурсы* – фактор, поддерживающий устойчивое развитие. Нужно научиться интеллигентно использовать огромные энергетические и минеральные ресурсы. Нужны новые, экологически безопасные источники энергии.

6. *Мегаполисы*. Урбанизация охватывает побережья океанов, морей и великих рек. Цены на земельные участки взлетают в заоблачные высоты вместе с ростом небоскребов.

7. *Глубинные недра Земли* от коры до ядра: Fe-Ni ядро и силикатная мантия – это мотор, который определяет геологическую жизнь Земли.

6. *Океаны*, которые возникли 200 млн лет назад, хранят ключ к пониманию рабочего механизма Земли.

В рамках Международного года планеты Земля великие евразийские державы Россия, Китай, Индия, Украина, державшие до сих пор «контрольный пакет геологических активов», могли бы сформировать геологический консорциум и подготовить программу «Геология Евразии». В качестве примера могут служить великолепные материалы по геологии Средиземноморья, представленные содружеством стран на Флорентийском конгрессе.

Столь же успешным было исполнение Международной научной программы бурения на континентах (ICDP); в рамках этой программы исследуют:

- физические и химические процессы, ответственные за землетрясения и извержения вулканов;
- изменения климата в недавнем прошлом и их причины;
- эффекты крупных импактов на климат и массовые вымирания;
- формирование рудных месторождений

в различных геологических обстановках;

- фундаментальную физику тектоники штит: перенос тепла, вещества и флюидов;
- происхождение и эволюцию осадочных бассейнов, ресурсы углеводородов.

В частности, при бурении в районе Северного полюса получен керн, отражающий историю климата Арктики последние 40 млн лет. Изучены разлом Сан-Андреас в Калифорнии, пытающаяся вулкан Уизо дайка и осадки озера Бозумти, которое является одной из лучших на Земле импактных структур. Керн, добывший в последнем случае, предоставил возможность оценить вариации тропического климата за последний миллион лет (подробнее см. сайты [www.icdp-online.org](http://www.icdp-online.org) and [www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de)).

**Российские гости Флоренции.** Представим (далеко неполный!) список российских гостей Флоренции: это Аполлон Григорьев и Фёдор Достоевский, Александр Герцен и Петр Чайковский, Иннокентий Аннинский и Александр Бенуа, Михаил Кузьмин и Валерий Брюсов, Василий Розанов и Иван Гревс, Лев Платонович Карсавин и Александр Блок, Михаил Андреевич Осоргин и Борис Константинович Зайцев, Мстислав Валерианович Бенуа и Николай Александрович Беряев, Анна Ахматова и Николай Гумилев [3]. Поэтому Флоренция – родной для русского сердца город. Ещё и потому – что это родина всемирно знаменитых «Пиковой дамы» и «Идиота» [1].

Особое значение для жителей Флоренции имеет память о великом семействе Демидовых. Дело в том, что на левом высоком берегу Арио располагаются маленькая живописная Пьяцца Демидофф и памятник Николаю Никитичу Демидову – почетному гражданину Флоренции, выполненный из каррарского мрамора по проекту профессора Флорентийской академии художеств Лоренцо Бартолини (1877–1850).

«Николай Никитич представлен в виде античного мыслителя, он обнимает своего младшего сына Анатolia, у ног «самого щедрого благотворителя Италии» коленопреклоненная Флоренция (?) с венком. Ниже по контуру постамента одна из аллегорических фигур изображает Милосердие к больным и сиротам, другая – Богатство недр Сибири и Урала (сейчас правой ручки у младенца уже не хватает), далее Муза и Истина» [4].

Одновременно с флорентийским памятником в том же 1830 году благодарные сыновья

Николая Никитича – Анатолий и Павел заказали автору скульптурного портрета императрицы Жозефины – Франсуа-Жозефу Жильберу Бомю (1769–1845) – памятник для Нижнего Тагила. Этот проект вылился в грандиозную девяностометровую композицию из десяти фигур в бронзе, отражающую пять эпох из жизни Демидова. «Первая группа представляет сидящую женщину в древнегреческом костюме, возле неё стоит мальчик с раскрытой книгой и указкой: это маленький Николай Демидов учится мудрости у богини. Вторая группа предстает ту же женщину, в подол которой юноша высинает плоды из рога изобилия: это юноша Демидов приносит своей учительнице – богине мудрости – плоды учения». В третьей группе Демидов уже в возмужалом возрасте, одетый в военный мундир, представляется защитником Отечества, которое представляется в виде плачущей женщины. Наконец, в четвертой группе Демидов уже в старости является покровителем наук, художеств и торговли, представленных тоже в виде женщины. На самом пьедестале возвышается величественная группа из двух фигур: мужской, представляющей Демидова, украшенного орденами, и покровительственно протягивающей руку помощи коленопреклоненной перед ним коронованной женщины (это покровительница Нижнего Тагила!)» [4]. В 1836 году памятник был готов, привезён на Урал и помещён у входа в стоящую церковь «во имя святителей угодников Николая, Павла и Анатолия». Но в связи с тем, что «всякого изваяния близ храма здешние жители чуждаются и считают не-приличным» – в 1852 году памятник перенесли на площадь перед заводоуправлением на пьедестал из красного тагильского мрамора.

Два мрамора – каррарский и тагильский – объединены в судьбе Демидовых. Если первый памятник – флорентийский – был начат Лоренцо Бартолини, закончен его учениками и установлен уже после его смерти в 1850 году, то тагильский монумент был уже готов и установлен на Урале в 1836 году. Но если флорентийский стоит на берегу Арио, то тагильский величественный памятник Демидовым разрушен в 1918 году. Впрочем, забывание коснулось и флюорентийского Демидова: Конгресс чтил Сорби и Стенона, Леонардо и Файлеса, но одна из самых многочисленных делегаций геологов из России под руководством министра природных ресурсов забыла напомнить

общественности об огромном вкладе Демидовых в единство науки, культуры и искусства России и Европы.

**Будущие конгрессы – МГК 2008, МГК 2012.** Следующий, XXXIII, МГК состоится в Осло, вернее в северных странах Европы (Норвегия, Швеция, Финляндия). Номинальный претендент на это право – Египет в связи с политической нестабильностью региона не представлял серьёзной альтернативы победителям конкурса. Ранее, в 1910 году, МГК принимал Стокгольм, а в 1960-м – Копенгаген.

Геологическая служба Норвегии в 2008 году будет праздновать своё 150-летие. В первом в северных странах геология занимает ключевые позиции в общем научном процессе. Классические науки о Земле, основанные на математике, физике и химии, осваивают новые направления. Промышленность является верным партнером геологической науки. Такова будет и красная нить Программы будущего Конгресса в Осло. Международное признание научных достижений здесь продолжено экономикой, сложившейся в течение длительной истории освоения минеральных ресурсов. Развиваются современные наукоемкие технологии в освоение углеводородного сырья: синтетические материалы модифицируют завоёвывают рынок. Геотермальная энергия, ранее обычная для Исландии, широко применяется и в Норвегии. Доминирование нефти и газа в экономике Норвегии становится в последние годы очевидным. Все более трудное освоение ресурсов шельфовых зон делает важным оценку и освоение ресурсов арктических регионов западнее и восточнее Гренландии и в Баренцевом море. Освоение необычных арктических шельфов технологически трудное, но привлекает огромным ресурсным потенциалом. Более 20 % доступных ресурсов углеводородов связаны с Арктикой. В ближайшие годы именно Арктика будет играть ключевую роль в обеспечении ресурсами.

Исследование кайнозойских палеоклиматических циклов в Арктике, хронология наступления и отступления ледниками позволят понять вариации современного климата и предсказать будущее. В арктические исследования сегодня вовлечены разные дисциплины, они охватывают динамику вещества и энергии в главных геосферах: атмо-, био-, лито-. Об этом свидетельствуют крупные инвестиции в изу-

чение срединно-океанического хребта Ломоносова в 2004 году и бурение океанического дна в районе Северного полюса, а в 2005 году планируется пересечение всего Арктического бассейна. Подготовка Международного полярного года в 2007-2008 гг. послужит примером международной кооперации. Конгресс в Осло – идеальное место для обсуждения этих результатов. Арктический консорциум приступил к разработке плана ключевого арктического компонента МГК-2008,ключающего симпозиумы, семинары и экскурсии.

Новые горизонты геологии открываются в результате последних исследований Антарктики.

ЮНЕСКО провозгласила Антарктиду общим наследием человечества, континентом науки, природным заповедником. Италия, позднее многих стран подключилась к Антарктическому соглашению и только в 1985 году организовала первую антарктическую экспедицию. Первый геологический проект Итальянской национальной программы исследования Антарктиды назывался «Геология и минеральные ресурсы, геологические и геофизические наблюдения, сбор образцов по профилю Трансантарктических гор и сейсмическое изучение с помощью судна «Эксплора» периантарктических морей». Он включая в себя рекогносцировочное картирование, реконструкцию палеоконтинента Гондвана, выделение минеральных провинций с оценкой возможной эксплуатации минеральных и энергетических ресурсов. Но в 1991 году был подписан Мадридский протокол о сохранении окружающей среды в Антарктиде и принят мораторий о прекращении оценки и освоения ресурсов на 50 лет. В связи с этим геологические исследования существенно сократились. Тем не менее к этому времени были уже получены существенные результаты в рамках международных программ: «Стратиграфия шельфа Антарктиды», «Исследование литосферы Антарктиды», «Литостратиграфические исследования моря Росса». Две последние программы позволили описать основные геологические формации континента и их эволюцию в течение создания и разрушения Гондваны. Первая программа позволила ориентировать керновое бурение на изучение осадочных интервалов Антарктической континентальной окраины. Интернациональный проект бурения открывает новые страницы истории

антарктического ледового покрова. В настоящее время лёд Антарктиды составляет 80 % мировых запасов пресной воды. Кроме того, в ближайшее время будет уточнена кайнозойская история ледового покрова и динамика морских трансгрессий. Две новые скважины планируется пройти в море Росса в ближайшие два года. Среди других проектов привлекают внимание: «Неотектоника Антарктиды (сейсмичность и вулканизм)» и «Исследование подледных антарктических озер». Озера на Антарктиде много, они расположены в ледяном покрове на глубине тысячи метров и представляют собой уникальный тип экологических систем, не затронутых техногенезом, аналогом которых могут быть гипотетические озера в криолитосфере Марса. И здесь интересы геологов, биологов и астробиологов объединяются. Одно озеро – по размерам оно составляет третью Байкала – существует полмиллиона лет. Это озеро открыто недалеко от нашей антарктической станции, и российские учёные сейчас в буквальном смысле находятся на пороге великих открытий. С 7 января 2005 года восстановлена связь нашей станции с побережьем, что свидетельствует о внимании государства к отечественным антарктическим проектам. Ледяной покров Антарктиды содержит информацию о вариациях климата в течение последнего миллиона лет. Исполнители Европейского проекта «Бурение антарктического льда» (EPICA) попросили наших полярников не вскрывать подледное озеро до принятия необходимых с их точки зрения мер по защите этой уникальной экологической системы от бактериологического загрязнения.

В рамках Европейского проекта (EPICA) производится проходка скважин с отбором керна около совместной итalo-французской станции Конкордия. Они получили уже более 3000 м ледяного керна. Изучение керна привело к открытию восьми циклов «коледенение – межледниковые», каждый цикл составляет примерно 100 000 лет. Первые результаты опубликованы в июньском номере *Nature* (2004 г.). Сейчас геологи и климатологи пытаются понять, каким образом Антарктида и окружающие ее океаны влияют на глобальное потепление. Это позволит создать динамические модели и на основе сопоставления трендов температур с балансом массы льда составить сценарии изменения климата в буду-

щем. Эти интегральные геологические данные можно использовать для построения палеоклиматических моделей. Геологический и физический подходы к проблеме глобального потепления объединены в программах: «Антарктика и глобальная система климата» и «Эволюция климата Антарктиды». Успех этих программ позволяет информировать мировое сообщество о последствиях глобального потепления в ближайшие десятилетия. Четвертый Международный полярный год, который планируется провести в 2007-2008 гг., совпадает с 50-летним юбилеем знаменитого Международного геофизического года (1957-1958). Глобальный системный подход, изучение взаимодействия лито-, атмо-, крио-, гидро- и биосфер Арктики, Антарктики и Южноокеанской системы, вовлечение в ретроспективное и перспективное моделирование глобальных геосистем – всё свидетельствует о том, что, независимо от того, потеплеет климат или наступит новый ледниковый период, науки о Земле получат серьёзное финансирование и включатся в весьма плодотворную интеграцию с динамичными отраслями современного естествознания.

XXXIV МГК состоится в 2012 году в Австралии, следовательно, полярная антарктическая тема будет одной из основных в научной программе этого Конгресса. Право проведения Конгресса в 2012 году оспаривали Индия, Ирландия и Марокко. Но Австралия и Океания имели свои козыри. Здесь геологическая история представлена в широком диапазоне – от следов первой эйзии на Земле до активного вулканизма и Большого барьерного рифа, не говоря уже о притягательности чудес природы Новой Зеландии, Папуа Новой Гвинеи и многих других островов южной части Тихого океана и, наконец, Антарктиды. Конгресс состоится в Брисбене. Участники Конгресса рассмотрят вклад геологии в устойчивое развитие современного бизнеса, промышленности и общества в целом. Главная тема МГК Австралия-2012 звучит так: «Неразрывная связь нашего прошлого и будущего». Причем особое внимание будет уделено новому поколению исследователей в геологии. Президентом Подготовительного комитета XXXIV МГК назначен доктор Нейл Уильямс. Желающие установить контакты с Оргкомитетом Австралийского конгресса могут связаться по электронной почте с доктором Ian Lambert ([Lambert@ga.gov.au](mailto:Lambert@ga.gov.au)).

**Вместо эпилога.** D. M. Shaw в своей замечательной книге о редких элементах в земной коре (1964) среди парадоксальных эпиграфов, которыми открывается каждая глава, привёл и это удивительное высказывание: «Существуют только три науки: геология, биология и астрономия».

В 1996 году W. S. Fyfe в Пекине высказал ту же самую мысль, но с примечательным уточнением: «Существуют только две фундаментальные современные науки: астрономия и геология».

Мы полагаем, что сокращение этой фразы ещё более подчеркнёт уже очевидную тенденцию интеграции современных естественных наук на основе геологии: «Существует только одна наука – геология, потому что всё, что происходит на Земле, входит в круг ее интересов».

В заключение еще раз процитируем У. Файфа, петролога и геохимика, Президента XXX конгресса в Пекине:

«Я уверен, что люди, украшающие свои руки золотыми кольцами, не имеют представления о том, что при извлечении этого золота пришлось растворить в циннадах тонны горной породы. Но наша жизнь должна быть функцией системы, оптимально использующей энергию и вещество, и эта система должна воспроизводить чистый воздух и чистую питьевую воду. Мы должны потреблять природные виды энергии: солнечную, геотермальную, тепло глубинных пород. Мы должны остановить варварское уничтожение нефти и газа. Прекратить распространение генетически модифицированных продуктов. Нам нужны безопасные экологические автомобили и микробиотехнологии добычи полезных ископаемых. У нас должны быть естественные, природные еда и вода. Нужно, создавая новые урбанистические территории и подземные сооружения, научиться сохранять естественную земную поверхность».

Разница между богатством и бедностью – это образование. Состояние нации определяется уровнем её образования. Мы должны создать универсальную культуру и науку».

Когда во Флоренции на левом берегу Арно строили для Медичи помпезный дворец Питти, камень брали рядом, вскрывая карьером



**Рис. 3. Искусство конвертирует земное вещество в драгоценность.**  
Фото слева – это преобразованный рукой гения каррарский мрамор. Давид Микеланджело победил не только Голиафа, но и преодолел время. Пять веков этот образ воспроизводится в бесчисленных вариантах, каких рисунков, фотографий. Современный каркасный Давид (фото справа) – украшает парк Боболи

склон речной долины. Сейчас на месте былых огромных карьеров раскинулся необытный сад Боболи, ярусами спускающийся к дворцу. Беседки, аллеи, гроты, фонтаны, статуи превращают посещение парка в бесконечное путешествие. Здесь таким прекрасным образом осуществлялась *коинверсия* отработанного месторождения строительного камня в произведения паркового искусства, архитектуры и культуры. Сейчас и парк Боболи, и дворец Питти – национальное достояние Италии, привлекающее миллионы восхищенных посетителей со всего мира (рис. 3).

В какой-то мере и парк Боболи, и дворец Питти, и вся Флоренция могут служить символом созидающего подвига деятелей эпохи Возрождения Галилео Галилея и Леонардо да Винчи, Микеланджело Буонарроти и Данте Алигьери и многих поколений знаменитых и безвестных итальянцев, которые преобразовали камни Тосканы в великий город и в великое искусство.

Сам прекрасный город Флоренция – яркий и не всегда осознаваемый, но всегда убедительный участник Международного геологического конгресса – 2004.

Поэтому призыв Оргкомитета XXXII МГК к возрождению геологии на основе интеграции науки, технологий и культуры нигде не мог бы звучать более убедительно, чем в Италии, во Флоренции – родине Ренессанса.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Емлин Э. Ф., Вахрушова Н. В., Кайнов В. И. Самоцветная полоса Урала. Екатеринбург, 2002. 160 с.
2. Емлин Э. Ф. Уральский город как феномен геотехносферы // Известия УГГУ. Вып. 18. Серия: Геология и геофизика. 2003. С. 301-311.

3. Карапурза А. А. Знаменитые русские о Флоренции. М.: Изд. Независимая газета, 2001. 352 с.

4. Карпова Е. В. Скульптурные портреты Демидовых // Демидовский Временник. Екатеринбург: Демидовский институт, 1994. С. 99-146.

5. Старицкая И. А. Флоренция для геологов // Наука Урала. 2004. № 8.

6. Старицкая И. А. Международный геологический конгресс в России: опыт с надеждой на будущее // Наука Урала. 2004. № 16.

7. Экономика фундаментальная и прикладная. Проблемы урбанизации // Материалы международной конференции. 3-4 февраля 2005 г., Екатеринбург: Екатеринбург, 2005. 412 с.

8. Congress Daily Free Press – no 1-9, The 32<sup>nd</sup> IGC August 20-28, 2004.

9. Emlin E. Ural city as a geological phenomenon // Abstracts of 32 th IGC. Italy, Florence, 2004.

10. Emlin E. F., Kaynov V. I. Geological park: resources, geoinformation, ecology// Abstracts of 32 th IGC. Italy, Florence, 2004.

11. Emlin E., Volkov S., Ketsko O. Geotechnosphere of Urals: evolution and limits to growth // Abstracts of 30th IGC. China, 1996. Vol. 3, p. 421.

12. First Circular. The 32<sup>nd</sup> International Geological Congress. Florence – Italy. August 20-28, 2004. 78 s.

13. Second Circular. The 32<sup>nd</sup> International Geological Congress. Florence – Italy. August 20-28, 2004. 106 s.

14. Third Circular. The 32<sup>nd</sup> International Geological Congress. Florence – Italy. August 20-28, 2004. 70 s.

15. Program. The 32<sup>nd</sup> International Geological Congress. Florence – Italy. August 20-28, 2004. 302 s.

16. Gerra M., Raschi A. Field sight near Rapolano term (Siena, Tuscany) – relationship between tectonics and fluid circulation. Field Trip Guide Book – D03. The 32<sup>nd</sup> International Geological Congress. Florence – Italy. August 20-28, 2004. 12 s.

### ОГЛОБЛИН ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ (1905 – 1968)



Д. Н. Оглоблин родился 29 августа (11 сентября по новому стилю) 1905 г. в Перми. Его отец, Николай Александрович, происходил из семьи священника, окончил Петербургский университет, служил в то время в Пермской казенной палате. Мать была домохозяйкой.

Юность Д. Н. Оглоблина пришлась на годы Гражданской войны, семья часто меняла место жительства, материальное положение было неустойчивым, ему пришлось рано начать подрабатывать на свою учебу. После окончания вечерней школы в Перми поступил в 1923 г. в Екатеринбурге в Уральский государственный университет, а в октябре 1928 г. окончил этот вуз уже под названием «Уральский политехнический институт».

В апреле 1928 г. на горном факультете УПИ состоялся выпуск горняков, среди которых единственным маркшейдером был Д. Н. Оглоблин. Дипломный проект Д. Н. Оглоблина назывался «Маркшейдерско-геометрический анализ Карпушинского медно-цинкового месторождения», что указывает на избранное им тогда под влиянием П. К. Соболевского научное направление – «Геометризация месторождений», хотя первые научные исследования Д. Н. Оглоблина (1927) посвящены геофизике – возможности использования сигналов времени в гравиметрии.

Уже с октября 1927 г. студент Д. Н. Оглоблин исполнял по просьбе П. К. Соболев-

ского обязанности ассистента – помогал в проведении практических занятий по маркшейдерскому искусству. Профессор П. К. Соболевский так характеризует Д. Н. Оглоблина в своем рекомендательном отзыве в Президиум горного факультета при оставлении на кафедре: «Горный инженер Дмитрий Николаевич Оглоблин настолько выделяется из общего количества моих слушателей по циклу маркшейдерских наук, что в нем безошибочно можно видеть будущего ценного научного работника в области маркшейдерских наук. Дмитрий Николаевич прежде всего обнаружил способность и умение математически мыслить – эта особенность трудно поддается описанию, и я на этом останавливаться не буду, – выражается эта способность с внешней стороны в быстром усвоении математических методов и умении правильно пользоваться этими методами. Эти способности дали ему возможность быстро освоиться с деталями специальных вопросов маркшейдерского искусства и без труда читать литературу... Конечно, только время вырабатывает хорошего педагога, но задатки, хорошие задатки видны уже теперь... И я думаю поэтому, что при необычайной склонности у нас в СССР специалистов вообще, а маркшейдеров-разведчиков – в частности мы должны всеми мерами поддержать молодых научных работников в указанной области».

Основным местом работы Д. Н. Оглоблина стала кафедра маркшейдерского искусства и физических методов изысканий. Здесь он с мая 1928 г. по октябрь 1931 г. работал младшим ассистентом (руководил практическими занятиями по маркшейдерскому искусству), а с октября 1931 г. по январь 1934 г. – исполняющим обязанности доцента. В 1931 г. в журнале «Цветные металлы» № 7 была опубликована первая работа Д. Н. Оглоблина «Подсчет запасов металла в россыпи по методу изолиний проф. П. К. Соболевского».

Еще будучи студентом, Д. Н. Оглоблин был исполнителем научно-производственных горно-геометрических и геофизических работ, организованных П. К. Соболевским. В 1928 г. П. К. Соболевский создал и возглавил НИИ геофизических методов разведки и горной геометрии, организовал несколько геофизических партий, в работе которых участвовал и Д. Н. Оглоблин.

В 1932 г. маркшейдерскую специальность получили ставшие впоследствии известными организаторами маркшейдерской науки и образования П. А. Рыжов, А. А. Игошин и Г. И. Вилесов. Все они были приверженцами горно-геометрической школы П. К. Соболевского, достойными продолжателями его дела. С Д. Н. Оглоблиным они были ровесниками, вместе с ним со студенческой скамьи активно участвовали во всех горно-геометрических и геофизических работах кафедры, по окончании института все остались на кафедре. Поэтому в начале 30-х годов, после переезда П. К. Соболевского в Москву, созданные им в Уральском горном институте кафедры маркшейдерского дела и геофизики (созданы в 1929 г.) были укомплектованы высококвалифицированными научно-педагогическими кадрами.

В декабре 1933 г. Д. Н. Оглоблин утвержден в звании доцента и с января 1934 г. работает в должности доцента, а с марта 1935 г. – заведующим кафедрой маркшейдерского дела. Итогом горно-геометрического периода его научной карьеры становится защита в Московском геологоразведочном институте диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по кафедре геологических наук на тему «Выбор места заложения шахты» (утверждена ВАК 22.05.1935).

В начале 30-х годов было выявлено неблагополучное состояние маркшейдерского обслуживания на горных предприятиях. Для преодоления такого состояния в 1932 году в Ленинграде создано Центральное научно-исследовательское маркшейдерское бюро (ЦНИМБ), а несколько позже в наиболее важных горнодобывающих районах – территориальные группы ЦНИМБ. Д. Н. Оглоблин стал организатором Уральской группы ЦНИМБ, которая начала работу 1 января 1935 года в г. Свердловске. Благодаря его незаурядным организаторским способностям, в сравнительно короткое время были начаты натурные исследования сдвижения горных пород на шахтах Кизеловского, Челябинского и Карагандинского угольных бассейнов, на Новолевинском, Дегтярском, Зюзельском, Карабашском, Красноуральском, Кировградском и Пышминском меднорудных месторождениях, а также Степняковском, Осиновском и Березовском золоторудных месторождениях.

Эти работы выполнялись небольшим коллективом постоянных кадров, с широким привлечением в качестве совместителей преподавателей кафедры маркшейдерского дела СГИ. Произведены ориентировки и съемки подземных выработок на Карабашском и Зюзельском рудниках. Начаты натурные наблюдения за проявлением горного давления в очистных выработках в Кизеловском бассейне.

В конце 1934 г. в Свердловске создано Гормаркбюро (государственный маркшейдерский контроль Урала) для выполнения капитальных маркшейдерских работ на горных предприятиях Урала. До организации Гормаркбюро договорные маркшейдерские работы выполнял проектно-исследовательский отдел института силами сотрудников маркшейдерской кафедры. Д. Н. Оглоблин был зачислен постоянным консультантом. С 1934 г. на следующие 10 лет научные интересы Д. Н. Оглоблина изменились. Большое внимание он уделяет вопросам методики выполнения маркшейдерских работ, особенно геометрическому ориентированию горных выработок и съемке осей скважин с помощью новой тогда техники – країзель-компаса (предшественника современного гирокомпаса).

Обобщение результатов выполненных работ позволило Д. Н. Оглоблину подготовить и успешно защитить 8 января 1946 г. в Ленин-

радском горном институте докторскую диссертацию на тему «Основные вопросы многоцелевого проектирования при ориентировке подземной съемки через одну вертикальную шахту» (утверждена ВАК 05.10.1940). О высоком научном уровне диссертации свидетельствует хотя бы тот факт, что положительные отзывы на нее дали все корифеи отечественной маркшейдерии – П. К. Соболевский, И. М. Бахурин, Н. Г. Кедль.

С октября 1940 г. Д. Н. Оглоблин является профессором кафедры маркшейдерского дела СГИ (утвержен ВАК в ученом звании профессора 7.12.1940). Особенный период в жизни Д. Н. Оглоблина – руководство Свердловским горным институтом в тяжелые военные годы. 23 апреля 1942 г. его назначают исполняющим обязанности директора СГИ, в должности директора утвержден был Наркоматом угольной промышленности СССР 17.09.1943 г., в октябре 1942 г. вступил в партию.

По воспоминаниям современников, Д. Н. Оглоблин, занимая высокий административный пост, отличался большой требовательностью, жесткостью по отношению к подчиненным, сумел сохранить коллектив сотрудников и преподавателей, выпуск специалистов для горной промышленности не прекращался. В связи с большой загруженностью как директора института, он сложил с себя в августе 1943 г. обязанности заведующего кафедрой, передав этот пост доценту А. А. Игошину. Вскоре после окончания войны приказом Минвуза от 30.04.1947 г. был освобожден от поста директора, работал профессором кафедры маркшейдерского дела и с 1 января 1948 г. переведен в Донецкий индустриальный институт.

Здесь, на Украине, огромная энергия Дмитрия Николаевича, не связанная теперь высокими административными должностями, нашла достойный выход. Возглавив кафедру геодезии и маркшейдерского дела, он внес большой вклад в ее становление и развитие, в создание и укрепление материальной базы.

За 20 лет работы в Донецке ему удалось создать научную школу маркшейдеров Донбасса, основной задачей которой стало совершенствование и развитие технологии маркшейдерских работ на базе новой измеритель-

ной и вычислительной техники. По его инициативе и под его руководством получила развитие интеграция маркшейдерских работ в странах социалистического содружества. Он инициировал создание прогрессивного научного направления по применению фотограмметрических методов съемки открытых горных работ, основал научную лабораторию для изучения сдвижения горного массива и земной поверхности на основе моделирования эквивалентными материалами, выполнил большой комплекс работ для внедрения в СССР гирокомпасного ориентирования маркшейдерских подземных съемок.

Д. Н. Оглоблин – автор учебника «Маркшейдерское дело» (три издания), который и сейчас является основным для студентов маркшейдеров стран СНГ (удостоен Государственной премии Украины в области науки и техники в 1981 г.). Его учебник «Курс маркшейдерского дела для горняков» выдержал четыре издания, в т. ч. на английском и французском языках (1966). Под его руководством кафедра маркшейдерского дела Донецкого политехнического института (ныне Донецкий национальный технический университет) стала одной из ведущих маркшейдерских кафедр СССР.

Подготовил 36 кандидатов наук, из них три доктора наук. Опубликовал около 150 научных работ.

Скончался 12 октября 1968 года в Донецке. Награжден орденом Ленина (1961), двумя орденами Трудового Красного Знамени (1949, 1967), орденом «Знак Почета» (1943), медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне» (1945), знаком «Шахтерская слава» I и II степеней (1961).

#### Основные научные труды:

*Выбор места заłożения шахты*. М.: ОНТИ, 1935.

*Ориентирование подземной маркшейдерской съемки через одну вертикальную шахту*. М.: ОНТИ, 1938.

*Ориентировка подземной маркшейдерской съемки*. Свердловск: Металлургиздат, 1941, 1944.

*Маркшейдерская съемка горных выработок*. Свердловск: Металлургиздат, 1944.

*Маркиндерские работы при встречных забоях.* М.: Металлургиздат, 1947.

*Маркиндерские работы при подземной разработке месторождений. Часть 1. Подземные маркиндерские съемки.* М.: Металлургиздат, 1950, 1959. Часть 2. Маркиндерские работы при шахтном строительстве и проведении горных выработок встречными забоями (соавтор Р. И. Кондорский, 1952). Часть 3. Ориентирование подземной съемки. М., 1953.

*Пятизначные таблицы натуральных значений тригонометрических функций для маркиндеров.* М.: Металлургиздат, 1949, 1959, 1964, 1970, 1979.

*Пятизначные таблицы логарифмов для маркиндеров.* М.: Металлургиздат, 1951.

*Справочник маркинdera. В 2-х томах.* М.: Металлургиздат, 1953 (в коллективе соавторов).

*Тахеометрические таблицы.* М.: Углехимиздат, 1952 (соавтор И. Я. Рейзенкинд).

*Маркиндерское дело (1960, 1972, 1981) – соавторы Г. И. Герасименко и др.*

*Таблицы для маркиндерской съемки карьера.* М.: Госгортехиздат, 1960 (соавторы И. Я. Рейзенкинд, Н. В. Коммодов).

*Новые маркиндерские приборы.* М.: Госгортехиздат, 1961, 1967 (соавтор И. Я. Рейзенкинд).

*Курс маркиндерского дела для горняков.* Киев: Укртехиздат, 1962, 1968 (соавторы Г. И. Герасименко и др.).

*Гирокомпасы в маркиндерском деле.* Киев: Техника, 1970 (соавтор В. К. Музакитов).



**ОРТИН  
МИХАИЛ ФЕДОРОВИЧ  
(1880 – 1958)**

Первым заведующим кафедрой обогащения полезных ископаемых был Ортин Михаил Федорович. Он родился в ноябре 1880 г. в г. Елабуге. Окончил в 1907 г. Петербургский технологический институт и в 1914 г. – Массачусетский технологический институт (США, г. Бостон). С 15.08.1921 г. по 01.09.1930 г. – заведующий кафедрой механического обогащения полезных ископаемых Уральского государственного университета (затем УПИ), с 01.09.1930 г. – заместитель директора по научно-технической части Уральского филиала института «Механиобр» и по совместительству с 01.09.1930 г.

по 15.12.1953 г. – заведующий кафедрой обогащения полезных ископаемых Свердловского горного института, затем профессор – соавтор по кафедре ОПИ. Хорошо владел английским языком. Доктор технических наук с 1942 г. Награжден орденом Ленина и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.». Первые его статьи появились в журнале русского металлургического общества в 1912 г.: «Плавка золото- и серебросодержащих руд на Благодатных рудниках» и «Плавка свинцово-медных руд на Благодатных рудниках». В 1915 г. в том же

журнале он публикует работу «О механической обработке руд и о преподавании ее в высших школах». В 1926–1929 гг. Ортин М. Ф. по заданию Уральского совета народного хозяйства руководил строительством и оборудованием Уральского филиала института «Механобр», с 1929 по 1941 гг. являлся научным руководителем этого института, а с 1941 г. – начальником лаборатории благородных металлов и гидрометаллургии. В 1924 г. был командирован ВСНХ в Швецию для изучения обогащения магнитных железняков, а в 1927–1928 гг. – в Германию и США для изучения флотации применительно к уральским рудам Красноуральского месторождения. Он занимался обогащением золотых, серебряных, свинцовых, медных, цинковых руд, уральских бериллов и корундов, железных руд, углей, дражных шлихов, шеелитовых руд, магнезитов, марганцевых руд, редкometальных руд, кианитов, хромитов, руд кобальта. Принимал участие в проектировании Красноуральской обогатительной фабрики и обогатительной фабрики СУМЗа, угле-

обогатительной фабрики в Губахе. Накопленные знания позволили Ортины М. Ф. написать книгу «Механическое обогащение руд», которая вышла в 1932 и 1937 гг. В 1938 г. в Горном обществе в группе обработки руд состоялось обсуждение этой книги (протокол этого заседания сохранился). Речь шла по существу об изъятии книги из обращения. Рецензент Кудинбин В. А. заключал: «Местами она не только не полезна, но даже вредна, потому что в некоторых местах она может привить студентам неправильные формулировки, неправильное освещение...». После детального обсуждения известные обогатители Верховский И. М., Ясюевич С. М., Эйгелес М. А. приняли решение указать автору на недостатки, но признать, что книга в целом для специалистов полезна. 12.12.1953 г. Ортин М. Ф. подал заявление об освобождении от обязанностей заведующего кафедрой по состоянию здоровья, рекомендовав на это место доцента Диомидова А. П. В 1957 г. он ушел на пенсию и в 1958 г. умер.

**ГАПЕЕВ  
АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ  
(1881 – 1958)**



19 августа 2006 г. исполнилось 125 лет со дня рождения Александра Александровича Гапеева – доктора геолого-минералогических наук, профессора, заведующего кафедрой геологии и директора Уральского горного института, декана горного факультета Уральского государственного университета в 1920–1923 гг., одного из крупнейших специалистов в СССР

в области геологии каменноугольных месторождений.

Он родился в г. Кроме Орловской губернии; его отец был служащим, а мать сельской учительницей. В 1910 г. А. А. Гапеев окончил Петербургский горный институт Императрицы Екатерины II. В годы учебы он увлекался идеями социал-демократов, в 1904 г. стал

членом РСДРП(б). в годы первой русской революции был лидером петербургского революционного студенчества; в 1906 г. участвовал в работе Объединенного съезда РСДРП(б) в г. Стокгольм. За успехи в учебе был отмечен стипендией Императора Николая II, но все деньги передавал в партийную кассу. Профессиональным революционером он не стал, но в партийных кругах пользовался большим авторитетом, как надежный, преданный партии товарищ. Осенью 1912 г. у него на квартире жил И. В. Сталин после возвращения из Нарынской ссылки. После Октябрьской революции 1917 г. А. А. Гапеев критически отнесся к деятельности большевиков и в 1919 г., возмущенный их политикой «красного террора», вышел из партии.

После окончания института А. А. Гапеев начал работать под руководством Л. И. Лутугина в Геологическом комитете и занимался изучением каменноугольных месторождений Донбасса (1910-1914) и Кузбасса (1914-1919). Позже его профессиональные интересы географически существенно расширились. Он изучал угольные месторождения Караганды, Урала, Экибастуза, Прииртышья и Сахалина, занимался оценкой качества углей и классификацией запасов. Благодаря его исследованиям, приведшим к открытию Карагандинского угольного бассейна, Карагандинский и Кузнецкий угольные бассейны были оценены как вторая и третья (после Донбасса) по значимости угольные базы страны. За работу по изучению Карагандинского бассейна он в 1948 г. был удостоен Сталинской премии СССР I степени. Медаль и диплом лауреата,

а также 150 тыс. рублей ему вручил лично И. В. Сталин на своей паче в Волынском. А. А. Гапеев был также награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени. Ему было присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР еще в 1933 г.

Александр Александрович был не только выдающимся геологом-угольщиком, но и замечательным педагогом, пользовавшимся большим авторитетом у студентов и за свой профессионализм, и за смелость в отстаивании своих точек зрения. В годы работы на Урале он был активным сторонником идеи об автономии высшей школы. За это его в 1923 г. выслали из Екатеринбурга. Переехав в Москву, он с 1923 г. был преподавателем, а в 1926-1948 гг. – профессором в Московской горной академии – Московском горном институте; в 1930-1954 гг. состоял профессором и заведующим кафедрой в Московском геологоразведочном институте. В честь А. А. Гапеева в Кузбассе был назван один из угольных пластов. Умер Александр Александрович 26 июля 1958 г. в г. Москве.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вопросы геологии угля: Сб., посвященный памяти геолога Александра Александровича Гапеева. Алма-Ата: Изд-во АН Каз. ССР, 1962.
2. Филатов В. В. Отчества пользы для... (75 лет Уральскому горному институту. 1917-1992). Екатеринбург: Изд-во УГИ, 1992.
3. Филатов В. В. Профессора Уральского государственного горного университета: Биограф. справочник. 3-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004.

**СМИРНОВ  
АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ  
(1881 – 1944)**



11 апреля 2006 г. исполнилось 125 лет со дня рождения Александра Ивановича Смирнова – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой эксплуатации пластовых месторождений, крупного специалиста в области подземной разработки угольных и рудных месторождений.

Он родился в семье священника в с. Кабанове Пензенской губернии. После окончания гимназии поступил на историко-филологический факультет Московского университета, продолжил учебу в одном из вузов Германии и завершил свое образование в 1909 г. в Петербургском горном институте Императрицы Екатерины II. После этого более десяти лет работал на горных предприятиях в различных регионах России: заведовал шахтой в Донбассе, был управляющим Лунинскими и Кизеловскими угольными копями на Урале, исполнял обязанности помощника управляющего Кольчугинским рудником в Кузбассе. С 1920 г. и по день своей смерти, случившейся 4 ноября 1944 г., он преподавал и вел научно-исследовательскую работу сначала в Уральском, а затем в Свердловском горном институте. В 1924 г. изучал опыт эксплуатации калийных и буроугольных месторождений в Германии и Чехословакии. Работая в институте, он сотрудничал с различными производственными и научно-исследовательскими организациями: Калийным трестом, Уралпланом, Уралхимом, Уралгипромезом и другими.

Его научные исследования были посвящены вопросам технологии подземной разработки угольных, рудных и калийных месторожде-

ний, безопасности горных работ и научной организации труда. Он выполнил важные теоретические исследования по обоснованию оптимальных параметров и производственной мощности шахт и дал в докторской диссертации решение задачи о выборе места заложения шахты в районе с ограниченным запасом полезного ископаемого. Сотрудничая с производственными организациями, он принимал участие в строительстве первого калийного рудника в г. Соликамске (за что был удостоен звания «Почетный калийщик»), проектировал шахты для Челябинского буроугольного бассейна, рудники в Магнитогорске, Красноуральске.

Студенты, которым он честворть века читал курс лекций «Разработка пластовых месторождений», ценили его за уважительное отношение к ним. «Он обладал той чудесной способностью, при которой без панибратства устанавливались дружеские отношения между профессором и студентом», – вспоминал с благодарностью учившийся у Александра Ивановича академик АН СССР Н. В. Мельников.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Филатов В. В. Отечества пользы для... (75 лет Уральскому горному институту. 1917-1992). Екатеринбург: Изд-во УГИ, 1992.
2. Филатов В. В. Профессора Уральского государственного горного университета: Биограф. справочник. 3-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004.



РУСАНОВА  
ОЛЬГА ДЕНИСОВНА  
(1906 – 1996)

27 февраля 2006 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Ольги Денисовны Рusanовой – доктора геолого-минералогических наук, профессора кафедры геологии месторождений полезных ископаемых, крупного специалиста в области петрологии и петрохимии каменных и бурых углей.

Она родилась в г. Кизил-Арват Закаспийской области в семье служащего. Две трети её жизни прошли в Средней Азии, в Узбекистане. В 1931 г. она окончила геологическое отделение физико-математического факультета Среднеазиатского государственного университета. Через год стала преподавать в Ташкентском политехническом институте, работая одновременно в Геологическом комитете и Геологическом управлении Узбекской ССР. В институте за 36 лет она, как принято говорить, прошла все ступени педагогической иерархии от ассистента до профессора. Она была волевой и мужественной и не страшилась отстаивать свои научные взгляды. Достаточно напомнить, что во время защиты своей докторской диссертации она, при четырех отрицательных отзывах официальных оппонентов, доказала членам диссертационного сове-

та ошибочность мнений оппонентов о её работе.

К 1968 г. горячий национальный узбекский климат стал вреден ей и ею мужу, известному геологу-прогнозисту, профессору П. А. Шехтману. Они переехали на Урал и стали работать в Свердловском горном институте. Климат на Урале суровее, чем в Узбекистане, зато люди толерантнее. Ольга Денисовна проработала в Свердловском горном институте до 1985 г., пережив в 1979 г. смерть мужа.

Её научно-педагогическая деятельность была отмечена орденом «Знак Почета», медалями СССР; она была участницей Международного конгресса по органической химии в 1978 г. и XXII сессии Международного геологического конгресса в 1984 г.

Умерла Ольга Денисовна 28 сентября 1996 г. в г. Ташкенте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филатов В. В. Профессора Уральского государственного горного университета: Биограф. справочник. 3-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004.

**ФЕДОРОВ  
СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ  
(1906 – 1967)**



25 мая 2006 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Сергея Алексеевича Федорова – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой шахтного строительства, декана горного факультета, проректора по научной работе, одного из крупнейших на Урале специалистов в области шахтного строительства.

Он родился на станции Ук Иркутской губернии. Его отец был крестьянином с Волгодчины, осевшим в Сибири после Русско-японской войны. В 1930 г. С. А. Федоров окончил Сибирский горный институт, работал в трестах «Кузбассшахтстрой» и «Уралуголь». В 1933 г. его пригласил на работу в Свердловский (тогда еще Уральский) горный институт Л. Д. Шевяков. Здесь он проработал почти 34

года до трагической гибели в Нурске 29 ноября 1967 г. Его научные исследования были посвящены вопросам технологий реконструкции шахт и углубки шахтных стволов, поискам рациональных комплексов строительства капитальных выработок, проблемам крепи. Две монографии С. А. Федорова: «Углубка стволов шахт» и «Капитальные горные выработки» – были особенно ценны шахтостроителями и в Советском Союзе, и за рубежом. Вторая книга была переведена на немецкий, венгерский, чешский, румынский и китайский языки. С. А. Федоров был организатором издания и первым редактором журнала «Известия вузов. Горный журнал», председателем Редакционного совета Уральского экономического района по изданию литературы для горной промышленности, возглавлял Свердловское областноеправление НТО-Горное, исполнял еще много других общественных поручений и делал все в высшей степени отлично. Труды Сергея Алексеевича были отмечены двумя орденами Трудового Красного Знамени в 1949 и в 1958 годах, медалями СССР и знаком «Шахтерская Слава» I-й степени.



Кривой Рог, ш. Гигант, май 1959 г.  
Справа – профессор С. А. Федоров

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Фишатов В. В. Отечества пользы для... (75 лет Уральскому горному институту. 1917–1992). Екатеринбург: Изд-во УГИ, 1992.

2. Фишатов В. В. Профессора Уральского государственного горного университета: Биограф. справочник. 3-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2004.



**ХОДАЛЕВИЧ  
АНАТОЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ  
(1906 – 1993)**

26 апреля 2006 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Анатолия Николаевича Ходалевича – доктора геолого-минералогических наук, профессора, заведующего кафедрой исторической геологии и палеонтологии, одного из крупнейших уральских специалистов в области палеонтологии и стратиграфии силура и девона.

Он родился в г. Олекминске Якутской области в семье военного. В 1930 г. окончил геологическое отделение физико-математического факультета Томского государственного университета и получил назначение в Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт (ЦНИГРИ); год проработал прорабом геолого-съемочной партии на Северном Урале в экспедиции Е. П. Молдаванцева. С 1931 по 1944 г. работал в Уральском геологоразведочном тресте – Уральском геологическом управлении. Затем сорок лет преподавал в Свердловском горном институте, 33 года возглавляя кафедру исторической геологии и палеонтологии. Его научно-педагогические труды были посвящены изучению силурийско-девонских отложений Северного

Урала, Казахстана, Южного Тянь-Шаня, Салына и других регионов; он развивал принципы биостратиграфии на основе изучения брахиопод; дал теоретическое обоснование для поисков месторождений бокситов на Северном Урале, и в результате этих исследований были открыты Черемуховское, Усть-Калынинское, Горностайское и Северо-Тошемское месторождения. За эту работу он в 1946 г. был удостоен Сталинской премии СССР I степени.

Анатолий Николаевич сочетал в себе дар не только исследователя, но и педагога и организатора. Им было написано несколько монографий и учебников, он был инициатором создания и научным организатором крупной палеонтологической партии в Уральском геологическом управлении, организатором четырех Уральских межведомственных стратиграфических совещаний, председателем и членом различных палеонтологических обществ и комитетов.

В 50-е годы прошлого века, когда высуга лет и трудовые заслуги отмечались государственными наградами и званиями, А. Н. Ходалевич был награжден орденом «Знак Почета» и удостоен звания Генерального директора геологической службы III ранга.

Умер Анатолий Николаевич 17 мая 1993 г.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

Учитель и ученик.  
слева – академик  
Назинин Д. В.  
справа – профессор  
Ходалевич А. Н.

1. Палеонтологический журнал. 1994. № 3.

2. Филатов В. В. Профессора Уральского государственного горного университета: Биограф. справочник. 3-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004.

**ЧЕРНОУСОВ  
ЯКОВ МИХАЙЛОВИЧ  
(1906 – 1986)**



9 мая 2006 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Якова Михайловича Черноусова<sup>\*</sup> доктора геолого-минералогических наук, профессора, заведующего кафедрами горючих ископаемых (1957–1963) и геологии месторождений полезных ископаемых (1963–1968), крупного специалиста в области геологии угольных месторождений Советского Союза.

Он родился в г. Ветлуге Нижегородской губернии в семье батрака. В 1934 г. окончил Уральский горный институт, в который вернулся спустя 15 лет в качестве преподавателя, поработав в Углехимическом институте, в различных геологоразведочных организациях, в Управлении строительства НКВД, был главным геологом комбината «Свердловскуголь», провел год в командировке в Германии. В 1968 г. он уехал на Украину заведовать кафедрой геологии и разведки горючих ископаемых в Днепропетровском горном институте.

В Свердловском горном институте он создал специальность «Геология угольных месторождений», обеспечив её неплохим учебником «Курс общей геологии угольных месторождений». И на Урале, и на Украине он занимался изучением тектоники и закономерностей накопления и вещественного состава углей Челябинского, Северо-Сосьвинского, Серовского и других месторождений восточного склона Урала; изучал строение вскрышной толщи на месторождениях Канско-Ачинского бассейна, литолого-фаunalный состав и цикличность строения угленосных толщ Южно-Якутского бассейна. Человек подвижный и общительный, он был участником многих всесоюзных угольных конференций и симпозиумов. Его научно-педагогическая деятельность отмечена орденами и медалями СССР. Умер Яков Михайлович 10 мая 1986 г. в г. Днепропетровске.

<sup>\*</sup> Филатов В. В. Профессора Уральского государственного горного университета: биограф. справочник. 3-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004.

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3	INTRODUCTION .....	3
ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ .....	5	NATURAL SCIENCES .....	5
Динамика рельефообразующих масс как течение анизотропной вязкой жидкости Мезенцев А. Н., Ратушняк А. Н. ....	5	Dynamics of relief-forming masses as stream of anisotropic viscous liquid Mezentsev A.N., Ratushnyak A.N. ....	5
Феноменологическое моделирование фазовых переходов в жидких кристаллах Коноплев В. А., Першин В. К. ....	8	Phenomenological modeling of phase changes in liquid crystals Konoplev V.A., Pershin V.K. ....	8
Предел прочности и модуль сдвига воды при малых скоростях течения Апакашев Р. А., Павлов В. В. ....	15	Strength limit and water shift module in low current velocities Apakashov R.A., Pavlov V.V. ....	15
Палеонтология на Урале на современном этапе (основные проблемы) Боголюбенская О. В. ....	19	Paleontology in the Urals at present (main problems) Bogolyubenskaya O.V. ....	19
Геохимические особенности тонкозернистых терригенных пород верхнего венда Беломорско-Кулойского плато – индикаторы состава палеоводосборов Маслов А. В., Грачевский Д. В., Подковыров В. Н., Ронкин Ю. Л. ....	22	Geochemical features of fine-grained Terrigenic rocks of upper vend Belomorsky-Kulovsky plateau-indicators of paleo-water-basins structure Maslov A.V., Grazhdankin D.V., Podkovyrov V.N., Rankin Yu.L. ....	22
Геодинамика формирования оphiолитовых ультраосновных массивов Урала и связанного с ними хромитового оруденения Малахов И. А. ....	30	Geodynamics of formation of ophiolite Ultra-base masses of the Urals and chrome mineralization connected with them Malakhov I.A. ....	30
Нетрадиционные типы золото- аргиллитового оруденения в мезозойских структурах Урала Грязнов О. Н., Бараников А. Г., Савельева К. П. ....	41	Non-traditional types of gold-argillite mineralization in Mesozoic structures of the Urals Gryaznov O.N., Barannikov A.G., Savelyeva K.P. ....	41
Основные черты платинометальной металлогенеза Приполлярного Урала Душин В. А. ....	54	Main characteristics of platinum-metal metallogeny in Pre-Polar Urals Dushin V.A. ....	54
Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала: условия формирования, особенности состава и направления использования Макаров А. Б. ....	61	Main types of technogenous-mineral deposits of the Urals: formation conditions, peculiarities of composition and directions of usage Makarov A.B. ....	61
Гидрогеологические проблемы освоения Екатеринбургского метрополитена Семячков А. И., Коновалов И. В. ....	68	Hydrogeological problems of Ekaterinburg Metro development Semyachkov A.I., Konovalov I.V. ....	68

Исследование причин деградации многолетнемерзлых пород на примере г. Надым Абатурова И. В., Носкова И. А. ....	75	Investigation of causes of degradation of many-years frozen rocks on the example of Nadym town Abaturova I.V., Noskova I.A. ....	75
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ ..... 81		ENGINEERING SCIENCES ..... 81	
Новые подходы к оптимизации проектирования карьеров Хохряков В. С., Корнилов С. В., Лель Ю. Н., Стариков А. Д., Терехина Ю. В. ....	81	New approaches to optimization of quarries designing Khokhryakov V.S., Kornilov S.V., Lel' Yu.N., Starikov A.D., Terekhina Yu.V. ....	81
Аэродинамика центробежных вентиляторов со струйным управлением обтеканием Косарев Н. П., Макаров В. Н. ....	93	Aerodynamics of centrifugal fans with spray control by airflow Kosarev N.P., Makarov V.N. ....	93
Основы теории аэродинамики осевых вентиляторов, создаваемых на базе авиационных винтов Тимухин С. А. ....	101	Fundamentals of theory of aerodynamics of axial fans developed on the basis of aviation screws Timukhin S.A. ....	101
О нормировании потерь полезных компонентов на обогатительных фабриках Козин В. З., Нестерова Т. В. ....	104	About standardization of losses of useful components at mineral dressing plants Kozin V.Z., Nesterova T.V. ....	104
Исследование взаимосвязи электромеханического импульса и параметров динамической системы рабочего органа вибротранспортной машины Афанасьев А. И., Чиркова А. А. ....	109	Investigation of correlation of electric-mechanical impulse and parameters of dynamic system of a working unit of vibro-transport machine Afanasiev A.I., Chirkova A.A. ....	109
Критерии энергетической эффективности комплексов главных вентиляторных и водоотливных установок Тимухин С. А., Зарипов А. Х. ....	112	Criteria of complexes power efficiency of main ventilation and water draining installations Timukhin S.A., Zaripov A.X. ....	112
Особенности распределения энергии ВВ при разрушении горных пород упакованными зарядами Мурзиков И. М., Ермолаев А. И. ....	116	Features of distribution of ES energy in destruction of rocks by extended charges Murzikov I.M., Ermolayev A.I. ....	116
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ ..... 119		SOCIAL-ECONOMIC AND THE HUMANITIES ..... 119	
Эволюция институциональной парадигмы в социологии управления Кок И. А. ....	119	Evolution of institutional paradigm in sociology of management Kokh I.A. ....	119
Философия истории романтизма: культуроцентризм Шитиков М. М. ....	127	Philosophy of Romanticism history, culture centrism Shitikov M.M. ....	127
Корпоративная культура как элемент внутренней среды организации Ветошкина Т. А. ....	132	Corporate culture as an element of the organization internal environment Vetoshkina T.A. ....	132

<b>Мультимедийные средства обучения и преподавании обществоведческих дисциплин</b> <i>Кутарева Н. М.</i>	138	<b>Multimedia means of education in teaching of social disciplines</b> <i>Kutareva N.M.</i>	138
<b>Социальный аспект в определении эффективности работы предприятия</b> <i>Ветошкин В. И.</i>	142	<b>Social aspect in determining of enterprise operation efficiency</b> <i>Vetoshkin V.I.</i>	142
<b>Развитие системы образования на Урале в XVIII – начале XX вв.</b> <i>Спектор Е. Н.</i>	149	<b>Development of educational system in the Urals in the XVIII - early XXth centuries</b> <i>Spektor E.N.</i>	149
<b>Национальные интересы России в условиях геополитической контракции на рубеже ХХ – ХХI вв.</b> <i>Фортуняк Л. Л.</i>	156	<b>National interests of Russia in conditions of geopolitical contraction on the border of the XX-XXIst centuries</b> <i>Fortushnyak L.L.</i>	156
<b>Социально-экономическая переоценка физической культуры на производстве</b> <i>Наседкин В. А., Наседкин А. В.</i>	161	<b>Social-economic re-evaluation of physical culture at enterprises</b> <i>Nasedkin V.A., Nasedkin A.V.</i>	161
<b>КОНФЕРЕНЦИИ</b>	167	<b>CONFERENCES</b>	167
<b>Геология с человеческим лицом: XXXII международный геологический конгресс во Флоренции</b> <i>Емлин Э. Ф., Старицына И. А.</i>	167	<b>Geology with human face: XXXIIInd International Geological Congress in Florence</b> <i>Emlin E.F., Staritsyna I.A.</i>	167
<b>НАШИ ЮБИЛЕЙЫ</b>	183	<b>ANNIVERSARIES/JUBILEES</b>	183
Оглоблин Дмитрий Николаевич (1905 – 1968) ... 183 Ортин Михаил Федорович (1880-1958) ..... 186 Гапеев Александр Александрович (1881-1958) ..... 187 Смирнов Александр Иванович (1881-1944) ..... 189 Русанова Ольга Денисовна (1906-1996) ..... 190 Федоров Сергей Алексеевич (1906-1967) ..... 191 Ходалевич Анатолий Николаевич (1906-1993) .. 192 Черноусов Яков Михайлович (1906-1986) ..... 193		Ogloblin Dmitry Nikolaievich (1905-1968) ..... 183 Ortin Mikhail Fedorovich (1880-1958) ..... 186 Gapeev Aleksandr Aleksandrovich (1881-1958) ..... 187 Smirnov Aleksandr Ivanovich (1881-1944) ..... 189 Rusanova Olga Denisovna (1906-1996) ..... 190 Fedorov Sergei Alekseevich (1906-1993) ..... 191 Khodalevich Anatoly Nikolaievich (1906-1993) ... 192 Chernousov Yakov Mikhailovich (1906-1986) ..... 193	

Заявки на журнал направлять по адресу:  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
Уральский государственный горный университет  
Издательство УГГУ

Научное издание

ИЗВЕСТИЯ УГГУ

Вып. 22

Научно-технический журнал

Редактор Устининцева Л. В.  
Компьютерная верстка Кудрина В. С., Кузиной Н. Н.  
Перевод на англ. яз. Удачиной Н. А.  
Дизайн обложки Кудрина В. С.

Подписано в печать 23.03.2007 г. Формат 60 × 84 1/8.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,5. Уч.-изд. л. 19,0. Тираж 200. Заказ №20.

---

Издательство УГГУ  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета в ООО «ИРА УТК»  
620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42

## Студенческий культурный центр

Гордостью Горного университета является Студенческий культурный центр (СКЦ), в котором насчитывается 21 творческий коллектив.

Для того чтобы выявить таланты, СКЦ ежегодно организует смотры художественной самодеятельности факультетов, фестивали команд КВН и рок-групп, хоровых коллективов, конкурсы авторской песни. Мечтой многих студентов является участие в конкурсе красоты «Мисс и Мистер УГГУ». Творческие коллективы заслуживают почетное право представлять Горный университет на всероссийских конкурсах и фестивалях.

## Творческий факультет

УГГУ стремится к тому, чтобы его выпускники были не просто «технариуми», а людьми с высоким уровнем культуры, настоящей элитой общества. Именно с этой целью в Горном университете создан Творческий факультет.

На пяти отделениях факультета:

- эстрадно-духовом;
- хоровом;
- хореографическом;
- театральном;
- музыкальных народных традиций -

работают художественные коллективы, в том числе мужской хор, джаз-оркестр, ансамбль современного танца, ансамбль народного танца, оркестр народных инструментов, студенческий театр «Эверест».



## Спортивные рекорды

Университет гордится своими спортивными достижениями, среди его студентов многократные чемпионы мира, Европы, Всемирной универсиады и России: пловец Ю. Прилукаев и биатлонист А. Конягин, чемпионы мира среди студентов шахматист А. Шарыпзданов и футболисты В. Шахмустов, П. Чистополов, А. Шабанов, чемпионка мира по скалолазанию Е. Иващенко, двухкратный чемпион России по шахматам гроссмейстер А. Мотылев и другие.

Из Горного вышли выдающиеся спортсмены, такие как Александр Кандель - заслуженный тренер РФ, заслуженный мастер спорта, двухкратный чемпион Европы, много-кратный чемпион России. В память о нем при Доме спорта УГГУ создан баскетбольный «Кандель-клуб».

В последние годы подготовлено четыре заслуженных мастера спорта, шесть мастеров спорта международного класса, более 80 призеров и победителей первенств и чемпионатов Европы и более 40 - мира и всемирных универсиад.

Команда шахматистов университета дважды становилась чемпионом мира среди студентов, а студенческая команда университета по мини-футболу является шестикратным чемпионом страны.



# УРАЛЬСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ

Уральский геологический музей — гордость Горного университета. Музей был открыт в 1937 году, и популярность его с тех пор перешагнула пределы Урала.

Музей располагается в одном из корпусов университета, на пересечении улиц Хоккянова и Куйбышева. Основная цель музея — накопление, изучение и систематизация каменного материала уральских месторождений и сохранение его для потомков. Особенность Уральского геологического музея заключается в том, что он служит учебной базой для студентов Горного университета, других учебных заведений и открыт для всех желающих ознакомиться с сокровищами уральских недр. В коллекциях музея сегодня насчитывается свыше 80 тыс. экспонатов, отражающих минеральные богатства и геологию Урала.

В экспозиции минералогического отдела представлено свыше 600 минеральных видов и более 12 тыс. экспонатов. Среди уникальных экспонатов — гигантский кристалл дымчатого кварца «Малютка», весом 784 кг и высотой 170 см. Этот самый крупный из имеющихся в музеях страны кристаллов был найден 26 мая 1966 г. на Южном Урале на глубине 13 метров. Из хрустально-полости извлечены много кристаллов, одни из них имели вес более полутора кг. Несмотря на совсем разные размеры, их возраст по сравнению с докембрийскими полодами совсем юный — около 330 млн. лет. А глубже выше в ветвях выстлана сверкающая россыпь «родственников» гиганта: морионы обычные и «отеческие» в тесте, дымчатые горные хрустали, цитрины, трансформированный кварц и изделия из него.

Рядом с приоценными камнями представлен аметистами, топазами, бериллами, изумрудами, гранатами, среди которых блестят демантозы.

В экспозиции отдела месторождений полезных ископаемых представлены образцы руд и вмещающих горных пород разных типов геологических и отработанных месторождений на Урале, в чем и заключается уникальность музея. Здесь богатца экспозиции уральских нефтяных язв, месторождений кварца, железных, медных, бокситовых, никелевых руд, каменных солей. имеется большое разнообразие строительных материалов. Одна из интереснейших экспозиций отражает минеральные ресурсы Полярного Урала.

## Уникальная коллекция

В ноябре 2005 года в Геологическом музее Уральского государственного горного университета открыта новая выставка с экспозиционными экспонатами — Золотая коллекция, представляющая собой едину из крупнейших в мире коллекций золота и уральских изумрудов. Основу экспозиции составляет коллекция Георгия Ивановича Смирнова из СССР А. П. Смирнова. До сих пор уникальная коллекция практически не демонстрировалась широкой публике. Теперь эта постоянно действующая выставка станет одной из ярчайших достопримечательностей Екатеринбурга.

В коллекции собраны золотые самородки месторождений Урала, в частности, кристаллы, кусочки золота и золотой песок. Наряду с золотом посетители смогут увидеть еще один бесценный мегадиапазон Урала. Речь идет о самородках, проявленных и россыпной платине. Впервые в мире музей демонстрирует большое собрание уральских изумрудов с Малышевского месторождения. Наверное, это самая большая коллекция изумрудов и гранатов, из Урала названная коллекция, которую можно считать своеобразным флагом Алмазной фини.

