ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного горного университета

ISSN 2307-2091 (print)
ISSN 2500-2414 (online)

IUGGU.RU

Выпуск 3 (47), 2017

NEWS

of the Ural State Mining University

ISSN 2307-2091 (print)
ISSN 2500-2414 (online)

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ИЗВЕСТИЯ
Уральского государственного горного университета

Научно-технический журнал

NEWS
of the Ural State Mining University

Scientific and technical journal

Issue 3(47)

2017

Уральский государственный
горный университет

Известия Уральского государственного
горного университета
2017, вып. 3

Журнал выходит 4 раза в год

Учредитель – Уральский государственный
горный университет

620144, Россия, Екатеринбург,
ул. Куйбышева, 30

Известия Уральского государственного горного университета – рецензируемый научно-технический журнал, в котором находят отражение актуальные вопросы изучения, оценки и промышленного освоения минерально-сырьевых ресурсов Уральского региона и сопредельных территорий. В их числе проблемы геологии и разведки недр, геофизических исследований, горного дела и горной механики, экономики природопользования.
К публикации принимаются статьи на русском и английском языках.
Полнотекстовая версия журнала размещается в свободном доступе на нашем сайте и на платформе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) Российской универсальной научной электронной библиотеки. Более полная информация и правила оформления статей размещены на сайте журнала.

С 2017 года журнал индексируется в международной библиографической базе данных Georef.

Ural State
Mining University

News of the Ural State
Mining University
2017, issue 3

Published 4 times a year

Founded by
Ural State Mining University

30, Kuibyshev str., 620144, Ekaterinburg,
Russia

News of the Ural State Mining University is a peer-reviewed scientific and technical journal, which reflects topical issues of the study, evaluation and commercial development of mineral resources of the Ural region and adjacent territories. These include problems of geology and subsoil exploration, geophysical studies, mining and mining mechanics, environmental economics.
We accept for publication articles in Russian and English languages.
The full-text version of the journal is in the public domain on the website of the journal http://iuggu.ru and in the database of the Russian Science Citation Index of the Russian Universal Scientific Electronic Library.
Website of the journal contains a detailed information about the journal, as well as guidelines for authors.

Since 2017, the journal has been indexed in the Georef database.

Включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», действующий с 1.12.2015 г.

Подписка на журнал осуществляется по каталогу Агентства «Роспечать»
«Газеты. Журналы», подписной индекс 25145.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55055 от 14.08.2013

Редакционная коллегия

Главный редактор
Н. П. Косарев – д-р техн. наук, профессор
Заместитель главного редактора
О. Н. Грязнов – д-р геол.-минерал. наук, профессор

Ученый секретарь
Ю. А. Поленов – д-р геол.-минерал. наук, профессор

Ответственные редакторы по разделам

Науки о Земле: **А. Б. Макаров** – д-р геол.-минерал. наук, профессор
Технические науки: **С. А. Тимухин** – д-р техн. наук, профессор
Экономические науки: **М. Н. Игнатьева** – д-р экон. наук, профессор

Редакционный совет

Г. А. Боярских – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
Н. Г. Валиев – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
А. Ф. Вершков – д-р экон. наук, Алматы, Казахстан, Департамент геологии АО «Волковгеология»
Карстен Дребенштедт – д-р техн. наук, профессор, Фрайберг, Германия, Фрайбергская горная академия
Ю. В. Ерохин – канд. геол.-минерал. наук, Екатеринбург, Россия, Институт геологии и геохимии имени А. Н. Заварицкого УрО РАН
А. Н. Зотов – д-р техн. наук, профессор, Уфа, Россия, Уфимский государственный нефтяной технический университет
К. С. Иванов – д-р геол.-минерал. наук, Екатеринбург, Россия, Институт геологии и геохимии имени А. Н. Заварицкого УрО РАН
Г. Г. Кожушко – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
С. В. Корнилков – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Институт горного дела УрО РАН
В. А. Коротеев – академик РАН, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Институт геологии и геохимии имени А. Н. Заварицкого УрО РАН
З. М. Назарова – д-р экон. наук, профессор, Москва, Россия, Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе
В. Я. Потапов – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
М. Н. Хальфин – д-р техн. наук, профессор, Новочеркасск, Россия, Южно-Российский государственный технический университет

Экспертный совет

А. М. Амдур – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
А. Г. Баранников – д-р геол.-минерал. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
В. И. Голик – д-р техн. наук, профессор, Владикавказ, Россия, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
В. А. Гордеев – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
Н. В. Гревцев – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
В. А. Душин – д-р геол.-минерал. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
Луиза Карстен – Dr, Ганновер, Германия
А. В. Жабко – канд. техн. наук, доцент, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
В. З. Козин – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
И. А. Садовенко – д-р техн. наук, профессор, Днепропетровск, Украина, Национальный горный университет
Евгений Стамбульчик – PhD, Реховот, Израиль, Научно-исследовательский институт имени Х. Вейцмана
В. Б. Сурнев – д-р физ.-матем. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет
Сергей Филиппов – Dr, Ганновер, Германия

Editorial staff

Editor-in-Chief
N. P. Kosarev, Dr, Professor
Deputy Editor-in-Chief
O. N. Gryaznov, Dr, Professor

Academic secretary
Yu. A. Polenov, Dr, Professor

Section editors

Earth Sciences: **A. B. Makarov**, Dr, Professor
Engineering sciences: **S. A. Timukhin**, Dr, Professor
Economic sciences: **M. N. Ignat'eva**, Dr, Professor

Editorial council

G. A. Boyarskikh, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
N. G. Valiev, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
A. F. Vershkov, Dr, Professor
(Almaty, Kazakhstan, Geology Department in Uranium Exploration Company «Volkovgeologiia»)
Karsten Drebenshtedt, Dr, Professor
(Freiberg, Germany, Freiberg University of Mining and Technology)
Yu. V. Erokhin, PhD
(Ekaterinburg, Russia, Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences)
A. N. Zotov, Dr, Professor
(Ufa, Russia, Ufa State Petroleum Technological University)
K. S. Ivanov, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences)
G. G. Kozhushko, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
S. V. Kornilkov, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Institute of Mining, Ural Branch of Russian Academy of Sciences)
V. A. Koroteev, Member of the Russian Academy of Sciences, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences)
Z. M. Nazarova, Dr, Professor
(Moscow, Russia, Russian State Geological Prospecting University)
V. Ya. Potapov, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
M. N. Khal'fin, Dr, Professor
(Novocherkassk, Russia, South-Russian State Polytechnical University)

Advisory council

A. M. Amdur, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
A. G. Barannikov, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
V. I. Golik, Dr, Professor
(Vladikavkaz, Russia, North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
V. A. Gordeev, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
N. V. Grevtsev, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
V. A. Dushin, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
A. V. Zhabko – PhD
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
V. Z. Kozin – Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
V. B. Surnev, Dr, Professor
(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)
Luiza Karsten, Dr (Hannover, Germany)
I. A. Sadovenko, Dr, Professor
(Dnepropetrovsk, Ukraine, National Mining University)
Evgeny Stambulchik, PhD
(Rehovot, Israel, Weizmann Institute of Science)
Sergej Filippow, Dr (Hannover, Germany)

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

7 МАГМАТИЗМ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ СТРУКТУР УРАЛЬСКОГО СЕВЕРА
В. А. Душин

17 О НАХОДКЕ БРАХИОПОДЫ В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГРАНАТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ
К. С. Иванов, Г. Н. Бороздина, Е. В. Бурлаков, Ю. В. Ерохин, Д. А, Клейменов, Л. И. Мизенс, В. Н. Смирнов

24 МИНЕРАЛОГИЯ КАРБОНАТИТОВ УФАЛЕЙСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
В. Н. Огородников, С. Г. Суставов, Д. А. Ханин, Е. С. Шагалов, Ю. А. Поленов

34 ИЗУЧЕНИЕ ЗОНАЛЬНОСТИ РУДНЫХ ТЕЛ ПО СОСТАВУ ОЛИВИНА В ХРОМИТОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ № 219 ВЕРХ-НЕЙВИНСКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ)
А. В. Алексеев
(In English)

39 ОСОБЕННОСТИ ФЕНАКИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ С УРАЛЬСКИХ ИЗУМРУДНЫХ КОПЕЙ
М. П. Попов, А. Г. Николаев
(In English)

44 О ВОЗДЕЙСТВИИ РУДНИКА «ХОЛБИНСКИЙ» НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ВОСТОЧНОГО САЯНА
О. А. Иванова, А. В. Дмитриева

48 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ОЧИСТКИ КАРЬЕРНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА
А. В. Хохряков, А. М. Ольховский, Г. А. Студенок

53 ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КУЗБАССА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
А. М. Шипилова, И. С. Семина

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

57 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ
А. Ю. Чебан

60 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
П. Б. Герике

65 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПУЛЬП, ОСНОВАННОГО НА ДЕЙСТВИИ БЕГУЩЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
А. В. Угольников, И. Л. Щеклеина, А. Е. Горелова

69 АДДИТИВНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АЭРАЦИОННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛА В СЕПАРАТОРАХ
В. Я. Потапов, В. Н. Макаров, Н. В. Макаров, Е. Е. Франюк
(In Russian, in English)

76 СХЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЦИКЛИЧНОГО ЗВЕНА ЦПТ
С. Н. Жариков, В. А. Кутуев

CONTENTS

EARTH SCIENCES

7 MAGMATISM AND METALLOGENY OF THE TRANSVERSE STRUCTURES OF THE NORTH URALS
V. A. Dushin

17 ON THE FINDING OF BRACHIOPOD IN METAMORPHIC GARNET-BEARING ROCKS ON THE MIDDLE URALS
K. S. Ivanov, G. N. Borozdina, E. V. Burlakov, Yu. V. Erokhin, D. A. Kleimenov, L. I. Mizens, V. N. Smirnov

24 MINERALOGY OF CARBONATITES OF THE UFALEYSKY METAMORPHIC COMPLEX
V. N. Ogorodnikov, S. G. Sustavov, D. A. Khanin, E. S. Shagalov, Yu. A. Polenov

34 THE STUDY OF THE ORE BODIES ZONALITY BY COMPOSITION OF OLIVINE IN THE CHROMITE DEPOSIT NO. 219 OF THE VERKHNEYVINSKY MASSIF (MIDDLE URALS)
A. V. Alekseev
(In English)

39 FEATURES OF PHENACITE MINERALIZATION FROM THE URAL EMERALD MINES
M. P. Popov, A. G. Nikolaev
(In English)

44 ON THE IMPACT OF THE "HOLBINSKY" MINE ON THE COMPONENTS OF THE NATURAL ENVIRONMENT OF THE EASTERN SAYAN
O. A. Ivanova, A. V. Dmitrieva

48 APPLICATION OF EXHAUSTED EXCAVATIONS FOR NITROGEN COMPOUNDS REMOVAL FROM THE QUARRY WATERS
A. V. Khokhryakov, A. M. Ol'khovskiy, G. A. Studenok

53 ASSESSMENT OF THE SOIL-ECOLOGICAL STATUS OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE KUZNETSK BASIN (KUZBASS) DEPENDING ON THE TECHNOLOGY OF RECLAMATION OF DISTURBED LANDS
A. M. Shipilova, I. S. Semina

ENGINEERING SCIENCES

57 IMPROVING THE EXTRACTION-AND-LOADING PROCESS IN THE OPEN MINING OPERATIONS
A. Yu. Cheban

60 DEVELOPMENT OF THE TESTING PROCEDURE FOR UNITS AND ELEMENTS OF MINING EQUIPMENT
P. B. Gerike

65 ECONOMIC EFFICIENCY OF THE DEHYDRATION DEVICE FOR FERROMAGNETIC PULPS BASED ON THE ACTION OF A TRAVELING MAGNETIC FIELD
A. V. Ugol'nikov, I. L. Shchekleina, A. E. Gorelova

69 ADDITIVE MATHEMATICAL MODEL OF MATERIALS AERATION CLASSIFICATION IN SEPARATORS
V. Ya. Potapov, V. N. Makarov, N. V. Makarov, E. E. Franyuk
(In Russian, in English)

76 CHARGE INITIATION SCHEMES FOR ENSURING HIGH-PERFORMANCE OPERATION OF CYCLIC-FLOW TECHNOLOGY CYCLIC LINK
S. N. Zharikov, V. A. Kutuev

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

80 МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ ФИНАНСОВОЙ СТРАТЕГИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
И. В. Наумов

85 ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В НАПРАВЛЕНИЯХ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
(In Russian, in English)
М. С. Кубарев

93 ГЕНЕЗИС ПОНЯТИЯ «СЛИЯНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ» В МИРОНАУЧНОМ ЗНАНИИ
Т. В. Решетникова, Ф. И. Валиева

97 СИСТЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ
Л. А. Мочалова, Д. А. Гриненко, В. В. Юрак

102 ЛЕСОСЫРЬЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА: СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В. Г. Логинов, М. Н. Игнатьева

ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА В РОССИИ

108 ВКЛАД УНИВЕРСИТЕТОВ ЮГА РОССИИ В ГОРНЫЕ НАУКИ
В. И. Голик, Ю. И. Разоренов

113 ВЕЙМАРН И АРТЕМЬЕВ: ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ДВУХ ГОРНЫХ ВУЗОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ
А. Г. Шорин

ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА НА УРАЛЕ

119 «СПОНТАННЫЙ ПОТОК МАТЕРИИ»
В. В. Филатов

ИСТОРИЯ УГГУ

121 РЕЧЬ, ПРОИЗНЕСЕННАЯ ПРИ ОТКРЫТИИ ЗАНЯТИЙ 5 НОЯБРЯ 1918 ГОДА
П. П. фон Веймарн

122 ЗДАНИЯ УРАЛЬСКОГО ГОРНОГО (ЗАКЛЮЧЕНИЕ)
А. Г. Шорин

АНОНС

128 БИБЛИОТЕКА Я. Б. КАЛЬНИЦКОГО В УГГУ

ECONOMIC SCIENCES

80 METHODICAL TOOLS FOR ASSESSING THE IMPLEMENTATION OF THE FINANCIAL STRATEGY OF THE TERRITORIAL SYSTEM
I. V. Naumov

85 EVOLUTIONARY CHANGES IN THE DIRECTIONS OF NATURE MANAGEMENT
(In Russian, in English)
M. S. Kubarev

93 GENESIS OF THE CONCEPT "MERGERS AND ACQUISITIONS" IN THE WORLD SCIENTIFIC KNOWLEDGE
T. V. Reshetnikova, F. I. Valieva

97 THE MANAGEMENT OF SOLID MUNICIPAL WASTE: DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE
L. A. Mochalova, D. A. Grinenko, V. V. Yurak

102 FOREST RESOURCES POTENTIAL OF THE URAL FEDERAL DISTRICT: THE STATE AND UTILIZATION
V. G. Loginov, M. N. Ignat'eva

HISTORY OF MINING IN RUSSIA

108 CONTRIBUTION OF UNIVERSITY OF SOUTH RUSSIA IN MINING SCIENCES
V. I. Golik, Yu. I. Razorenov

113 WEIMARN AND ARTEM'EV: OPPOSITION OF DIFFERENT PEDAGOGICAL SYSTEMS OF HIGHER EDUCATION ON THE EXAMPLE OFTWO MINING UNIVERSITIES IN THE PROCESS OF THEIR FORMATION
A. G. Shorin

HISTORY OF MINING IN THE URALS

119 "SPONTANEOUS FLOW OF MATTER"
V. V. Filatov

HISTORY OF THE URSMU

121 SPEECH AT THE OPENING OF TRAINING SESSIONS OF NOVEMBER 5, 1918
P. P. fon Weimarn

122 BUILDINGS OF THE URAL MINING UNIVERSITY (FINAL PART)
A. G. Shorin

ANNOUNCEMENT

128 YA. B. KAL'NITSKY'S LIBRARY IN THE URSMU

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 552.31.553.078 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-7-16

МАГМАТИЗМ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ СТРУКТУР УРАЛЬСКОГО СЕВЕРА

В. А. Душин

Magmatism and metallogeny of the transverse structures of the North Urals

V. A. Dushin

The article contains summarized results of the study of Late Paleozoic-Mesozoic magmatic complexes of the North Urals; there are three age levels of the plume-type intraplate magmatism: Permian-Triassic alkaline-acid (Torasoveysky, Levdievsky, Pon'insky complexes), Triassic-Jurassic trappean (Musyursky, Yatyinsky complexes), and Jurassic-Cretaceous alkaline-basite (Yalyayakhinsky, Marunsky, and Osoveisky complexes). The author shows their confinement to transverse disjunctive structures discordant to the general submeridional structure of the folded system. For the first time the author provides results of studying the isotope age of magmatites and describes their geochemical and metallogenic specializations. Thus, the Late Permian-Early Triassic stage is characterized by the manifestation of alkaline-acidic magmatism and associated mineralization of rare metal-albitite (Ta-Nb-Th-U) with gold and platinoids (Taykeusky, Longotsky deposits), quartz-fluorite and carbonate-fluorite (Amderminsky deposit), and gold-copper-molybdenum-porphyry (Levdievsky manifestation) formations. The ore objects of the Triassic-Jurassic stage due to the magmatism of trappean type are represented by small objects of gold-porphyry (Petropavlovsky deposit) formation, as well as by deposits of crystal, Iceland spar (Khasavarka, Pelin-gichey deposit) and agates (Harbeysky-Yagodny manifestation). The productivity of alkaline-basite-ultrabasite magmatism formations, attributed to manifestations of mantle and crust-mantle types, is of interest primarily for their probable diamond content (Nemziyakhinsky complex). In addition, alkaline-basite magmatism is promising for the manifestations of mercury, tungsten-mercury (Malotal'beysky, Sfinks manifestations), gold-quartz-sulfide with platinoids (Penzengoyakhinsky manifestation and others) and quartz-antimonite (Verkhnekhanmeisky, Slavkino ore manifestations) formations. The author makes a conclusion on the connection between the magmatism of the Urals and the processes that occurred in the foundation of the West Siberian plate.

Keywords: North Urals; tectonic structures; magmatic complexes; monzonites; dolerites; lamproites; rare metals; isotopic age.

Обобщены результаты изучения позднепалеозойско-мезозойских магматических комплексов Уральского Севера, выявлены три возрастных уровня проявления внутриплитного магматизма плюмового типа: пермско-триасовый щелочно-кислый (торасовейский, левдиевский, поньинский комплексы), триас-юрский траппoвый (мусюрский, ятьинский комплексы), юрско-меловой щелочно-базитовый (ялляхинский, марунский, осовейский комплексы). Показана их приуроченность к поперечным дизъюнктивным структурам, дискордантным к общему субмеридиональному плану складчатой системы. Впервые приведены результаты изучения изотоп-ного возраста магматитов и дана их геохимическая и металлогеническая специализации. Так, позднепермско-раннетриасовый этап характеризуется проявлением щелочно-кислого магматизма и связанного с ним оруденения редкометалльно-альбититовой (Ta–Nb–Th–U) с золотом и платиноидами (месторождения Тайкеуское, Лонготское), кварц-флюоритовой и карбонат-флюоритовой (месторождение Амдерминское), золото-медно-молибден-порфировой (проявление Левдиевское) формаций. Рудные объекты триас-юрского этапа в связи с магматизмом траппового типа представлены небольшими объектами золото-порфировой (месторождение Петропавловское) формации, а также месторождениями хрусталя, исландского шпата (месторождения Хасаварка, Пелингичей) и агатов (проявление Харбейское–Ягодное). Продуктивность щелочно-базит-ультрабазитового магматизма, относимого к проявлениям мантийного и корово-мантийного типов, интересна преж-де всего его вероятной алмазоносностью (немзияхинский комплекс). Кроме того, щелочно-базитовый магматизм перспективен на проявления ртутной, вольфра-мово-ртутной (проявления Малотальбейское, Сфинкс), золото-кварц-сульфидной с платиноидами (проявления Пензенгояхинское и др.) и кварц-антимонитовой (рудопроявления Верхнеханмейское, Славкино) формаций. Сделан вывод о связи магматизма Урала с процессами, протекавшими в фундаменте Западно-Сибирской плиты.

Ключевые слова: Уральский Север; тектонические структуры; магматические комплексы; монцониты; долериты; лампроиты; редкие металлы; изотопный возраст.

Уральская покровно-складчатая система характеризуется отчетливо выраженной меридиональной зональностью, которая традиционно определяется строением крупнейших элементов (Западно-Уральская, Центрально-Уральская и Восточно-Уральская мегазоны) в ее строении, которые принято отождествлять с Палеоконтинентальным (первые две) и Палеоокеаническим (Палеоостроводужным) секторами. Первый сложен аккретированными конструктивно-деструктивными комплексами доуралид и рифтогенно-склоновыми формациями палеозоя, в основании которых установлены гетерогенные блоки древней архей-палеопротерозойской (с модельными Sm–Nd и U–Pb возрастами 1,4–2,9 млрд лет) предположительно континентальной коры. Второй известен в литературе под названием Щучьинско-Войкарского и Северо-Тагильского блоков и включает в себя наряду с допалеозойскими комплексами меланократового основания (Малыкский, Дзеляюский сегменты) океанически-островодужно-коллизионные террейны раннего-среднего палеозоя [1, 2].

Начиная с сороковых годов XX в. в трудах многих крупных геологов (В. П. Горский, Ю. Е. Молдаванцев, В. А, Дедеев, И. С. Огаринов, С. Н. Волков, Н. П. Херасков, А. С. Перфильев, Ю. В. Чудинов и др.) обращалось серьезное внимание на наличие поперечной тектонической зональности в строении региона, особенно ярко проявившейся на Уральском Севере [2–9]. По мнению исследователей, эта зональность была связана с «влиянием северо-западных и субширотных структур эпибайкальского фундамента, сохранившего некоторую подвижность на протяжении палеозоя-мезозоя и кайнозоя» [5], формируя общую структуру «клавишного» типа [2, 10].

Наличие поперечной зональности отчетливо проявляется в геофизических полях, что отражено на специализированных уральских картах масштаба 1:1 000 000: («Глубинное строение земной коры Урала» – Н. Г. Берлянд, «Морфоструктурная карта Урала» – Н. Г. Чижова и «Металлогеническая карта Урала» – А. М. Мареичев и др.). В различных продольных зонах Урала поперечные структуры выражены по-разному, но практически везде их ограничения обусловлены проявлением тектонических нарушений глубинного характера, сопровождаемых сменой формаций и складчатых структур докембрия и палеозоя в пределах сопряга-

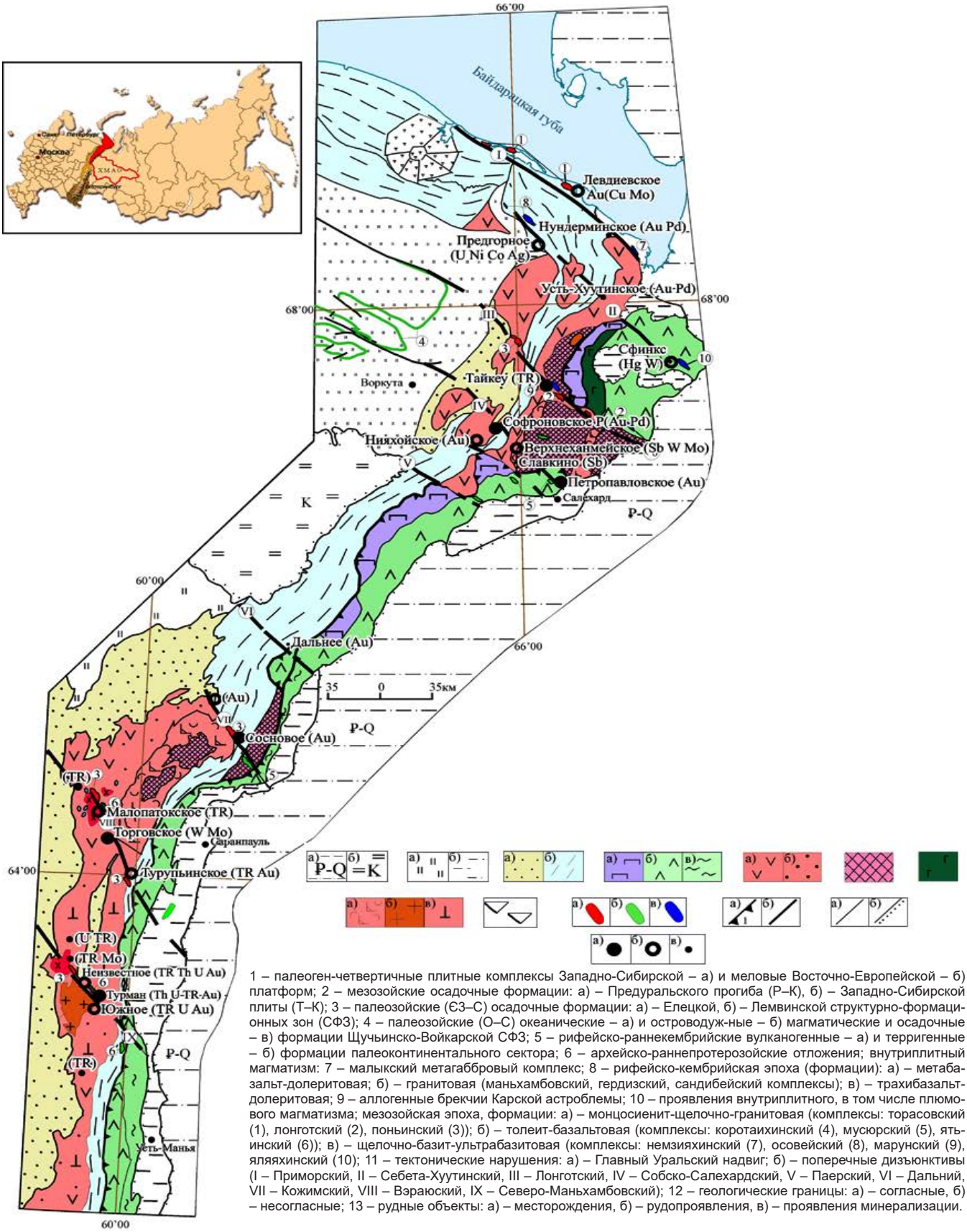


Рисунок 1. Структурно-формационная схема Уральского Севера с элементами металлогении.

ющихся блоков [5, 6, 9]. В связи с этим современный тектонический облик Уральского Севера во многом определялся развитием мезозойской блоковой тектоники, наложенной на палеозойские и более древние геологические структуры. Тектоническая активизация региона явилась следствием раннесреднемезозойских процессов, протекавших в пределах Западно-Сибирской плиты, имевших, по видимому, плюмовую природу (Сибирский суперплюм) и реализованных в интенсивной, в том числе блоковой,

перестройке земной коры в области сочленения Урала и Западно-Сибирской платформы [2, 3, 10].

Наиболее крупными поперечными разломами, фиксируемыми на рассматриваемой территории, являются системы Приморских (I), Себета-Хуутинских (II), Лонготских (III), Собско-Салехардских (IV), Паерских (V), Дальних (VI), Кожимских (VII), Вэраюских (VIII) и Северо-Маньхамбовских дизъюнктивов северо-западного (310°–320°) простирания [1, 7, 11], трассируемых, как показали наши исследования, магматизмом мезозоя (рис. 1). Данные структуры отчетливо выражены гидросетью, прекрасно дешифрируются и отражаются локальными аномалиями магнитного и гравитационного полей. Это, как правило, значительные по мощности (от первых до сотен метров и даже километров) зоны дробления, брекчирования и рассланцевания с зеркалами скольжения и обилием кварц-карбонатных, кварц-сульфидных и монокварцевых жил (мощностью до 2 м). Для них характерны сбросо-сдвиговые и сбросовые деформации и отмечается связь с неотектоническими дислокациями. Примером последних могут служить грабеновые системы оз. Большое Щучье и Малое Щучье, смещение по которым колеблется от 700 до 900 м (глубина оз. Щучье 136 м).

Если вопросы тектонического строения мезозойского этапа на Урале отражены во многих работах, то проблема индикаторного магматизма поперечных дизъюнктивных структур практически обойдена вниманием ученых. Дальнейшему изучению этой проблемы в связи с проявлением магматизма и специфической минерагении и посвящена данная работа.

В настоящее время в пределах Уральского Севера устанавливаются три специфических уровня проявления мезозойского магматизма, трассируемого крупнейшими северо-западными дизъюнктивами и коррелируемого с эпохами активности Сибирского суперплюма: пермо-триасовый щелочно-кислый, триасовый траппоидный и триас-юрско-меловой щелочно-базит-ультрабазитовый [2, 7].

Первый представлен группой комплексов монцосиенит-щелочно-гранитового формационного типа (торасовейский, левдиевский, поньинский комплексы), проявленных в системах Приморских, Лонготских, Кожимских, Вэраюских и Северо-Маньхамбовских дизъюнктивов, где слагают малые тела изометричной и линейной морфологии. Самый северный торасовейский сиенит-монцодиоритовый комплекс выделен О. П. Ушаковым (1961) и изучался геологами О. П. Ушаковым, 1961, М. В. Фишманом, Н. П. Юшкиным, Г. Я. Пономаревым, В. А. Душиным, М. А. Шишкиным [2, 12, 13]. Он имеет незначительное распространение только на побережье залива Торасовей, образуя два массива: Торасовейский и Левдиевский, приуроченные к зоне Приморского (Байдарацкого) глубинного разлома северо-западного простирания (рис. 1). Развалы и выходы пород Торасовейского массива имеют в плане изометричные формы размером 350 × 300 м и 240 × 250 м. Установлен непосредственный контакт с пермскими песчаниками и алевролитами, которые в зоне контакта мощностью 2 м ороговикованы [12, 13]. Выходы интрузий попадают в контуры положительных магнитной и гравиметрической аномалий. Поверхность массива по данным бурения вскрыта на глубине 130–200 м.

По составу массив довольно однороден и состоит в основном из кварцевых монцодиоритов и в подчиненном количестве из кварцевых диоритов, монцонитов.

Левдиевский массив исследовался Г. Я. Пономаревым [12] при бурении комплексной геофизической аномалии. Погребенная поверхность массива залегает на глубине 70–150 м. Скважинами массив прослежен на 8–10 км от побережья в глубь континента и на 12–14 км вдоль, имеет исходя из контура магнитной аномалии полукруглую форму. Состав массива разнообразен: преобладают кварцевые монцодиориты биотит-роговообманковые, меньшее развитие имеют сиениты, кварцевые сиениты и субщелочные граниты. Жильные образования представлены щелочно-полевошпатовыми сиенит-аплитами, кварцевыми сиенит-порфирами и субщелочными двуполевошпапатовыми гранит-порфирами, керсантитами. Контакты между слагающими массив породами, за исключением жильных, нечеткие, постепенные [12]. Наиболее распространенные породы – кварцевые монцодиориты – характеризуются плотным сложением, порфировидной и мелкозернистой структурами. В порфировых выделениях андезин An_{33-35}, общее его количество, включая основную массу, составляет 60–65 %; содержание кварца от 8 до 12 %; калиевого полевого шпата 5–17 %; амфибола около 3–5 %, а биотита до 10 %. Из акцессорных минералов широко развиты магнетит, апатит, флюорит, титанит, циркон, пирит, арсенопирит, шеелит, реже хромпикотит, молибденит, золото [7, 13]. В петрохимическом отношении магматиты характеризуются повышенными содержаниями щелочей, железа, а вариации кремнезема составляют 56–72 %, отвечая в целом известково-щелочной серии пород (табл. 1). Редко встречаемые граниты принадлежат калиевым субщелочным лейкогранитовым разностям.

Торасовейские «гранитоиды», судя по дискриминационной диаграмме в координатах Nb–Y (рис. 2, *е*), отвечают внутриплитным составам и формировались при значительной мощности коры (рис. 2, *д*).

Поведение лантаноидов (рис. 3) характеризуется весьма заметным преобладанием легких РЗЭ над тяжелыми при общем повышенном их содержании (ΣTR – 303,8 г/т).

Геохимический спектр пород обусловлен надкларковыми концентрациями Sb, Bi, Mo, U, As, Sn, Th, Cu и редких металлов (табл. 2). Металлогеническая специализация комплекса определяется проявлением золото-(медно-молибден)-порфирового оруденения. Золото размером до 0,05 мм (чешуйки, октаэдры, пробность низкая – 716) выявлено в березитизированных монцодиоритах среди молибденит-халькопиритовой минерализации (Левдиевский массив).

Возраст комплекса устанавливается, с одной стороны, на основании прорыва монцодиоритами раннепермских песчаников, а с другой – данными определения абсолютного возраста.

Так, для Левдиевского массива K–Ar методом по породе в целом, биотиту и калиевому полевому шпату определения лежат в пределах 228 ± 8–277 + 10 млн лет (13 проб), при этом 9 определений дают значения 228–257 млн лет, что, вероятнее всего, и соответствует возрасту массива. Для Торасовейского массива K–Ar методом были даны определения в 239 ± 34–244 ± 5 млн лет [12]. М. А. Шишкиным получены изотопные значения возраста по циркону (U–Pb SHRIMP II 241,8 ± 3,5 млн лет, что отвечает низам среднего триаса).

Лонготъюганский комплекс объединяет малые тела, сложенные микроклин-пертитовыми гранитами, аляскитами, лейкогранитами, граносиенитами, интрудирующими рифейско-вендские образования Харбейского и Порцелорского блоков (рис. 1). Массивы локализованы, главным образом, в крупных тектонических структурах северо-западного направления, таких как Лонготюганская и Яршор-Лаптаеганская, а также в узлах их сопряжения и пересечения, иногда совместно с телами полярно-уральского комплекса. Они, как правило, дискордантны к общей складчатости вмещающих пород, создавая иногда систему, напоминающую штокверк. Нередко дайки прорывают и сопрягаются с допалеозойскими магматитами евъюганского и сядатаяхинского комплексов, создавая сложные полиформационные интрузивные системы. Массивы представлены мелкими штоками 10 × 15 м, а преимущественно дайками (1–5 м × 700–800 м) и сериями сближенных малых уплощенно-линзовидных тел протяженностью в десятки и первые сотни метров при мощности от долей метра до 10–15 м. К наиболее крупным

Таблица 1. Средние химические составы пород (масс. %) магматических комплексов Уральского Севера.

Оксид	1**	2*	3*	4	5*	6*	7*	8	9
SiO_2	62,01	73,05	52,61	49,14	46,18	49,72	50,73	53,86	52,37
TiO_2	0,52	0,11	2,66	1,24	3,92	2,23	1,19	2,11	1,15
Al_2O_3	15,71	14,43	13,06	14,62	12,63	14,58	12,83	12,42	15,61
Na_2O	3,31	4,42	3,63	1,94	2,62	2,37	3,83	0,32	3,15
K_2O	4,04	4,21	2,63	0,94	0,35	1,93	3,80	4,07	4,52
CaO	4,43	0,71	2,94	6,96	4,52	6,98	6,01	2,22	2,83
P_2O_5	0,25	0,02	0,93	0,34	0,66	0,62	0,31	0,45	0,33
Fe_2O_3	3,37	1,10	5,92	7,92	8,70	7,43	4,45	0,20	8,45
FeO	1,99	0,55	5,26	6,81	6,47	7,04	9,91	12,56	3,12
MnO	0,09	0,04	0,24	0,18	0,27	0,20	2,57	0,11	0,20
MgO	3,26	0,41	4,89	8,47	8,55	5,42	5,68	5,96	6,46
П.п.п.	0,29	0,69	1,71	2,74	3,57	2,36	2,89	4,90	1,69
Сумма	99,65	99,96	100,30	99,96	100,48	100,16	99,19	99,94	99,95
Количество проб	13	7	3	2	3	6	2	2	2

Примечания: комплексы: 1 – торасовейский (монцосиенит), 2 – лонготюганский (лейкограниты), 3 – поньинский (монцодиориты), 4 – мусюрский (долериты), 5 – ятьинский (долериты), 6 – яляяхинский (эссексит-долериты), 7 – марунский (лампрофир), 8 – осовейский (брекчия трахитов), 9 – немзияхинский (лампроит). Количественный химический анализ выполнен в лаборатории Уральского государственного горного университета, рентгено-спектральный флуоресцентный анализ – в ИГиГ УрО РАН (*) и ИГ Коми НЦ УрО РАН (**).

из них можно отнести интрузии в районе руч. Мелкорыбный и р. Лонготюган, имеющие жилообразную морфологию размером 0,4 × 2 км, 1,7 × 3 км.

Лейкограниты – средне-мелкозернистые розовато-серой окраски породы массивные; микроструктура гипидиоморфнозернистая, гранитная, состав: плагиоклаз № 7–17 до 40 %, ортоклаз, микроклин до 40 %, кварц 30–35 %, биотит до 15 % иногда отмечается мусковит.

Граниты часто интенсивно калишпатизированы, альбитизированы, эгиринизированы. Разновидности рудоносных апогранитоидных метасоматитов включают: микроклиниты, квальмиты и кварцевые альбититы. К зонам подобных метасоматических изменений приурочены максимальные концентрации редких элементов. Гранитоиды принадлежат к субщелочным породам (рис. 2, *а*) с несколько повышенной глиноземистостью (табл. 1). Акцессорная минералогия представлена титанитом, цирконом, гранатом, пирохлором, торитом, молибденитом, магнетитом, гематитом, халькопиритом.

Распределение РЗЭ в породах отличает их от близких торасовейских составов несколько иной V-образной формой кривой при близком содержании легких и тяжелых лантаноидов и отчетливо выраженном европиевом минимуме (рис. 3). Общая сумма лантаноидов и иттрия составляет 127,2 г/т.

Геохимический спектр характеризуется повышенными содержаниями сурьмы, висмута, отчасти урана, тантала, олова. Граниты высокорадиоактивные, редкометалльные, существенно ториеносные и отвечают коллизионным (рис. 2, *е*) отчасти внутриплитным составам, вероятно плюмовой природы. Соотношение Rb–Sr свидетельствует об образовании их в пределах континентальной коры мощностью около 30 км (рис. 2, *д*). Гранитоиды комплекса относятся к А-типу коровых внутриплитных, либо посторогенных составов. Металлогения весьма выразительна и разнообразна. С ними генетически связаны месторождения Nb, Ta, непромышленные концентрации Mo, W, B, U (Тайкеуское, Усть-Мраморное, Лонготъюганское и рудопроявления Немурюганское, Крестовое и Каровое).

Возраст гранитоидов принимается позднепалеозойским, точнее, позднепермско-раннетриасовым? на основании радиологических датировок пород U–Pb методом (SHRIMP II, конкордия 266,8 ± 7,1 млн лет), а K–Ar метод по слюдам и КПШ датирует интервал 110–300 млн лет [7].

Поньинский монцогаббро-монцонитовый гипабиссальный комплекс предложен для группы небольших штоков, линзообразных тел и даек монцодолеритов, монцогаббро, монцонитов, монцосиенитов и редко сиенитов, закартированных в междуречье рек Щугор–Понья–Пеленья–Подчерем, а также установленных по результатам тематических исследований и выявленных в верховьях р. Туяхланья, в районе р. Вэраю и Кожимью. Размеры тел колеблются в пределах от 0,7 до 5–10 м по мощности и от десятков метров до 2 км по простиранию. Они приурочены в основном к эндо- и экзоконтактам Ильяизского [16] и Малопатокского массивов, где установлены в виде даек в осевой части интрузий и показаны Э. Г. Негурицей в северной части Тильтимьинской антиклинали. Характерна локализация пород в оперяющих структурах Северо-Маньхамбовского, Вэраюского и Кожимского поперечных разломов (рис. 1).

Петрофонд представлен преимущественно субщелочными породами (табл. 1), от монцогаббро и монцосиенитов (K_2O + Na_2O = 5,3–6,7 %) до субщелочных гранитов.

Монцогаббро и монцодолериты – скрытокристаллические породы черного цвета с раковистым изломом; микроструктура гипидиоморфнозернистая до монцонитовой; состав: плагиоклаз № 25–40 до 62 %, биотит до 18 %, ортоклаз, роговая обманка, в том числе отмечается арфведсонит. Характерны высокая титанистость для основных пород, пониженная глиноземистость и переменные содержания магнезии. Из акцессорных минералов установлены апатит, магнетит, ильменит, муассонит, ортит, титанит, рутил, циркон, пирохлор.

В распределении лантаноидов отчетливо установлено уменьшение тяжелых элементов относительно легких (La/Yb = 5,2–8,4) при высоком содержании РЗЭ (353,0 г/т). Европиевый минимум либо не отмечается, либо проявлен очень слабо (Eu/Eu* = 0,8–1,0).

Геохимически монцониты и монцодиориты характеризуются повышенными концентрациями Be, Y, Cr, As; рудная специализация проявлена для Ag, Bi (табл. 2). Кислые разновидности выделяются богатым спектром микроэлементов, выраженным в рудных содержаниях Ag, Te, Bi, высоких кларках концентрации Cr, Ni, повышенных Li, Be, Sc, Ti, V, Co, Cu, Zn, Sb, Cs. Породы обеднены Sr, Mo, Ta, Th. Исходя из геологической и петрогеохимической информации (рис. 2, *в*, *г*) геодинамическую обстановку (рис. 2, *в*, *г*) формирования пород комплекса можно определить как внутриплитную (рифтовую) при значительной (более 30 км) мощности коры (рис. 2, *д*).

Таблица 2. Средние содержания (г/т) элементов в магматических комплексах Уральского Севера.

Элемент	1**	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
	$X_{ср}$	$X_{ср}$	$X_{ср}$	$X_{ср}$	$X_{ср}$	$X_{ср}$	$X_{ср}$	$X_{ср}$	$X_{ср}$
Li	Н.о.	0,67	45,65	1,01	24,00	11,31	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Be	1,24	2,65	2,87	0,85	1,12	1,70	3,89	4,03	4,62
Sc	Н.о.	5,92	32,42	35,32	53,46	28,30	27,98	38,93	28,54
Ti	Н.о.	458,26	17778,72	5873,50	16207,67	9910,45	9010	20053,00	7469,76
V	123,50	4,40	199,50	305,72	393,44	319,14	288,21	200,50	251,25
Cr	58,90	18,79	45,66	153,79	79,75	77,24	184,14	33,42	802,09
Mn	Н.о.	283,21	2157,17	1324,75	1722,08	1360,43	4788,1	1485,30	1406,95
Co	Н.о.	1,43	21,79	33,81	48,71	37,88	47,71	33,69	44,07
Ni	Н.о.	7,09	30,76	58,52	78,49	40,06	93,12	18,19	189,85
Cu	Н.о.	28,15	35,70	58,32	185,58	47,35	10,83	15,81	57,87
Zn	191,50	12,69	154,84	74,91	170,74	121,37	137,75	217,66	146,63
As	9,07	0,95	193,47	0,20	6,40	1,30	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Rb	108,00	219,48	136,08	13,43	4,69	59,52	229,62	72,49	65,92
Sr	897,50	44,45	151,44	415,02	209,16	509,43	54,98	233,82	4156,6
Y	26,45	35,43	122,73	23,56	44,27	44,97	58,73	102,74	51,96
Zr	Н.о.	94,55	68,33	78,58	124,01	197,31	129,2	532,72	378,61
Nb	9,49	18,96	30,33	4,00	12,21	16,14	15,44	90,54	11,05
Mo	3,51	0,96	1,54	2,60	0,55	1,87	0,27	0,35	0,84
Ag	Н.о.	Н.о.	0,51	0,01	0,77	0,20	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Pd	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,02	1,68	3,27	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Sn	1,92	3,33	5,22	1,37	1,68	1,94	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Sb	1,13	1,18	2,39	0,25	0,45	1,34	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Ba	1940,00	324,10	516,25	231,54	855,57	665,57	1883,59	1299,57	10648,5
La	58,25	16,33	45,14	10,00	27,83	34,87	32,11	63,17	229,34
Ce	119,00	34,40	79,48	22,57	64,84	82,02	65,58	145,13	490,87
Pr	13,90	3,97	11,05	3,12	9,00	10,88	8,63	20,03	59,75
Nd	53,85	14,72	45,62	14,28	40,14	47,16	36,75	88,66	231,77
Sm	10,27	3,24	10,61	3,60	9,61	10,23	7,82	19,73	35,46
Eu	2,31	0,47	3,31	1,07	2,59	2,64	2,13	5,24	8,98
Gd	7,55	3,63	10,48	3,71	9,88	9,49	8,15	18,96	22,32
Tb	0,96	0,69	1,55	0,69	1,45	1,36	1,33	2,90	2,57
Dy	4,88	4,74	9,93	4,30	9,09	7,91	8,87	17,56	10,48
Ho	0,95	1,11	1,98	0,95	1,85	1,60	2,07	3,79	1,82
Er	2,31	3,49	5,54	2,62	4,98	4,42	5,65	9,88	4,82
Tm	0,38	0,57	0,74	0,40	0,67	0,65	0,87	1,44	0,56
Yb	2,40	3,88	4,34	2,55	3,94	4,28	6,61	9,43	3,64
Lu	0,34	0,58	0,58	0,38	0,58	0,67	1,13	1,39	0,53
Hf	5,80	3,82	3,07	2,15	3,66	4,69	3,26	11,84	9,05
Ta	0,87	4,15	3,20	0,24	0,75	1,09	0,79	4,80	0,52
W	1,09	0,50	4,06	0,67	1,03	0,79	0,28	0,36	0,74
Os	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,04	Н.о.	0,03	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Ir	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,04	0,01	0,05	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Pt	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,07	0,02	0,11	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Au	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,02	0,02	0,04	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Hg	Н.о.	0,06	Н.о.	0,10	Н.о.	0,42	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Tl	Н.о.	1,20	Н.о.	0,10	0,02	0,35	0,53	0,36	1,45
Pb	Н.о.	29,42	10,19	5,48	3,63	10,38	3,26	5,02	54,97
Bi	0,21	0,25	0,28	0,03	0,05	0,05	0,16	0,02	0,47
Th	25,45	16,57	3,51	1,05	3,84	3,87	5,54	5,25	46,79
U	16,95	5,97	1,93	0,34	0,55	1,69	1,35	1,57	38,21
Количество проб	3	7	3	2	3	6	1	2	2

Примечание: анализы ICP-MS выполнены в лабораториях ИГиГ УрО РАН (*) и ЦЛ ФГБУ ВСЕГЕИ (**); н. о. – элемент не определялся; номера 1–9 соответствуют комплексам табл. 1.

Металлогения обусловлена связью с малыми интрузиями проявлений редкометалльной формации, что хорошо согласуется с их геохимической специализацией.

Возраст комплекса принимается позднепермско-раннетриасовым на основании относительной «свежести» и дискордантности пород по отношению к вмещающим отложениям, интрудирующим раннепалеозойские гранитоиды, кроме того, Rb–Sr изотопное датирование устанавливает возраст пород в районе 250,3 ± 1,2 Ма, а U–Pb данные по цирконам показали значения моложе 338,1 млн лет [2].

Второй этап, практически совпадающий по времени проявления с предыдущим, и вызван трапповым магматизмом в пределах фундамента Западно-Сибирской и Восточно-Европейской платформ. Он представлен дайками и малыми линейными телами

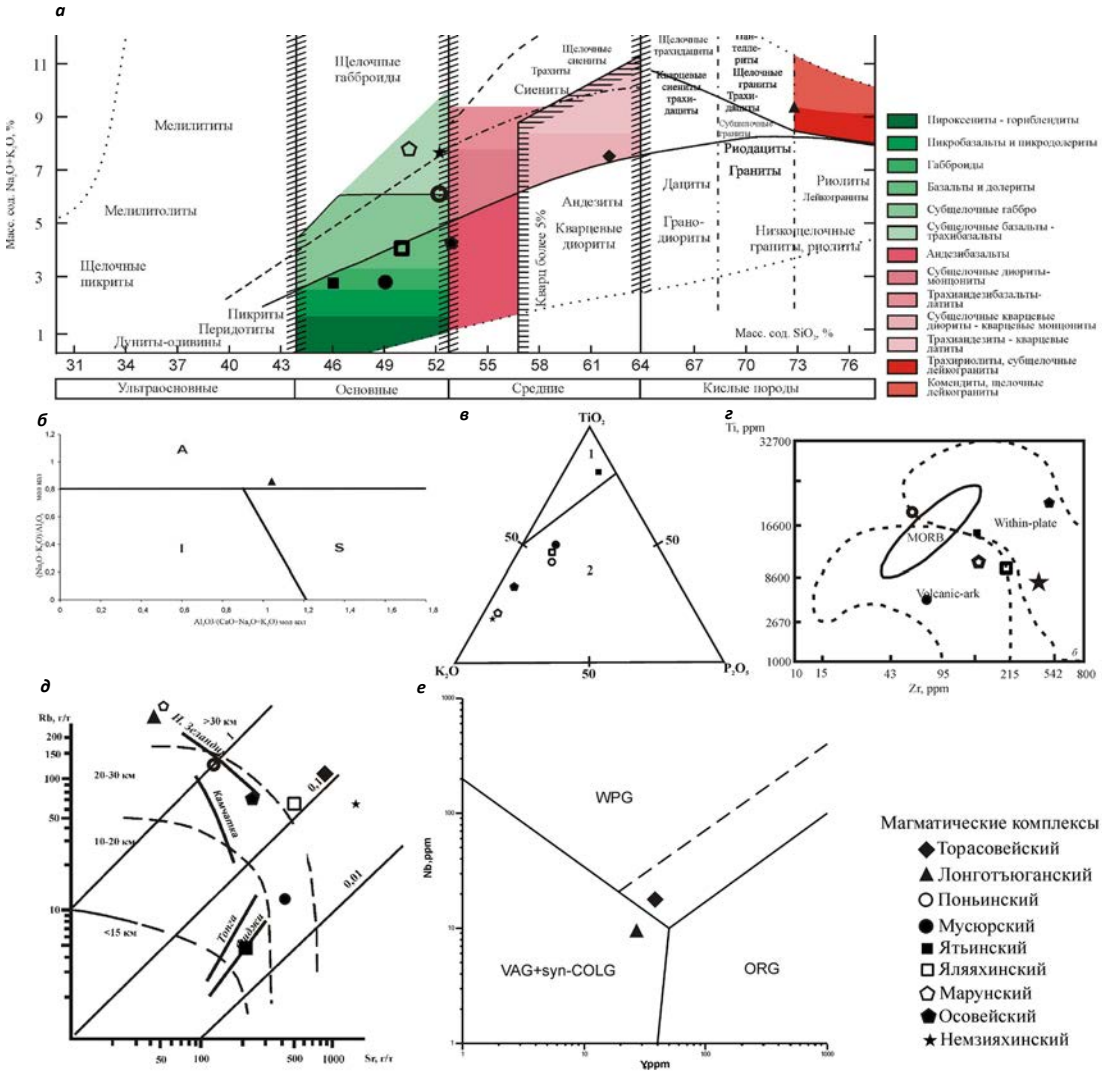


Рисунок 2. Классификационные (*а*, *б*) и дискриминационные (*в*–*е*) диаграммы пород мезозойских магматических комплексов: *а* – положение фигуративных точек пород комплексов на TAS; *б* – диаграмма для гранитоидов (I – продукты плавления магматических субстратов, S – продукты плавления метаосадочных субстратов, A – продукты плавления нижнекоровых гранулитов или дифференциаты щелочно-базальтоидных магм); *в* – диаграмма Т. Х. Пирса для базальтоидов (1 – океанические базальты, 2 – континентальные базальты) [14]; *г* – диаграмма Ti–Zr для базальтов (модификация Дж. Пирса, MORB – базальты срединно-океанических хребтов, Within-plate – внутриплитные базальты; Volcanic-ark – базальты вулканических дуг); *д* – соотношение Rb–Sr в магматических породах [15]; *е* – геодинамическая диаграмма Дж. Пирса для гранитоидов (ORG – граниты океанических хребтов, WPG – внутриплитные граниты, VAG – граниты вулканических дуг, syn-COLG – коллизионные граниты, пунктир – граница ORG для аномальных рифтов).

долеритов (ятьинский, мусюрский комплексы), трассирующих Лонготюганскую, Собско-Салехардскую, Пайерскую и, по-видимому, Северо-Маньхамбовскую, Кожимскую системы глубинных северо-западных нарушений и, вероятно, носит характер трансформного по отношению к осевому Обскому рифту [2, 7].

Мусюрский комплекс представлен дайками долеритов и габбродолеритов, а также их кварцсодержащими разновидностями. Локализован в Войкарской зоне, где простирание тел определяется приуроченностью к разрывным нарушениям северо-западной (Евъюганский разлом), редко северо-восточной ориентировок. Мощность даек от 10 см до 30–50 м, но обычно не превышает 1–5 м, протяженность их, как правило, от десятков и сотен метров до первых километров. Контакты с вмещающими породами активные с зонами закалки и рассланцевания в эндоконтактовой части, осложненные редкими апофизами и включениями ксенолитов. Зоны закалки имеют мощности от 1 до 5 см. Породы массивные, мелкозернистые, микроструктуры часто пойкилоофитовые и офитовые. Все долериты комплекса относятся к щелочно-известковой группе (табл. 1) и характеризуются сравнительно стабильными содержаниями K_2O (около 1 %) при отношении Na_2O/K_2O = 3–4,3 (рис. 2, *а*). Акцессорные минералы представлены хромшпинелидом, гранатом, корундом, рутилом, апатитом, муассанитом, цирконом, магнетитом, пиритом.

Геохимическая характеристика пород приведена в табл. 2. Тренд распределения лантаноидов (рис. 3) отличается прямолинейным характером с незначительным дефицитом тяжелых РЗЭ (La/Yb – 3,93) и практическим отсутствием европиевого минимума. Подобными трендами обладают долериты, сформированные в обстановке внутриконтинентальных рифтовых зон. Они характеризуются надкларковыми значениями Be, Au, Mo, Bi, околокларковыми – Y, Pb и нижекларковыми Li, Co, Ni, Zr, Nb, Th, U. Сумма редких земель составляет 93,76 г/т. Геодинамические диаграммы свидетельствуют об образовании долеритов в континентальных (рис. 2, *в*) условиях; отчасти они близки базальтоидам вулканических дуг (рис. 2, *г*), характеризуясь при этом, судя по соотношению Rb–Sr (рис. 2, *д*), значительными глубинами (около 30 км) генерации магм.

Подобный тип образований соответствует трапповой формации и может быть сопоставлен с красноселькупским комплексом Западно-Сибирской плиты, либо с траппоидами коротаи-

хинского комплекса Предуральского прогиба [2, 7]. С породами мусюрского комплекса ассоциируют месторождения и рудопроявления золото-кварц-сульфидной формации Новогодненской площади. Так, на месторождении Петропавловское, где наряду с метасоматитами березит-лиственитовой формации проявлены раннемезозойские аргиллизиты с золото-теллуридной минерализацией, которая контролируется дайками долеритов, завершая формирование золотоносных образований этой группы.

Возраст пород комплекса определяется как позднепермско-триасовый на основании интрудирования средневерхнедевонских осадков (карьер Петропавловского месторождения) и данных изотопно-геохронологических исследований (U–Pb SHRIMP II) по цирконам, показавших возраст долеритов моложе 290 млн лет, что позволяет отождествлять формирование долеритов мусюрского комплекса со временем тектономагматической рифтогенной активизации платформенного этапа развития региона [2].

Ятьинский долеритовый комплекс слагает серии субпараллельных меридионально вытянутых тел долеритов, габбродолеритов, пикродолеритов и небольших штоков того же состава, закартированных в районе тригопункта Ятья (649.8 м) и междуречии рек Няйсманья и Няйс. Петротипический шток «Ятья» (80 × 160 м) имеет в плане каплевидную форму. Его западный контакт с субвулканическими риолитами лаптопайской свиты и кислой пирокластикой саблегорской свиты (RF_3–V) резкий интрузивный под углом 55°–60° и с падением на восток, северный – также интрузивный, прорывающий базальт-риолитовый комплекс. Только по характеру флюидальности с элементами залегания аз. пад. 170°, ∠ 80° можно диагностировать его центриклинальное падение. Дайки, обнажающиеся в южной части штока «Ятья» и на высотах к югу, имеют мощность от 0,7 до 10 м. Они, как правило, субпараллельны с зонами закалки и милонитами, в междайковом пространстве интрудируют саблегорские отложения. Тела комплекса приурочены к наиболее ярко выраженному тектоническому шву субмеридионального (Ятьинско-Ойканьерский) направления. Подобные образования установлены в истоках р. Талтма и р. Вэраю, трассирующих северо-западные структуры (рис. 1).

Долериты – массивные скрытокристаллические породы черного цвета с офитовой и пойкилоофитовой микроструктурой; минеральный состав: основной – плагиоклаз 40 %, клинопироксен 45 %, оливин < 5 %, стекло < 5 %.

Минералогическим анализом выявлены следующие акцессорные минералы: титаномагнетит, ильменит, циркон, сфен, рутил, гематит, андалузит, анатаз, а также самородные – цинкистая медь, алюминий, медь и золото. Последние характерны для мезозойских магматитов и связанных с ними метасоматитов Полярного и Среднего Урала. По петрохимической классификации породы относятся к семейству основных (габбро) плутонических пород (SiO_2 = 45,5 %) нормальной щелочности ($Na_2O + K_2O$ = 2,97 %), натриевого типа с высокими содержаниями титана и магнезии (табл. 1, рис. 2, *а*).

Распределение РЗЭ характеризуется отрицательным уклоном (рис. 3) с плавным уменьшением концентраций тяжелых лантаноидов относительно легких (La/Yb = 7,06) при достаточно высоком содержании последних. Европиевая аномалия невыразительна. Сумма РЗЭ составляет 230,7 г/т.

Для геохимического спектра базитов ятьинского комплекса характерны высокие содержания лития, бериллия, скандия, серебра, висмута, РЗЭ, платиноидов (табл. 2) Возможная металлогеническая специализация комплекса на благородные и редкие металлы подтверждается геохимическими и минералогическими исследованиями.

На дискриминационных диаграммах долериты комплекса отвечают смежным областям океанических и островодужных базальтов (рис. 2, *в*, *г*) при небольшой глубинности (15–20 км) очага магмагенерации (рис. 2, *д*).

Возраст пород комплекса позднепермско-триасовый устанавливается на основании относительной «свежести» и дискордантности пород к вмещающим рифейско-вендским отложениям и коррелируемости их с аналогичными раннепермскими долеритами плитного чехла, а кроме того данные изотопно-геохронологических исследований показали возраст долеритов моложе конкордантных значений в 270 ± 24 млн лет (SHRIMP II U–Pb по цирконам).

Третий этап, также обусловленный проявлением внутриплитных процессов, во многом перекликается по времени с предыдущим, окончательно формируя поперечную зональность, и связан большей частью с эруптивной деятельностью магматизма щелочно-базит-ультрабазитового состава (яляяхинский, марунский, осовейский, немзияхинский комплексы) в узлах пересечения и сопряжения тех же северо-западных структур с дизъюнктивами субмеридионального направлений.

Яляяхинский комплекс объединяет слабопересыщенные щелочами интрузивные породы основного состава, прорывающие дорифейские отложения в Харбейском блоке и средне- и позднепалеозойские отложения янганапэйской свиты, а также девонские магматические образования юнъягинского комплекса в Щучьинском блоке (рис. 1).

В процессе проведения ГДП-200 установлены несколько выходов этих достаточно экзотических и очень свежих пород в истоках левого притока р. Парноеган, два тела в коренных выходах по р. Малый Сандибей и два выхода по ручью Костальбей и притокам р. Щучья. Во всех случаях это секущие дайки мощностью от 20 см до 1,5 м, имеющие северо-западное и северо-восточное генерализованное направления с активными закаленными контактами (вплоть до появления вулканического стекла) мощностью до 2 мм.

Протяженность даек достоверно не установлена в связи с закурумленностью водоразделов, но в некоторых случаях (р. Парноеган) она составляет не более 0,5 км. По-видимому, более мощные дайки, рассекающие, например, граниты Сандибейского массива (аз. пад. 20°, ∠ 60°), протягиваются более чем на километр, трассируя совместно с кварцевыми жилами зоны Лонготского и Себета-Хуутинского поперечных нарушений (рис. 1). Редкопорфировые эссексит-долериты обладают гиалопилитовой и офитовой микроструктурами; микрофенокристаллы (до 10 %) представлены авгитом и лабрадором (№ 54), а основная масса кроме авгита и плагиоклаза содержит до 40 % темно-бурого стекла [14]. Характерна лестничная отдельность и слабая дифференцированность от периферии к центру. Это черные афанитовые породы, иногда с очень тонкой сульфидной пленкой по трещинам, раковистым изломом, с характерным шелковистым блеском. Из акцессорных минералов установлены корунд, рутил, титанит апатит муассанит, циркон, титаномагнетит, магнетит, ильменит.

Породы яляяхинского комплекса принадлежат к основным породам умеренно-щелочного ряда калий-натриевой, реже калиевой серий и одновременно являются умеренно- и высокоглиноземистыми (al′ = 0,76–1,0). Эссексит-долериты по составу близки к средним эссекситам по Р. Дели, с повышенной до 1–1,2 % долей TiO_2. Согласно коэффициентам Н. Л. Добрецова они отвечают континентальным толеитам, а в координатах (K_2O–TiO_2–P_2O_5) Т. Х. Пирса [15] их фигуративные точки попадают в поле континентальных образований (рис. 2, *б–г*). При этом мощность коры при их генерации, судя по соотношению Rb–Sr (рис. 2, *д*), составляла более 30 км.

Геохимические особенности эссексит-долеритов (табл. 2) проявляются в надкларковых содержаниях платиноидов, золота, ртути, висмута, бериллия, сурьмы, серебра и других элементов.

Тренды распределения лантаноидов (рис. 3) отличаются интенсивно взгорбленным характером кривой со значительным дефицитом тяжелых РЗЭ (La/Yb = 8,15) и небольшими европиевыми минимумами (Eu/Eu* = 0,21–0,28). Для них характерен высокий уровень содержаний РЗЭ (263,1 г/т) что обычно для щелочных образований зон активизации платформ.

Возраст принят на основании геологических данных внедрения субщелочных долеритов после проявления метаморфических процессов, которые накладываются на вмещающие их породы, в том числе среднекаменноугольные, а также по полученным автором Sm–Nd возрастным датировкам, свидетельствующим о формировании их в интервале от 150 до 192 млн лет [2]. В связи с этим возраст комплекса определяется как позднетриасовый-раннеюрский, что свидетельствует о проявлении магматизма яляяхинского комплекса в платформенную стадию развития региона.

Марунский щелочно-базитовый (лампрофировый) комплекс выявлен нами в 1998 г. [6, 11] и объединяет калиевые базиты, прорывающие докембрийские и палеозойские вулканогенно-терригенные отложения в пределах Харбейского и Марункеуского блоков (рис. 2, *а*). Его структурная позиция определяется приуроченностью магматитов к жестким структурам AR–PR фундамента (Малыкско-Марункеуский щит) в пределах зон глубинных разломов северо-западного направления и оперяющих их трещин, (Лонготюганская система разломов). Здесь установлено несколько маломощных (0,2–1,5 м) тел субвертикального падения (аз. пад. 210°–230°, ∠ 80°–85°).

Породы имеют зеленовато-серую окраску, микроструктуры – порфировидная, местами брекчиевидная (в краевой части) и скрытокристаллическая (в зоне закалки). В шлифах обычно наблюдаются угловатые порфировидные выделения, представленные амфиболом и калиевым полевым шпатом. Интерстиции между зернами выполнены криптозернистым раскристаллизованным стеклом. Минеральный состав включает, %: полевой шпат – 30–60, амфибол – 20–30, биотит – 15–30, авгит – редкие знаки; кварц до 5, эпидот – 1, рудный минерал – 1. Акцессорные минералы: титанит, пирит, магнетит, хромшпинелиды, эпидот, апатит, карбонат меди, гранат (альмандин, реже пироп-альмандин), ильменит, рутил, циркон, муассанит (с включениями самородного Si), гематит, корунд, кианит, шпинель, ставролит. Кроме того, в лампрофировой брекчии обнаружены десятки мелких магнитных сферул, содержащих Fe, Cr и Ni, а также кремний (до 2 масс. %).

Лампрофир принадлежит к умеренно-щелочным основным разностям (поле умеренно-щелочных габброидов) и относится к умеренно-калиевому типу известково-щелочной серии. Отношение K_2O/Na_2O (2,5) и соотношение $CaO–SiO_2$ в брекчии характерны для средних лампроитов. Содержание SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, CaO, K_2O в породе соответствует минеттам, но в связи с вторичностью части биотита порода по своему минеральному составу ближе к вогезитам.

Геохимические особенности магматитов проявляются в аномально повышенных содержаниях Be, Rb, Bi, Th, U, Ba. Отношение Rb/Sr свидетельствует о формировании пород на континентальной коре мощностью более 30 км (рис. 2, *д*). Распределение редкоземельных элементов имеет плавное V-образное очертание (рис. 3) и характеризуется близостью в содержаниях тяжелых и легких лантаноидов с европиевым отношением около единицы (0,82–1,1 %). Сумма редких земель составляет 144–246 г/т, что близко к параметрам яляяхинского комплекса. В целом по содержанию микроэлементов и соотношению оксидов (рис. 2, *а*) породы соответствуют базитам калий-натриевой умеренно-щелочной серии континентальных областей растяжения, в том числе по концентрации U, Ce, Nd, Sm они аналогичны магматитам континентальных рифтов.

По своим петрографическим и петрохимическим параметрам породы относятся к группе роговообманковых лампрофиров (лампроитов?) и представляют собой продукт умеренно-щелочного магматизма, свойственного областям эпиплатформенного рифтогенеза, проявившегося на Урале в раннем мезозое. Радиологическое определение возраста K–Ar методом (по валовой пробе), проведенное А. А. Краснобаевым, дало значение в 210 ± 9 млн лет [2].

Немзияхинский лампроитовый комплекс предложен нами в 1998 г. для дайки лампроитов, прорывающей венд-кембрийские базальты в нижнем течении р. Немзияха [2, 10], последняя выполняет мелкую оперяющую структуру Приморского разлома северо-западного простирания. Петротип описан в обнажении в левом борту р. Немзияха, мощность тела 0,4 м. Наблюдается резкий контакт (аз. пад. 150°, ∠ 65°) с выраженной зоной закалки.

Порода серая с розоватым оттенком, массивная, мелкозернистая. Структура порфировидная, микроструктура пойкилогипидиоморфнозернистая, обусловленная как наличием выделений диопсида, так и присутствием в крупных фенокристаллах калиевого полевого шпата (санидин, ортоклаз), включений идиоморфных зерен флогопита и хромсодержащего клинопироксена.

Породы принадлежат к основным умереннощелочным высококалиевым умеренноглиноземистым разностям (табл. 1). Петрохимические характеристики, в том числе по соотношениям $SiO_2–MgO$; CaO–MgO, $K_2O–MgO$, соответствуют лампроитам. По содержанию РЗЭ (1154,8 г/т) и соотношению La/Yb = 70 лампроит немзияхинского комплекса близок к лампроитам рифтогенной активизации (La/Yb – 77–181) в отличие от южноуральских лампроитоидов, которые соответствуют коллизионному типу (La/Yb – 19–41). Отличием от классических лампроитов являются обедненность Zr, Rb, Hf, Nb, Ni и повышенные концентрации U (21 г/т), Tb, Lu, V. Изотопные характеристики пород немзияхинского комплекса имеют только отрицательные значения εNd: –17,8 при отношении 87 Sr/86 Sr–0,704682, отвечая тем самым компонентам обогащенной мантии EM1, который иногда рассматривается как первичный компонент мантийных плюмов [7]. Породы характеризуются надкларковыми концентрациями большинства элементов, особенно бериллия, олова, висмута лантаноидов, свинца, урана и тория (табл. 2). На дискриминационных диаграммах (рис. 2, *в*, *г*) фигуративные точки пород попадают в поля внутриплитных образований. Из акцессорных минералов в породе установлены хромит, гранат (пироп), корунд, рутил, титанит, муассанит, циркон, апатит, пирит, магнетит, золото, самородная медь, сфалерит, шарики свинца, железа и никеля [2, 10].

Минералого-петрохимические параметры комплекса определяют их как орендиты – диопсид-санидин-флогопитовые лампроиты, сформировавшиеся в условиях внутриплитной мезозойской рифтогенной активизации. Несмотря на то что алмазы на сегодняшний день встречены только в оливиновых лампроитах, присутствие лампроитового магматизма на территории Полярного Урала может служить положительным критерием перспектив алмазоносности территории [2].

По геохронологическим данным возраст определяется как раннеюрский 195 ± 5 млн лет (K–Ar метод, ИГГ УрО РАН), 190 ± 25 млн лет (метод Sm–Nd, ЦАЛ ВСЕГЕИ) [11].

Осовейский комплекс щелочных базальтоидов-трахитов объединяет насыщенные и пересыщенные щелочами раннемезозойские ультракалиевые вулканокластиты, прорывающие палеозойские породы харапэшорской свиты, локализуясь в узле пересечения субмеридионального (Осовейский) и северо-западного (Себета-Хуутинский) нарушений (рис. 1). Петротип комплекса описан в обнажениях р. Харапэшор, где два экструзивных тела интрудируют базальтовые покровы раннего-среднего палеозоя (харапэшорская свита). Породы представлены брекчиями калиевых трахитов. Экструзивные тела (трубки) имеют эллиптическую форму и размеры 150 × 200 м и 50 × 40 м.

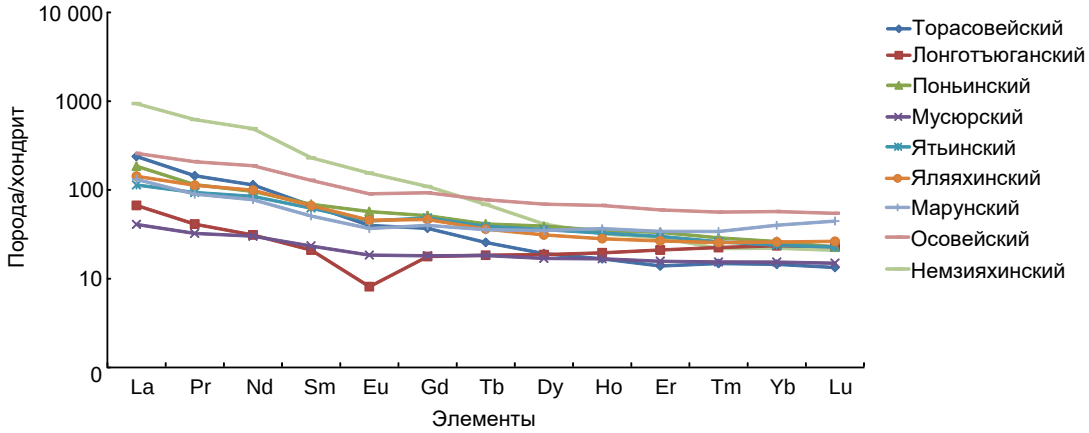


Рисунок 3. Спайдер-диаграмма распределения РЗЭ в магматических породах по комплексам.

Породы темно-серые с брекчиевой текстурой и порфировой структурой. Обломки и отдельные участки пород обладают трахитовой микроструктурой, цемент скрытокристаллический лавовый. Обломки и порфировые включения составляют до 70 % породы и представлены магматическими породами с трахитовой, невадитовой микроструктурами, ортоклазом, реже кварцем. Минеральный состав, %: ортоклаз и альбит – 20–50, вулканическое стекло большей частью девитрифицированное, хлоритизированное – 5–15, эпилейцит, редкие зерна амфибола и моноклинного пироксена, отмечается оливин. Вторичные минералы – биотит лучистого облика, хлорит, карбонат, эпидот, кварц. Из акцессорных минералов преобладают ильменит и титанит, в меньшей степени распространены магнетит, гранат (андрадит), хромшпинелиды, муассанит, рутил, корунд, циркон, апатит, лейкоксен; эпигенетические – барит, галенит, пирит.

Экструзивные породы принадлежат к классу основных и отчасти средних, они умеренно щелочные, калиевой серии (табл. 1). Брекчии как низко-, так и умеренноглиноземистые среднемагнезиальные. Очень низкая степень окисления железа указывает на глубинность их происхождения. По соотношению Na_2O/K_2O и al′ породы близки к шонкинитам, лейцитовым тефритам и базанитам.

Геохимические особенности пород характеризуются повышенными содержаниями таких элементов, как бериллий, тантал, лантаноиды, висмут, цирконий, скандий (табл. 2) По концентрации литофильных и почти всех РЗЭ (510,0 г/т) брекчии близки к трахитам современных континентальных рифтов (Эфиопия), отличаясь повышенными концентрациями Sc, Co, Ba, U и пониженными Cr, Zr, Hf, La, Th. Соотношение Rb/ Sr указывает на формирование пород на коре переходного типа мощностью 20–30 км (рис. 2, *д*). Изотопные характеристики брекчий, трахитов имеют отрицательные значения (–9,5–9,7) при отношениях Sr^{87}/Sr^{86} 0715429, отвечая компонентам обогащенной мантии [2, 7, 10].

По своим петрографическим, минералогическим и петрохимическим особенностям брекчии являются преимущественно трахитовыми и принадлежат к формации щелочных базальтоидов, лейцитофиров и щелочных трахитов калиевого ряда, характерных для внутриплитной обстановки типа «горячих точек».

Изотопные датировки радиологического возраста (ЦАЛ ВСЕГЕИ) методом Sm–Nd показали значения 107 ± 71 млн лет, Rb–Sr – 81 ± 38,5 млн лет, Pb^{207}/Pb^{206} по цирконам – 100 млн лет, что позволяет считать возраст осовейского комплекса с определенной долей условности раннемеловым [2].

Таким образом, в пределах горной части Уральского Севера широким развитием пользуется позднепалеозойско-мезозойский магматизм, реализованный в виде дайковых серий и малых интрузий сложной морфологии, включающий и штокообразные тела, трассирующие поперечные к Уралу глубинные разломы северо-западного направления. Последние представляют собой зоны дезинтеграции, рассланцевания, катаклаза, имеющие мощность от десятка метров до первых километров, ограничивающих крупные разновозрастные и геодинамически разнородные блоки как фундамента, так и палеозойского чехла. Эти структуры фиксируются в геофизических полях отчетливыми аномалиями ΔT и Δg. Их линейный характер обусловлен наиболее молодыми позднепалеозой-мезозойскими дислокациями клавишного типа, вызванных коллизионно-рифтогенными внутри- и окраинноплитными событиями в пределах формировавшегося Евразийского суперконтинента. Большинство из поперечных структур трассировалось разновозрастным (пермь–мел) щелочно-кислым, толеитовым и щелочно-базит-ультрабазитовым магматизмом, по-видимому, плюмовой природы. Их формирование обусловлено непосредственным влиянием позднепалеозойско-мезозойского траппового магматизма (Сибирский суперплюм), определившим геодинамику и во многом металлогению рассматриваемого региона. Так, позднепермско-раннетриассовый этап характеризуется проявлением щелочно-кислого магматизма и связанного с ним оруденения редкометалльно-альбититовой (Ta–Nb–Th–U) с золотом и платиноидами (месторождения Тайкеуское, Лонготское), кварц-флюоритовой и карбонат-флюоритовой (месторождение Амдерминское), золото-медно-молибден-порфировой (проявление Левдиевское) формаций. Рудные объекты триас-юрского этапа в связи с магматизмом траппового типа (ятьинский, мусюрский комплексы) представлены мелкими объектами золото-порфировой (месторождение Петропавловское) формации, а также месторождениями хрусталя, исландского шпата (месторождения Хасаварка, Пелингичей) и агатов (проявление Харбейское–Ягодное). Продуктивность щелочно-базит-ультрабазитового магматизма, относимого к проявлениям мантийного и корово-мантийного типов, интересна прежде всего его вероятной алмазоносностью (немзияхинский комплекс). Кроме того, магматизм данного этапа (яляяхинский, марунский комплексы) продуктивен на проявления ртутной, вольфрамово-ртутной (проявления Малотальбейское, Сфинкс), золото-кварц-сульфидной с платиноидами (проявления Пензенгояхинское и др.) и кварц-антимонитовой (рудопроявления Верхнеханмейское, Славкино) формаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Душин В. А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора Севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
2. Душин В. А., Остроумов В. Р., Малюгин А. А. и др. Потенциальная алмазоносность Полярного Урала. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 200 с.
3. Волков С. Н. О геотектоническом районировании восточного склона Полярного и Приполярного Урала // Материалы годичной сессии ученого совета ВСЕГЕИ по результатам работ 1959 г. Л., 1960. С. 14–22.
4. Грязнов О. Н., Душин В. А., Макаров А. Б. и др. Геологические формации

и история развития горной части Полярного Урала // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1986. Т. 61, вып. 4. С. 30–60.
5. Горский В. П., Молдаванцев Ю. Е. Принципы тектонического районирования Урала на основе блокового строения его фундамента // Тез. докл. совещ. по проблемам тектоники. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 47–58.
6. Дедеев В. А. Фации и геологическая история среднего палеозоя восточного склона Полярного Урала (Щучьинский синклинорий) // Тр. Всесоюз. нефт. исслед. геологоразвед. ин-та. 1959. Вып. 131, геол. сб. 4. С. 5–15.
7. Душин В. А. Магматизм поперечных структур Уральского Севера // Горные ведомости. 2016. № 5-6. С. 86–101.
8. Огаринов И. С. Секущие Урал структуры и их роль в развитии Уральской геосинклинали // Глубинное строение Урала. М.: Наука, 1968. 215 с.
9. Хераскoв Н. П., Перфильев А. С. Основные черты тектоники Урала // Тез. докл. совещ. по проблемам тектоники. 1961. Т. 136, № 4. С. 176–184.
10. Душин В. А. Мезо-кайнозойский магматизм, геодинамика и проблемы коренной алмазоносности Приполярного Урала // Новые идеи в науках о Земле: материалы IV Междунар. конф. М., 1999. Т. 1. С. 176.
11. Беляков Л. Н., Дембовский Б. Я. Основные черты структурно-тектонического районирования Тимано-Уральской области // Докл. АН СССР. 1982. Т. 226, № 6. С. 1437–1440.
12. Пономарев Г. Я., Романова Н. В. Герцинский магматизм Байдарацкой зоны разломов // Докл. АН СССР. 1983. № 3. С. 876–881.
13. Фишман М. В. Юшкин Н. П. Проблемы металлогении Европейского Северо-Востока // Тр. Коми ФАН СССР. 1980. Вып. 57. С. 3–21.
14. Condie K. C. Archaean magmatism and crustal thickening // Geol. Soc. Am. Bull. 1973. Vol. 84, № 9. P. 2981–2992.
15. Pearce T. H., Gorman B. E., Birkett T. C. The TiO_2-K_2O-P_2O_5 diagram: a method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts. Earth and Planetary Science Letters 24. 1975. P. 419–426.
16. Калиновский А. В. Редкометалльные комплексы Маньхамбовского металлогенического района на Северном Урале: препринт. Сыктывкар: Коми НЦ АН СССР, 1990. 23 с.

REFERENCES

1. Dushin V. A. 1997, *Magmatizm i geodinamika paleokontinental'nogo sektora Severa Urala* [Magmatism and geodynamics of the paleocontinental sector of the North of the Urals], Moscow, 213 p.
2. Dushin V. A., Ostroumov V. R., Malyugin A. A. et al. 2014, *Potentsial'naya almazonosnost' Polyarnogo Urala* [Potential diamond content of the Polar Urals], Ekaterinburg, 200 p.
3. Volkov S. N. 1959, *O geotektonicheskom rayonirovanii vostochnogo sklona Polyarnogo i Pripolyarnogo Urala* [On geotectonic zoning of the eastern slope of the Polar and Subpolar Urals]. *Materialy godichnoy sessii uchenogo soveta VSEGEI po rezul'tatam rabot 1959 g.* [Materials of the annual session of the Scientific Council of All-Russian Scientific Research Geological Institute on the results of 1959 works], Leningrad, pp. 14–22.
4. Gryaznov O. N., Dushin V. A., Makarov A. B. et al. 1986, *Geologicheskie formatsii i istoriya razvitiya gornoy chasti Polyarnogo Urala* [Geological formations and the history of the development of the mountainous part of the Polar Urals]. Byul. MOIP. Otd. geol. [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Geological Department], vol. 61, no. 4, pp. 30–60.
5. Gorskiy V. P., Moldavantsev Yu. E. 1962, *Printsipy tektonicheskogo rayonirovaniya Urala na osnove blokovogo stroeniya ego fundamenta* [Principles of tectonic zoning of the Urals on the basis of the block structure of its foundation]. *Tezisy dokl. soveshch. po problemam tektoniki* [Abstract reports of the meeting on problems of tectonics], Moscow, pp. 47–58.
6. Dedeev V. A. 1959, *Fatsii i geologicheskaya istoriya srednego paleozoya vostochnogo sklona Polyarnogo Urala* (Shchuch'inskiy sinklinoriy) [Facies and geological history of the Middle Paleozoic of the eastern slope of the Polar Urals (Shchuchin synclinorium)]. *Tr. Vsesoyuz. neft. issled. geologorazved. in-ta* [The Third All-Union Petroleum Research of the Geological Prospecting Institute], vol. 131, no. 4, pp. 5–15.
7. Dushin V. A. 2016, *Magmatizm poperechnykh struktur Ural'skogo Severa* [Magmatism of the transverse structures of the Ural North]. *Gornye vedomosti* [Mining records], no. 5-6, pp. 86–101.
8. Ogarinov I. S. 1968, *Sekushchie Ural struktury i ikh rol' v razvitii Ural'skoy geosinklinali* [Secular Urals structures and their role in the development of the Ural geosyncline]. *Glubinnoe stroenie Urala* [Deep structure of the Urals], Moscow, 215 p.
9. Kheraskov N. P., Perfil'ev A. S. 1961, *Osnovnye cherty tektoniki Urala* [The main features of the tectonics of the Urals]. *Tez. dokl. soveshch. po problemam tektoniki* [Abstract report of the meeting on problems of tectonics.], vol. 136, no. 4, pp. 176–184.
10. Dushin V. A. 1999, *Mezo-kaynozoyskiy magmatizm, geodinamika i problemy korennoy almazonosnosti Pripolyarnogo Urala* [Mesozoic-Cenozoic magmatism, geodynamics and problems of radical diamondiferousness of the Subpolar Urals]. *Novye idei v naukakh o Zemle: materialy IV Mezhdunar. konf.* [New ideas in the Earth sciences: materials of the IV International Conference], Moscow, vol. 1, pp. 176.
11. Belyakov L. N., Dembovskiy B. Ya. 1982, *Osnovnye cherty strukturno-tektonicheskogo rayonirovaniya Timano-Ural'skoy oblasti* [The main features of the structural-tectonic zoning of the Timan-Ural region]. *Doklady Akademii nauk SSSR* [Doklady Earth Sciences], vol. 226, no. 6, pp. 1437–1440.
12. Ponomarev G. Ya., Romanova N. V. 1983, *Gertsinskiy magmatizm Baydaratskoy zony razlomov* [Hercynian magmatism of the Baydaratsky fault zone]. *Doklady Akademii nauk SSSR* [Doklady Earth Sciences], no. 3, pp. 876–881.
13. Fishman M. V. Yushkin N. P. 1980, *Problemy metallogenii Evropeyskogo Severo-Vostoka* [Problems of metallogeny in the European North-East]. *Tr. Komi FAN SSSR* [Proceedings of the Komi FAN USSR], no. 57, pp. 3–21.
14. Condie K. C. 1973, Archaean magmatism and crustal thickening. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 84, no. 9, pp. 2981–2992.
15. Pearce T. H., Gorman B. E., Birkett T. C. 1975, The TiO_2-K_2O-P_2O_5 diagram: a method of dis-criminating between oceanic and non-oceanic basalts. Earth and Planetary Science Letters, no. 24, pp. 419–426.
16. Kalinovskiy A. V. 1990, *Redkometall'nye kompleksy Man'khambovskogo metallogenicheskogo rayona na Severnom Urale* [Rare metal complexes of the Man'khambovsky metallogenic region in the Northern Urals], Syktyvkar, 23 p.

Владимир Александрович Душин
Vladimir.Dushin@m.ursmu.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Vladimir Aleksandrovich Dushin
Vladimir.Dushin@m.ursmu.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

УДК 564.8:552.4(470.5) DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-17-23

О НАХОДКЕ БРАХИОПОДЫ В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГРАНАТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

К. С. Иванов, Г. Н. Бороздина, Е. В. Бурлаков, Ю. В. Ерохин, Д. А. Клейменов, Л. И. Мизенс, В. Н. Смирнов

On the finding of brachiopod in metamorphic garnet-bearing rocks on the Middle Urals

K. S. Ivanov, G. N. Borozdina, E. V. Burlakov, Yu. V. Erokhin, D. A. Kleimenov, L. I. Mizens, V. N. Smirnov

The authors provide paleontological and mineralogical description of the finding of the brachiopod of Atrypinae gen. et sp. indet. of the Silurian (Llandovery) – Late Devonian (Frasnian) age in a well-formed garnet-almandine crystal. Field geologist D. L. Suslov was the one who found the brachiopod in high-aluminous gneisses in Verkholovsky garnet mine, which is a part of the Evgenie-Maximilianovsky (Palkinsky) mineral mines located in the southeastern part of the Verkhisetsky granite batholite, on the territory of the historical-landscape park "Istoki Iseti". The Verkholovsky garnet mine is located on the southern slope of Pup Mountain, about 6 km west of Ekaterinburg city, on the eastern slope of the Middle Urals. The stock of the Ural Geological Museum stores the sample containing the brachiopod imprint, its measures are 3 × 2.2 × 1.6 cm and it looks like a parallel aggregate of several garnet-almandine crystals. Main habitus forms of the garnet individuals are rhombododecahedron d{110} and tetragontrioctahedron n{211}, the latter forming thin facets of the rhombododecahedron edges. The shell imprint is not in the garnet crystals, but in the base of the sample, among the fine-grained light-brown mass, whose thickness is not more than 2–3 mm. The fine-grained mass previously probably was a carbonate matrix of the brachiopod, and during the growth of the garnet at the border of two heterogeneous media (carbonate and silicate), a local metasomatic process of substituting the garnet aggregate for the primary (carbonate) substance manifested. The article also contains a brief geological sketch of the place of the finding and an overview of information about other similar findings. Chemical U-Th-Pb-dating allowed to determine the age of monazite inclusions in garnet (344 million years).

Keywords: brachiopod; metamorphic rocks; garnet; granites.

Приводится палеонтологическое и минералогическое описание находки отпечатка брахиоподы Atrypinae gen. et sp. indet. силурийско (ландовери)-позднедевонского (фран) возраста в хорошо образованном кристалле граната-альмандина. Находка брахиоподы была сделана полевым геологом Д. Л. Сусловым в высокоглиноземистых гнейсах в Верхоловской гранатовой копи, входящей в состав Евгение-Максимилиановских (Палкинских) минеральных копей, расположенных в юго-восточной части Верхисетского гранитного батолита, на территории историко-ландшафтного парка «Истоки Исети». Верхоловская гранатовая копь расположена на южном склоне горы Пуп, примерно в 6 км западнее города Екатеринбурга, на восточном склоне Среднего Урала. Образец, содержащий отпечаток брахиоподы, хранится в фондах Уральского геологического музея, имеет размеры 3 × 2,2 × 1,6 см и представляет собой параллельный сросток нескольких кристаллов граната-альмандина. Основными габитусными формами индивидов граната являются ромбододекаэдр d{110} и тетрагонтриоктаэдр n{211}, причем последний образует тонкие грани на ребрах ромбододекаэдра. Отпечаток раковины находится не в кристаллах граната, а в основании образца, среди тонкозернистой светло-коричневой массы, мощность которой не более 2–3 мм. Тонкозернистая масса, вполне вероятно, ранее представляла собой карбонатную матрицу брахиоподы, и во время роста граната на границе двух разнородных сред (карбонатной и силикатной) реализовался локальный метасоматический процесс замещения первичного (карбонатного) вещества агрегатом граната. В статье приводится также краткий геологический очерк места находки и обзор сведений о других подобных находках. Методом химического U–Th–Pb-датирования установлен возраст включений монацита в гранате (344 млн лет).

Ключевые слова: брахиопода; метаморфические породы; гранат; граниты.

Посвящается памяти геолога Дмитрия Леонидовича Суслова

Об авторе находки Д. Л. Суслове

Необходимо рассказать об авторе этой находки Дмитрии Леонидовиче Суслове. Он родился 17 октября 1949 г. в г. Реж Свердловской области, вскоре семья ветерана Великой Отечественной войны переехала в г. Свердловск. Со школьных лет Дмитрий увлекался геологией, с любовью собирал и систематизировал минералы и горные породы. Этому его обучали в юношеской геологической партии «Глобус» во Дворце пионеров и школьников. После окончания школы Дмитрий поступил в Миасский геологоразведочный техникум, который окончил в 1969 г. После распределения уехал в Хабаровский край, там же отслужил в армии (1969–1971). Затем вернулся к родителям на Урал и поступил на работу в Уральскую геолого-съемочную экспедицию, в которой проработал до самой своей преждевременной кончины в 2013 г. В 1980 г. Дмитрий Леонидович заочно окончил Свердловский горный институт.

Талантливый геолог, настоящий товарищ, верный друг и опытный полевик, Дмитрий Леонидович обладал невероятным чутьем на поиски руд и редких минералов. О таких говорят, что он фартовый с рождения. Но не только внутреннее чутье, а большей частью знания и опыт помогали Дмитрию Леонидовичу в его больших и маленьких открытиях, которым он радовался с детской непосредственностью. Дмитрий Леонидович был невероятно ответственным специалистом, поэтому ему поручались самые сложные участки работ при геолого-съемочных работах. Последняя должность Дмитрия Леонидовича в Уральской геолого-съемочной экспедиции – ведущий геолог Мурзинской геолого-поисковой партии.

Дмитрий Леонидович Суслов

С ранних лет Дмитрий Леонидович писал стихи, принимал участие в «Поэтических марафонах» 2006–2011 гг., издал 3 сборника стихов. Его лирический герой сочетает в себе философствующего, раздумчивого, романтичного, влюбленного в жизнь и природу, бесшабашного и веселого человека. Сам о себе он написал:

«У моей судьбы каприз:
Бутерброд мой махом вниз.
Ну а я мужик веселый,
Подниму его я с полу».

Задача этой статьи – не дать уйти памяти об этом хорошем человеке и геологе и еще раз показать, что поиски фауны в метаморфических породах хотя и требуют большого умения, удачи, огромных затрат сил, но все же возможны.

Введение

Находки фауны в глубокометаморфизованных породах в мире известны, но они единичны и всегда привлекают большое внимание геологов [1–9, 10–13 и др.]. Например, интересна статья В. Бухера [13], которая являлась сводкой всех известных на тот момент местонахождений фауны в метаморфических породах. Автор приводит изображения и описания условий нахождения и степени сохранности раковин и скелетов, открытых различными исследователями в породах, обладающих высокой степенью метаморфизма. Так в Вермонте (США) в кварц-биотит-мусковитовых сланцах с ортоклазом, олигоклазом и силлиманитом обнаружен отпечаток *Spirifer murchisoni*. Раковина сохранила форму, ребра, следы прикрепления игл, линии роста и другие мелкие детали скульптуры. В подобных слюдистых сланцах девона обнаружены стебли и чашечки морских лилий. В Северных Аппалачах (США, Нью-Гемпшир) в слоях мрамора обнаружены силурийские кораллы, а во вмещающих кварц-хлорит-серицитовых сланцах и гнейсах найдено два отпечатка раковин *Spirifer*. Один из отпечатков обнаружен в метаморфизованной конкреции доломита, залегающей в слюдисто-силлиманитовых сланцах. Другой отпечаток *Spirifer* обнаружен в гнейсах, состоящих (%) из кварца (65), андезин-лабрадора (12), граната (8) и биотита (13), а такж других минералов (2) [13].

Этим перечень не заканчивается, так, несколько находок сделано в Альпах и других регионах. Всех исследователей удивляло, что перекристаллизация пород не затрагивала раковины и скелеты организмов и они сохраняли форму и мельчайшие детали скульптуры. Как писал по этому поводу еще в 1890 г. известный исследователь геологии Альп Томас Г. Бонни: «*Трудно понять, как белемнит мог сохранить свою форму в то время, как внутри породы произошли молекулярные изменения большой силы*» [12]).

Органические остатки в метаморфизованных породах восточного склона Урала обнаружены в нескольких местах. По-видимому, первая находка принадлежит Р. Мурчисону [6]. В Миасском районе между Ильменами и Уралтау в сахаровидных известняках, залегающих в кварц-хлоритовых сланцах, были обнаружены криноидеи. По Р. Мурчисону, породы, в которых обнаружена фауна, обладают такой же высокой степенью метаморфизма, как и те, которые он наблюдал вместе с А. Седжвиком в Австрийских Альпах. Также в Миасском районе в тальково-хлоритовых сланцах найдены отпечатки брахиопод *Lingula* sp. indet., *Leptaena* (?) sp. indet., *Schellwienella* sp. indet., *Camarotoechia* sp. indet., Stromatopidae (?) [8]. В Баймакском районе в линзе оруденелых карбонатных пород найдены кораллы *Columnaria vulgaris* Soshk., *Favosites* (*Pachypora*) *cervicornis* Blainv., *Stromatopora, Amphipora* [11]. Позднее в этих же породах было обнаружено [3] ядро пелециподы *Modiomorpha* cf. *mytiloides* Hall., характерной для живетского яруса. На Северном и Среднем Урале в крупнозернистой магнетитовой руде были обнаружены коралл *Favosites* [7] и гастропода [10]. Этим находки фаунистических остатков в метаморфизованных породах на Урале не ограничиваются. Так, известны описания радиолярий в гранатсодержащих кварцитах, сделанные в 1947 г. Е. А. Кузнецовым и др.

Большое внимание поискам фауны в метаморфических породах Урала уделила д-р геол.-минерал. наук Н. П. Малахова [4, 5 и др.]. К сожалению, большинство описанных ею «фаунистических находок» оказалось (по мнению подавляющего большинства уральских геологов) артефактами или ошибками в интерпретации реально наблюдаемых текстур и других особенностей строения пород, поэтому интерес к фауне в метаморфитах на Урале был надолго потерян. Фактически он возобновился лишь в 1980-х гг., после начала широкого применения в стратиграфии бескарбонатных толщ Урала конодонтов [1, 2, 9 и др.].

Описываемая в данной статье находка отпечатка брахиоподы в метаморфических породах на Среднем Урале сделана Д. Л. Сусловым в начале 1990-х гг., т. е. уже достаточно давно. Но, по-видимому, она оставалась неизвестной широкой геологической общественности. Во всяком случае, не удалось найти ни одного упоминания о ней в литературе (за исключением очень краткой (менее 100 слов) и неточной информации в газете «Вечерний Свердловск» от 21 июля 1995 г., помещенной под заголовком «Массив помолодел»), причем даже той, которая посвящена именно вопросам возраста этих метаморфических пород [14, 15 и др.].

Краткий геологический очерк

Находка брахиоподы была сделана в высокоглиноземистых гнейсах в Верхоловской гранатовой копи, входящей в состав Евгение-Максимилиановских (Палкинских) минеральных копей, расположенных в юго-восточной части Верхисетского гранитного батолита, на территории историко-ландшафтного парка «Истоки Исети» (рис. 1). Минералогия Евгение-Максимилиановских копей, где с конца XIX в. добывались коллекционные камни – гранат, прозрачный зелено-коричневатый эпидот (пушкинит), титанит, апатит и др., – подробно описана А. Н. Карножицким [16]. Минеральные копи приурочены к крупным ксенолитам метаморфических пород, расположенным среди гранитов и гранодиоритов. Метаморфические породы трактуются иногда и как «провесы кровли гранитного массива» [17]. Разнообразие минералогии вызвано присутствием среди ксенолитов различных горных пород – кварцевых диоритов, диоритов, габбро, метапироксенитов, роговиков и скарнов – и неоднократным метаморфизмом. Верхоловская копь широко известна любителям камня благодаря скоплению в сланцах крупных кристаллов и сростков пироп-альмандинового граната. Наличие в составе ксеногенных блоков гранат-ставролит-силлиманит-биотитовых кристаллических сланцев и гранатовых гнейсов впервые отмечено И. Н. Бушляковым и И. Д. Соболевым [17], позднее исследование этих пород и условий их формирования продолжено Е. А. Зиньковой [18] и С. В. Прибавкиным с соавторами [19]. Детально состав минералов и метаморфическая история исследованы П. С. Козловым с соавторами [15]. Изучение состава и параметров метаморфизма этих высокоглиноземистых гнейсов позволило отнести их [15] к глубоко полиметаморфизованным островодужным комплексам, подобным Сысертскому, расположенному на юге Среднего Урала (подробнее см. [20, 21 и др.]). Ими [15] также было высказано предположение о более древнем (чем девонский) возрасте сланцев.

Высокоглиноземистые гнейсы обычно имеют неравномерно-полосчатую и гнейсовидную текстуру, связанную с планпараллельной ориентировкой чешуек биотита и неоднородным количественным распределением минералов. Преобладает порфиробластовая структура, обусловленная крупными (до 2–3 см) кристаллами граната среди тонкозернистой лепидогранобластовой основной массы. Главными породообразующими минералами гнейсов являются полизональный гранат, биотит, силлиманит, кварц, основной плагиоклаз; среди второстепенных отмечаются ставролит, мусковит, кианит, эпидот, циркон, хлорит (детальнее см. [15 и др.]).

Реконструкция протолита гнейсов предполагает их образование по карбонатсодержащим глиноземистым граувакам или пелит-алевролитовым аргиллитам [14]. Впоследствии осадки претерпели метаморфические преобразования. По химическому составу минералов и последовательности образования минеральных парагенезисов выделены ранний региональный метаморфизм кианит-силлиманитового типа (5,2–4,3 кбар, 660–606 °С) и более поздний наложенный контактовый метаморфизм (3,2–2,2 кбар, 605–566 °С) [15]. Результаты U–Pb (SHRIMP-II) исследований цирконов [14] выявили два возрастных этапа в истории формирования высокоглиноземистых гнейсов. Первый этап (372 ± 2 млн лет) соответствует возрасту метаморфизма амфиболитовой фации и

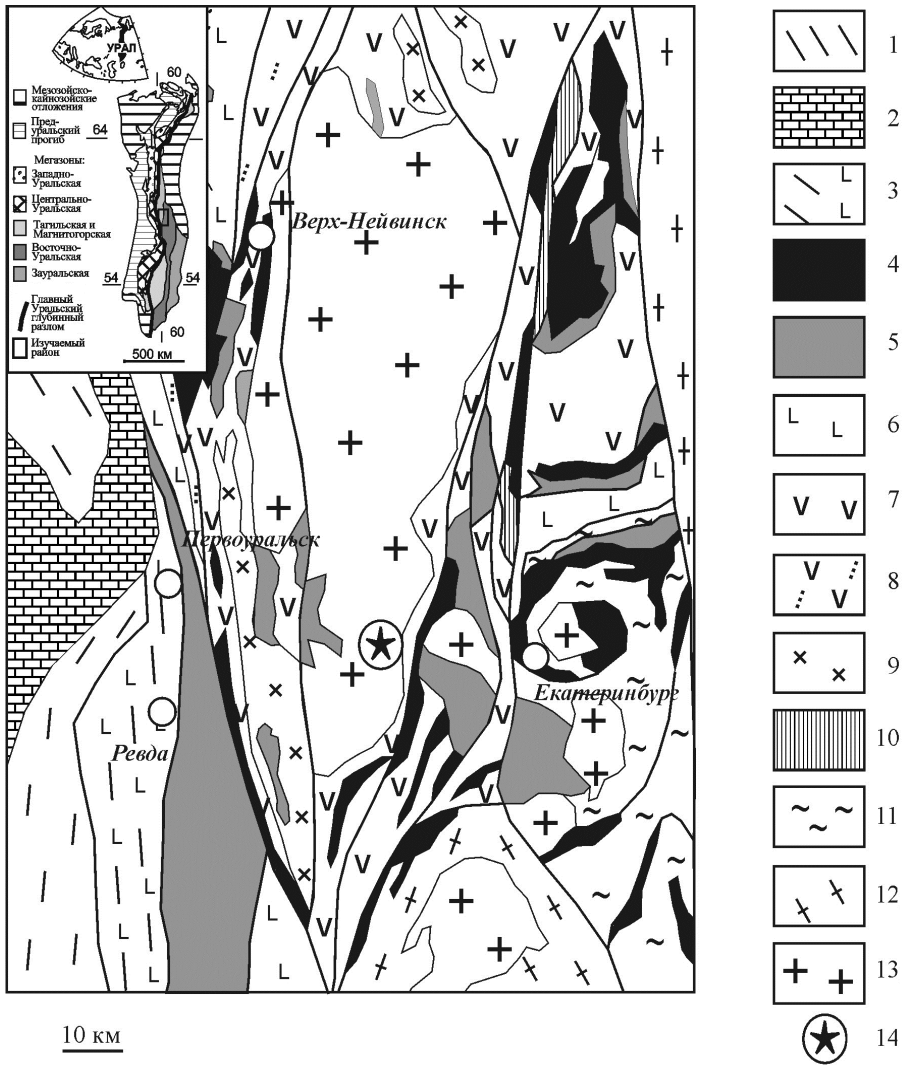


Рисунок 1. Обзорная геологическая схема района расположения исследуемого участка (составлена [15] на основе Государственной геологической карты листа О-40-41 под. ред. В. В. Шалагинова, 1997 г.). 1–3 – комплексы окраины Восточно-Европейской платформы: 1 – позднерифейские и вендские филлиты, алевролиты, песчаники, редко – зеленые сланцы по базальтам; 2 – преимущественно карбонатные силурийско-каменноугольные толщи; 3 – ордовикские зеленосланцевые метабазальт-терригенные толщи; 4–11 – палеозойские комплексы Тагильской и Восточно-Уральской мегазон: 4 – альпинотипные ультрамафиты; 5 – габбровые и перидотит-габбровые интрузии; 6 – позднеордовикско-силурийские вулканиты Тагильской мегазоны; 7–9 – девонские палеоостроводужные комплексы: 7 – вулканогенные толщи; 8 – вулканогенно-осадочные и осадочные толщи; 9 – габбро-диорит-гранитовые серии; 10 – раннекаменноугольные терригенные толщи; 11 – меланжевый комплекс: тектонические блоки и пластины метабазальтов, метадолеритов, метагаббро, серпентинитов и углеродистых сланцев; 12 – амфиболит-гнейсовые комплексы; 13 – каменноугольно-пермские гранодиориты и граниты; 14 – район расположения Верхоловской копи.

связан с внедрением тоналит-трондьемитовых серий в окраинно-континентальной обстановке. На втором этапе 307 ± 3 млн лет гнейсы претерпели контактовый метаморфизм в момент их захвата плутонами адамеллит-гранитного состава, формировавшимися на ранних эпизодах коллизионного магматизма.

Отметим, что Верхисетский батолит, занимающий обширную территорию (80 × 30 км) в непосредственной близости от г. Екатеринбурга (верховья рек Нейва и Исеть), расположен в пределах Верхисетско-Туринской структурной зоны, которая протягивается параллельно главной вулканогенной зоне Среднего Урала – Тагильской, непосредственно к востоку от нее [20, 22, 23 и др.]. Верхисетский батолит является одним из наиболее крупных и сложных по строению гранитоидных массивов Урала. В пределах этого массива выделяется целый ряд естественных ассоциаций пород, отличающихся по составу, относительному возрасту и степени деформаций, что делает его одним из ключевых объектов при изучении характера эволюции орогенного гранитоидного магматизма Уральского подвижного пояса.

Гранитоиды Верхисетского массива прорывают вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи, образовавшиеся в возрастном интервале от силура до среднего девона включительно, что свидетельствует о формировании батолита на относительно поздних этапах развития Урала. Результаты U–Pb–SIMS-датирования гранитоидов [24 и др.] свидетельствуют о том, что в составе Верхисетского батолита присутствуют несколько возрастных групп пород, сформировавшихся на разных этапах развития Уральского подвижного пояса. Наиболее ранними породами этого батолита являются кварцевые диориты, слагающие небольшой по размерам блок в его юго-западной части. U–Pb-возраст этих пород 396 ± 5 млн лет свидетельствует о том, что по времени образования они близки девонским вулканогенным и вулканогенно-осадочным толщам островодужного типа, широко развитым в обрамлении Верхисетского батолита, что позволяет считать кварцевые диориты комагматами островодужных вулканитов.

Следующая по времени образования ассоциация пород представлена тоналитами и трондьемитами западно-верхисетского комплекса, которые слагают западную и южную части батолита (Таватуйский и большую часть Чусовского плутона). Возраст этих пород, оцениваемый по результатам U–Pb-датирования в 382–367 млн лет, свидетельствует о том, что их внедрение про-

а б

Рисунок 2. Фотографии образца с отпечатком брахиоподы с разных ракурсов (фото П. В. Шалаева, ИГГ УрО РАН). Образец подарен Уральскому геологическому музею УГГУ автором находки Д. Л. Сусловым. В настоящее время хранится в отделе общей и исторической геологии и палеонтологии, инвентарный номер 70547.

Рисунок 3. Фотография образца с отпечатком брахиоподы (фото В. А. Волосатова, ИГГ УрО РАН).

изошло сразу после завершения процессов девонского островодужного вулканизма и до начала континентальной коллизии, протекавшей на Среднем Урале с башкирского яруса среднего карбона. Установленная ранее близость этих пород по вещественному составу гранитоидам молодых активных окраин континентов позволяет считать, что их формирование происходило в геодинамической обстановке окраинно-континентального типа.

Преобладающая часть гранитоидов Верхисетского батолита сформировалась на протяжении относительного короткого промежутка времени – от 315 до 300 млн лет назад, который соответствует коллизионной стадии развития Уральского подвижного пояса. Вывод гранитоидов на близповерхностный уровень произошел на границе перми и триаса, около 250 млн лет назад. Более подробно вещественный состав и геологическая история батолита описаны в работах [24–27 и др.].

Палеонтологическое описание

Первоначальное определение брахиоподы в 1990-х гг. было сделано одним из ведущих уральских палеонтологов М. Г. Брейвелем, работавшим на кафедре палеонтологии СГИ, а потом долгое время начальником палеонтолого-стратиграфической партии УКСЭ, и его дочерью Н. М. Брейвель [28–30 и др.]. В своем заключении Марти Густавович и Наталья Мартиевна написали, что это «*отпечаток брюшной створки брахиоподы семейства Atrypidae (S-D)*».

Ниже приводится более развернутое описание, выполненное Л. И. Мизенс[1] 6 марта 2017 г.

Atrypinae gen. et sp. indet (рис. 2, 3).

Материал. Неполный отпечаток спинной (?) створки брахиоподы (рис. 2, *а*) на кристалле граната (рис. 2, *б*).

Описание. Створка среднего размера, слабо вытянутая в ширину, умеренно вздутая. В примакушечной части намечается обособленная узкая ложбинка. В передней половине створки присутствует слабо заметное возвышение. Поверхность створки покрыта тонкими округлыми, сильно дихотомирующими радиальными ребрами, которые пересекают часто расположенные концентрические линии. Слева в передней части образца имеется неполный отпечаток шлейфа, являющийся продолжением скульптуры на створке. Всего у переднего края створки сохранилось около 30 ребер, на шлейфе – 14; количество концентрических линий достигает 11 на расстоянии 5 мм длины.

Размеры, мм: длина – 12,3; ширина > 12,5; толщина – 3,5; длина шлейфа – 4,5.

Сравнение и замечания. Форма описанной створки, наличие бороздки в ее примакушечной части и пологого возвышения на переднем крае, а также атрипидный характер скульптуры и наличие шлейфа позволяют относить рассматриваемый образец к представителям подсемейства Atrypinae Gill, 1871 [37]. Неполная сохранность образца не позволяет сделать более точное определение.

Распространение. Подсемейство Atrypinae повсеместно известно в силурийских (лландовери)–верхнедевонских (фран) отложениях мира.

[1] Л. И. Мизенс – канд. геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник ИГГ УрО РАН, одна из лучших в мире специалистов по брахиоподам силура и девона вообще и атрипидам в частности; автор более 10 монографий на эту тему [31–36] и многих статей (*прим. редакции*).

Местонахождение. Средний Урал, в 6 км западнее западной окраины г. Екатеринбурга (в 2,89 км по прямой северо-западнее железнодорожной станции Палкино), копь Верхоловская, в 750 м на северо-восток от южной вершины г. Пуп. Образец подарен Уральскому геологическому музею УГГУ (ныне хранится в отделе общей и исторической геологии и палеонтологии) нашедшим этот отпечаток брахиоподы сотрудником Уралгеолкома геологом-съемщиком Д. Л. Сусловым, инвентарный № 908 (70547), дата поступления 5.07.1995 г.

Таким образом, два (точнее, даже три) высококвалифицированных палеонтолога независимо подтвердили валидность данной находки, в чем, впрочем, каждый и сам легко может убедиться, посмотрев рис. 2, 3.

Минералогическое описание

Образец, содержащий отпечаток брахиоподы размером 3 × 2,2 × 1,6 см, представляет собой параллельный сросток нескольких кристаллов граната-альмандина (рис. 2, *б*). Основными габитусными формами индивидов граната являются ромбододекаэдр d{110} и тетрагонтриоктаэдр n{211}, причем последний образует тонкие грани на ребрах ромбододекаэдра. Отблеск от граней блестящий. Окраска альмандина – темно-бордовая, в сколах – темно-красная. Гранат непрозрачный, сильно трещиноват. Отпечаток раковины находится в основании образца, на относительно ровной поверхности. Сам отпечаток находится не в кристаллах граната, а в тонкозернистой светло-коричневой массе, мощность которой не более 2–3 мм. Граница между кристаллами альмандина и тонкозернистой массой четкая, что особенно видно по излому, у граната он раковистый, а у массы – неровный. Поверхность отпечатка неровная, кавернозная, а ребра раковины представлены мелкими, размером до 0,5 мм ориентированными бесцветными кристаллами граната. Интересно, что отблеск от мелких кристаллов в ребрах полностью совпадает с отблеском от граней крупных индивидов альмандина. Из этого следует, что вся тонкозернистая масса представляет собой агрегат граната, хотя, возможно, и не альмандина, а гроссуляра. Кроме кристаллов граната, на поверхности отпечатка раковины отмечаются и мелкие, хорошо окристаллизованные удлиненные зерна черного рудного минерала (возможно, рутила).

Таким образом, визуальное исследование каменного материала говорит о природном строении изученного образца без каких-либо следов механической обработки. В целом тонкозернистая масса, в которой находится отпечаток, особенно по присутствию в ней пустот и хорошо образованных кристаллов, напоминает метасоматическую породу. Вполне вероятно, что в данном случае на границе двух разнородных сред, карбонатной и силикатной, реализовался локальный метасоматический процесс замещения первичного (карбонатного) вещества агрегатом граната. Пустоты в пределах отпечатка возникли из-за того, что структурно «рыхлый» тригональный карбонат замещался более «плотным» кубическим гранатом. Собственно пустоты и обеспечили при ударе молотком разлом кристаллов вдоль отпечатка раковины.

Th–U–Pb-возраст включений монацита в гранате

При изучении полированных шлифов альмандина из Верхоловской гранатовой копи в периферийной части кристаллов были обнаружены мельчайшие включения округлых зерен монацита размером от 5 до 10 мкм. Включения, по всей видимости, являются сингенетичными и одновозрастными гранату, так как подобных зерен не отмечалось в центральной части индивидов альмандина и непосредственно на контакте с вмещающими гнейсами. Химический состав монацита, масс. %: P_2O_5 – 30,65; ThO_2 – 0,14; UO_2 – 1,41; SiO_2 – 0,10; Y_2O_3 – 0,08; Ce_2O_3 – 31,30; La_2O_3 – 14,66; Nd_2O_3 – 14,85; Pr_2O_3 – 3,49; Sm_2O_3 – 2,08; Gd_2O_3 – 0,83; PbO – 0,07; CaO – 0,38; сумма – 100,03. Он получен на микроанализаторе CAMECA SX 100 (ИГГ УрО РАН, аналитик В. В. Хиллер). По химическому составу монацит относится к цериевой разновидности, и для него характерно необычное повышенное содержание урана при практически фоновых количествах тория. Рассчитанный химический возраст включений монацита (по [38]) дает 344 млн лет; примерно в это же время формировались и кристаллы граната. Интересно, что в работе [14] установлен кристалл акцессорного циркона с похожей датировкой в 339 ± 4,7 млн лет, но, видимо, поскольку он был один, его не отнесли ни к одному из двух возрастных этапов в истории формирования высокоглиноземистых гнейсов. По всей видимости, эта история была более сложная и как минимум состояла из трех возрастных этапов. Полученная авторами датировка в 344 млн лет (нижний карбон, визе) показывает, что брахиопода имела более древний возраст, так как раковина обрастает гранатом. Это хорошо соответствует приведенному выше возрасту, основанному на палеонтологическом определении брахиоподы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров О. А., Пучков В. Н. О тектонической природе Максютовского комплекса зоны Уралтау // Препринт докл. Президиуму УНЦ РАН. Уфа, 1994. 28 с.
2. Иванов К. С., Пучков В. Н., Бабенко В. А. Находки конодонтов и граптолитов среди метаморфизованных толщ на Южном Урале // Доклады АН, 1990. Т. 310, № 3. С. 676–679.
3. Иванов С. Н., Курицына Г. А., Ходалевич Н. А. Новые данные о генезисе колчеданных месторождений Урала // Междунар. геол. конгресс. XXI сессия. Докл. сов. геологов, проблема 16. Генетические проблемы руд. М.: Госгеолтехиздат, 1960. С. 100–105.
4. Малахова Н. П. Фауна в метаморфических породах Урала. Свердловск: ИГГ УФ АН СССР, 1967. 144 с.
5. Малахова Н. П., Овчинников Л. Н. О находке органических остатков в гранитах Среднего Урала // Доклады АН. 1969. Т. 188, № 1. С. 177–179.
6. Мурчисон Р., Вернейль Э., Кейзерлинг А. Геологическое описание Европейской России и хребта Уральского // Горный журнал. 1848. Ч. I. Кн. I. С. 1–81; 1848. Ч. II. Кн. IV. С. 1–113; 1848. Ч. III. Кн. VII. С. 1–81; 1848. Ч. IV. Кн. X. С. 1–169; 1848. Ч. IV. Кн. XI–XII. С. 171–242.
7. Овчинников Л. Н. Псевдоморфоза магнетита по кораллам // Природа. 1955. № 11. С. 113–114.
8. Постоев К. И., Безруков Г. Н. Обнаружение остатков фауны брахиопод и криноидей в тальково-хлоритовых породах на Южном Урале // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1961. № 5. С. 92–95.
9. Прямоносов А. П., Степанов А. Е., Бороздина Г. Н. Новые данные о возрасте отложений бедамельской серии в пределах Манитандырско-Пайпудынского блока (Приполярный Урал) // Уральский геологический журнал. 2000. № 3. С. 77–81.
10. Штейнберг Д. С. Горные породы Урала. Сокровищница Уральских гор: справочник-путеводитель по Уральскому геологическому музею. Свердловск: Свердл. кн. изд-во, 1957. 191 с.
11. Щеглова-Бородина О. Н. Определение фауны в серном колчедане Сибайского месторождения на Южном Урале // Тр. ГГИ УФ АН СССР. 1956. Вып. 24. С. 169–172.
12. Bonney T. G. On the Crystalline Schists and their Relation to the Mesozoic Rocks in the Lepontine Alps // Quarterly Journal of the Geological Society. 1890. Vol. 46. Issue 1–4. P. 187–240.
13. Bucher W. H. Fossils in metamorphic rocks: a review // Bull. Geol. Soc. Amer. 1953. Vol. 64, № 3. P. 275–300.
14. Зинькова Е. А., Прибавкин С. В. Возраст цирконов из ксенолита метапелитов в гранитоидах Верхисетского массива (Средний Урал) как отражение этапов метаморфизма, связанных с гранитообразованием // Доклады АН. 2016. Т. 466, № 6. С. 699–703.
15. Козлов П. С., Лиханов И. И., Петров Г. А. Полиметаморфизм ксенолитов высокоглиноземистых пород Верхисетского массива гранитоидов на Среднем Урале // Литосфера. 2008. № 5. С. 84–98.
16. Карножицкий А. Н. Евгение-Максимилиановские минеральные копи и некоторые другие, новые или малоисследованные месторождения минералов в области Среднего Урала. Екатеринбург: УОЛЕ, 1896. 89 с.
17. Бушляков И. Н., Соболев И. Д. Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Верхисетского массива. М.: Наука, 1976. 340 с.
18. Зинькова Е. А. Ксенолиты и автолиты в гранитоидах Верх-Исетского батолита // Ежегодник-1997. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 1998. С. 86–91.
19. Прибавкин С. В., Пушкарев Е. В., Авдеева А. П. Состав и условия формирования ксенолитов гранатовых гнейсов в гранитоидах Верхисетского массива // Ежегодник-2001. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2002. С. 120–126.
20. Иванов К. С. Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд лет) и строения Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 253 с.
21. Echtler H. P., Ivanov K. S., Ronkin Yu. L. et al. The tectono-metamorphic evolution of gneiss complexes in the Middle Urals, Russia: a reappraisal // Tectonophysics. 1997. Vol. 276, № 1–4. P. 229–251.
22. Иванов К. С., Смирнов В. Н., Ерохин Ю. В. Тектоника и магматизм коллизионной стадии (на примере Среднего Урала). Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 133 с.
23. Смирнов В. Н., Ферштатер Г. Б., Иванов К. С. Схема тектоно-магматического районирования территории восточного склона Среднего Урала // Литосфера, 2003. № 2. С. 45–56.

24. Смирнов В. Н., Иванов К. С., Ларионов А. Н. Возраст и геодинамические условия формирования Верхисетского батолита, восточный склон Среднего Урала (по результатам U–Pb SIMS-датирования цирконов) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22, № 6. С. 26–44.
25. Смирнов В. Н., Зинькова Е. А. Магматический эпидот в гранитоидах Верхисетского массива (Средний Урал) // Доклады АН. 1993. Т. 329, № 3. С. 332–334.
26. Смирнов В. Н., Иванов К. С. Геодинамические условия формирования гранитоидов Вехисетского батолита (восточный склон Среднего Урала) // Доклады АН. 2013. Т. 451, № 1. С. 65–67.
27. Смирнов В. Н., Иванов К. С., Шокальский С. П., Падерин И.П. Результаты U–Pb-датирования цирконов из гранитоидов Верхисетского и Краснопольского массивов (восточный склон Среднего Урала) // Региональная геология и металлогения. 2011. № 48. С. 50–59.
28. Брейвель М. Г., Брейвель И. А., Богоявленская О. В., Ходалевич А. Н., Шурыгина М. В., Янет Ф. Е. Кишечнополостные и брахиоподы живетских отложений восточного склона Урала. М.: Недра, 1972. 264 с.
29. Брейвель Н. М., Брейвель И. А. Фаменские и франские брахиоподы на восточном склоне Среднего Урала // Проблемы стратиграфии и палеонтологии Урала: сб. науч. трудов. Екатеринбург: Минприроды РФ, ОАО УГСЭ, 1999. С. 95–104.
30. Памяти Марти Густавовича Брейвеля // Литосфера. 2013. № 3. С. 156–158.
31. Мизенс Л. И. Нижнедевонские и эйфельские атрипиды восточного склона Урала. М.: Наука, 1984. 112 с.
32. Мизенс Л. И., Сапельников В. П. Ребристые силурийские и лохковские атрипиды восточного склона Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. 44 с.
33. Сапельников В. П., Мизенс Л. И. Гладкие силурийские атрипиды восточного склона Среднего и Северного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. 53 с.
34. Сапельников В. П., Мизенс Л. И. Атлас руководящих видов силурийских брахиопод Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 274 с.
35. Сапельников В. П., Мизенс Л. И. Брахиоподы нижне- и среднедевонских отложений западного склона Среднего Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 275 с.
36. Sapelnikov V. P., Bogoyavlenskaya O. V., Mizens L. I., Shuysky V. P. Silurian and Early Devonian benthic communities of the Ural-Tien Shan region // Boucot A. J., Lawson J. D. (eds.). Paleocommunities – a case study from the Silurian and Lower Devonian // World and Regional Geology. 1999. P. 510–544.
37. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda. Revised // Geol. Soc. Amer., Inc., Univ. Kansas. Boulder, Colorado and Lawrence, Kansas, 2002. Vol. 4. P. 921–1688.
38. Montel J.-M., Foret S., Veschambre M., Nicollet C., Provost A. Electron microprobe dating of monazite // Chem. Geol. 1996. Vol. 131. P. 37–53.

REFERENCES

1. Zakharov O. A., Puchkov V. N. 1994, *O tektonicheskoy prirode Maksyutovskogo kompleksa zony Uraltau* [On the tectonic nature of the Maksyutovsky complex in the Urtaltau zone]. *Preprint dokl. Prezidiumu UNTs RAN* [Preprint of the reports to the Presidium of the UC RAS], Ufa, 28 p.
2. Ivanov K. S., Puchkov V. N., Babenko V. A. 1990, *Nakhodki konodontov i graptolitov sredi metamorfizovannykh tolshch na Yuzhnom Urale* [Finds of conodonts and graptolites among metamorphosed strata in the Southern Urals]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences], vol. 310, no. 3, pp. 676–679.
3. Ivanov S. N., Kuritsyna G. A., Khodalevich N. A. 1960, *Novye dannye o genezise kolchedannykh mestorozhdeniy Urala* [New data on the genesis of pyrite deposits in the Urals] *Mezhdunar. geol. kongress. XXI sessiya. Dokl. sov. geologov* [Intern. Geol. Congress. XXI session. Reports of Soviet geologists], Moscow, pp. 100–105.
4. Malakhova N. P. 1967, *Fauna v metamorficheskikh porodakh Urala* [Fauna in metamorphic rocks of the Urals], Sverdlovsk, 144 p.
5. Malakhova N. P., Ovchinnikov L. N. 1969, *O nakhodke organicheskikh ostatkov v granitakh Srednego Urala* [On the discovery of organic remains in the granites of the Middle Urals]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences], vol. 188, no. 1, pp. 177–179.
6. Murchison R., Verneyl' E., Keyzerling A. 1848, *Geologicheskoe opisanie Evropeyskoy Rossii i khrebta Ural'skogo* [Geological description of European Russia and the ridge of the Urals]. *Gornyy zhurnal* [Mining Journal], pt. 1, vol. 1, pp. 1–81; pt. 2, vol. 4, pp. 1–113; pt. 3, vol. 7, pp. 1–81; pt. 4. vol. 10, pp. 1–169; 1848. pt. 5, vol. 11–12, pp. 171–242.
7. Ovchinnikov L. N. 1955, *Psevdomorfoza magnetita po korallam* [Magnetite pseudomorph of coral]. *Priroda* [Nature], no. 11, pp. 113–114.
8. Postoev K. I., Bezrukov G. N. 1961, *Obnaruzhenie ostatkov fauny brakhiopod i krinoidey v tal'kovo-khloritovykh porodakh na Yuzhnom Urale* [Detection of remains of brachiopod fauna and crinoids in talc-chlorite rocks in the Southern Urals]. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.* [Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Geological series], no. 5, pp. 92–95.
9. Pryamonosov A. P., Stepanov A. E., Borozdina G. N. 2000, *Novye dannye o vozraste otlozheniy bedamel'skoy serii v predelakh Manitandyrsko-Paypudynskogo bloka (Pripolyarnyy Ural)* [New data on the age of depositions of the Bedamel series within the Manitandyr-Paipudinsky block (Subpolar Urals)]. *Ural'skiy geologicheskiy zhurnal* [Uralian Geological Journal], no. 3, pp. 77–81.
10. Shteynberg D. S. 1957, *Gornye porody Urala. Sokrovishchnitsa Ural'skikh gor: spravochnik-putevoditel' po Ural'skomu geologicheskomu muzeyu* [Rocks of the Urals. Treasury of the Ural Mountains: Ural Geological Museum guide], Sverdlovsk, 191 p.
11. Shcheglova-Borodina O. N. 1956, *Opredelenie fauny v sernom kolchedane Sibayskogo mestorozhdeniya na Yuzhnom Urale* [Determination of fauna in sulfur pyrite of the Sibai deposit in the Southern Urals]. *Tr. GGI UF AN SSSR* [Proceedings of the Mining Geological Institute of Ufa, USSR Academy of Sciences], no. 24, pp. 169–172.
12. Bonney T. G. 1890, On the Crystalline Schists and their Relation to the Mesozoic Rocks in the Lepontine Alps. Quarterly Journal of the Geological Society, vol. 46, no. 1–4, pp. 187–240.
13. Bucher W. H. 1953, Fossils in metamorphic rocks: a review. Bull. Geol. Soc. Amer, vol. 64, no. 3, pp. 275–300.
14. Zin'kova E. A., Pribavkin S. V. 2016, *Vozrast tsirkonov iz ksenolita metapelitov v granitoidakh Verkhisetskogo massiva (Sredniy Ural) kak otrazhenie etapov metamorfizma, svyazannykh s granitoobrazovaniem* [Age of zircons from xenolith metapelites in granitoids of the Upper Massif (Middle Urals) as a reflection of the stages of metamorphism associated with granite formation]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences], vol. 466, no. 6. pp. 699–703.
15. Kozlov P. S., Likhanov I. I., Petrov G. A. 2008, *Polimetamorfizm ksenolitov vysokoglinozemistykh porod Verkhisetskogo massiva granitoidov na Srednem Urale* [Polymetamorphism of xenoliths of high-alumina rocks of the Verkhisetsky Massif of granitoids in the Middle Urals]. *Litosfera* [Litosfera], no. 5, pp. 84–98.
16. Karnozhitskiy A. N. 1896, *Evgenie-Maksimilianovskie mineral'nye kopi i nekotorye drugie, novye ili maloissledovannye mestorozhdeniya mineralov v oblasti Srednego Urala* [Evgenie-Maximilianovskiy mineral mines and some other, new or little explored deposits of minerals in the Middle Urals], Ekaterinburg, 89 p.
17. Bushlyakov I. N., Sobolev I. D. 1976, *Petrologiya, mineralogiya i geokhimiya granitoidov Verkhisetskogo massiva* [Petrology, mineralogy and geochemistry of granitoids of the Verkhisetsky Massif], Moscow, 340 p.
18. Zin'kova E. A. 1998, *Ksenolity i avtolity v granitoidakh Verkh-Isetskogo batolita* [Xenoliths and autoliths in the granitoids of the Verkh-Isetsky batholite]. *Ezhegodnik-1997. In-t geologii i geokhimii UrO RAN* [Yearbook-1997. Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS], Ekaterinburg, pp. 86–91.
19. Pribavkin S. V., Pushkarev E. V., Avdeeva A. P. 2002, *Sostav i usloviya formirovaniya ksenolitov granatovykh gneysov v granitoidakh Verkhisetskogo massiva* [Composition and conditions for the formation of xenoliths of garnet gneisses in the granitoids of the Verkhisetsky Massif]. *Ezhegodnik-2001. In-t geologii i geokhimii UrO RAN* [Yearbook-2001. Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS], Ekaterinburg, pp. 120–126.
20. Ivanov K. S. 1998, *Osnovnye cherty geologicheskoy istorii (1.6–0.2 mlrd let) i stroeniya Urala* [The main features of geological history (1.6-0.2 billion years) and the structure of the Urals], Ekaterinburg, 253 p.
21. Echtler H. P., Ivanov K. S., Ronkin Yu. L. et al. 1997, The tectono-metamorphic evolution of gneiss complexes in the Middle Urals, Russia: a reappraisal. Tectonophysics, vol. 276, no. 1–4, pp. 229–251.
22. Ivanov K. S., Smirnov V. N., Erokhin Yu. V. 2000, *Tektonika i magmatizm kollizionnoy stadii (na primere Srednego Urala)* [Tectonics and magmatism of the collision stage (on the example of the Middle Urals)], Ekaterinburg, 133 p.
23. Smirnov V. N., Fershtater G. B., Ivanov K. S. 2003, *Skhema tektono-magmaticheskogo rayonirovaniya territorii vostochnogo sklona Srednego Urala* [Scheme of tectonic-magmatic zoning of the territory of the eastern slope of the Middle Urals]. Litosfera [Litosfera], no. 2, pp. 45–56.
24. Smirnov V. N., Ivanov K. S., Larionov A. N. 2014, *Vozrast i geodinamicheskie usloviya formirovaniya Verkhisetskogo batolita, vostochnyy sklon Srednego Urala (po rezul'tatam U–Pb SIMS-datirovaniya tsirkonov)* [Age and geodynamic conditions of the formation of the Upper Batholith, the eastern slope of the Middle Urals (according to the results of U-Pb SIMS-dating of zircons)]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya* [Stratigraphy and Geological Correlation], vol. 22, no. 6, pp. 26–44.
25. Smirnov V. N., Zin'kova E. A. 1993, *Magmaticheskiy epidot v granitoidakh Verkhisetskogo massiva (Sredniy Ural)* [Agmatic epidote in the granitoids of the Verkhisetsky Massif (Middle Urals)]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences], vol. 329, no. 3, pp. 332–334.
26. Smirnov V. N., Ivanov K. S. 2013, *Geodinamicheskie usloviya formirovaniya granitoidov Vekhisetskogo batolita (vostochnyy sklon Srednego Urala)* [Geodynamic conditions for the formation of granitoids of the Verkhisetsky batholite (eastern slope of the Middle Urals)]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences], vol. 451, no. 1, pp. 65–67.
27. Smirnov V. N., Ivanov K. S., Shokal'skiy S. P., Paderin I. P. 2011, *Rezul'taty U–Pb-datirovaniya tsirkonov iz granitoidov Verkhisetskogo i Krasnopol'skogo massivov (vostochnyy sklon Srednego Urala)* [Results of U-Pb-dating of zircons from granitoids of the Upper and Krasnopolsky massifs (eastern slope of the Middle Urals)]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya* [Regional geology and metallogeny], no. 48, pp. 50–59.
28. Breyvel' M. G., Breyvel' I. A., Bogoyavlenskaya O. V., Khodalevich A. N., Shurygina M. V., Yanet F. E. 1972, *Kishechnopolostnye i brakhiopody zhivetskikh otlozheniy vostochnogo sklona Urala* [The intestinal and brachiopods of the living deposits of the eastern slope of the Urals]. Moscow, 264 p.
29. Breyvel' N. M., Breyvel' I. A. 1999, *Famenskie i franskie brakhiopody na vostochnom sklone Srednego Urala* [Famennian and French brachiopods on the eastern slope of the Middle Urals]. *Problemy stratigrafii i palentologii Urala: sb. nauch. trudov* [Problems of stratigraphy and palentology of the Urals: coll. sci. works], Ekaterinburg, pp. 95–104.
30. 2013, *Pamyati Marti Gustavovicha Breyvelya* [In memory of Marty Gustavovich Bravel]. *Litosfera* [Litosfera], no. 3, pp. 156–158.
31. Mizens L. I. 1984, N*izhnedevonskie i eyfel'skie atripidy vostochnogo sklona Urala* [Lower Devonian and Eifelian atrypids of the eastern slope of the Urals],

Moscow, 112 p.
32. Mizens L. I., Sapel'nikov V. P. 1982, *Rebristye siluriyskie i lokhkovskie atripidy vostochnogo sklona Urala* [Ribbed Silurian and Locnian atrypids of the eastern slope of the Urals], Sverdlovsk, 44 p.
33. Sapel'nikov V. P., Mizens L. I. 1982, *Gladkie siluriyskie atripidy vostochnogo sklona Srednego i Severnogo Urala* [Smooth Silurian atrypids of the eastern slope of the Middle and Northern Urals]. Sverdlovsk, 53 p.
34. Sapel'nikov V. P., Mizens L. I. 1981, *Atlas rukovodyashchikh vidov siluriyskikh brakhiopod Urala* [Atlas of the leading species of the Silurian brachiopods of the Urals], Sverdlovsk, 274 p.
35. Sapel'nikov V. P., Mizens L. I. 2000, *Brakhiopody nizhne- i srednedevonskikh otlozheniy zapadnogo sklona Srednego Urala* [Brachiopods of the Lower and Middle Devonian deposits of the western slope of the Middle Urals], Ekaterinburg, 275 p.
36. Sapelnikov V. P., Bogoyavlenskaya O. V., Mizens L. I., Shuysky V. P. 1999, Silurian and Early Devonian benthic communities of the Ural-Tien Shan region. World and Regional Geology, pp. 510–544.
37. 2002, Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda. Revised. Geol. Soc. Amer., Inc., Univ. Kansas. Boulder, vol. 4, pp. 921–1688.
38. Montel J.-M., Foret S., Veschambre M., Nicollet C., Provost A. 1996, Electron microprobe dating of monazite. Chem. Geol. vol. 131, pp. 37–53.

Кирилл Святославич Иванов,
Ivanovks55@ya.ru
Юрий Викторович Ерохин,
erokhin-yu@yandex.ru
Лариса Ивановна Мизенс,
MizensAG@igg.uran.ru
Владимир Николаевич Смирнов,
Smirnov@igg.uran.ru
Институт геологии и геохимии
им. А. Н. Заварицкого УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15

Галина Николаевна Бороздина,
borozdina.gn@yandex.ru
ОАО «Уральская геологосъемочная экспедиция»
Россия, Екатеринбург, ул. Вайнера, 55

Евгений Владимирович Бурлаков,
bevgeny2@mail.ru
Дмитрий Алексеевич Клейменов,
dmitry_kleimenov@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Kirill Svyatoslavich Ivanov,
Ivanovks55@ya.ru
Yuriy Viktorovich Erokhin,
erokhin-yu@yandex.ru
Larisa Ivanovna Mizens,
MizensAG@igg.uran.ru
Vladimir Nikolaevich Smirnov,
Smirnov@igg.uran.ru
Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Ekaterinburg, Russia

Galina Nikolaevna Borozdina,
borozdina.gn@yandex.ru
JSC “Ural Geological Survey Expedition”
Ekaterinburg, Russia

Evgeniy Vladimirovich Burlakov,
bevgeny2@mail.ru
Dmitriy Alekseevich Kleimenov,
dmitry_kleimenov@mail.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

УДК 553.493.6 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-24-33

МИНЕРАЛОГИЯ КАРБОНАТИТОВ УФАЛЕЙСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В. Н. Огородников, С. Г. Суставов, Д. А. Ханин, Е. С. Шагалов, Ю. А. Поленов

Mineralogy of carbonatites of the Ufaleysky metamorphic complex

V. N. Ogorodnikov, S. G. Sustavov, D. A. Khanin, E. S. Shagalov, Yu. A. Polenov

The first findings of carbonatites in the Ufaleysky complex happened in the late 1980s. Separate bodies of carbonatites are confined to linear fissured zones. According to the structural-textural and mineralogical characteristics, the studied carbonatites belong to one of three types: carbonatite-I – calcite, carbonatite-II – calcite-dolomite, and carbonatite-III (nelsonite). Carbonatites of the last type occupy a transversal position relative to the other carbonatites and are represented by dolomite-ankerite carbonates with amphibole, apatite, and microcline. In contrast to the Il'meno-Vishnevogorsky complex, where rare-earth mineralization has cerium specialization, the Ufaleysky carbonatites are associated with subalkaline granitoids and have a distinct yttrium specialization. The authors study in detail the carbonatites and nelsonites in quartz vein deposits of the Ufaleysky metamorphic complex of the Precambrian age, associated with the formation of quartz veins of extremely pure quartz of the Ufaleysky and Yeghustinsky types. The authors established their genetic interrelation with albitites. The article contains the stages of development of carbonatites and nelsonites and their mineralogical composition. For the study of the morphology of crystals and the chemical composition of phlogopite, amphibole, diopside, epidote, magnetite, xenotime, composing carbonatites and nelsonites, the authors used an electron probe microanalyzer, electron microscope, and X-ray diffraction analysis. The carbonatites and nelsonites have a high concentration of rare earths, yttrium, uranium-thorium, tantalum-niobates, strontium, which is of practical interest as a complex mineralization.

Keywords: Ufaleysky metamorphic complex; carbonatites; nelsonites; rare earths; tantalo-niobates; xenotime.

Карбонатиты в Уфалейском блоке впервые были установлены в конце 1980-х годов. Отдельные тела карбонатитов приурочены к линейным трещинным зонам. По структурно-текстурным и минералогическим особенностям изученные карбонатиты подразделяются на три типа: карбонатит-I – кальцитовые, карбонатит-II – кальцит-доломитовые, карбонатит-III (нельсониты) занимают секущее положение относительно предыдущих карбонатитов и представлены доломит-анкеритовыми карбонатами с амфиболом, апатитом, микроклином. В отличие от Ильмено-Вишневогорского комплекса, где редкоземельная минерализация имеет цериевую специализацию, уфалейские карбонатиты связаны с субщелочными гранитоидами и имеют отчетливую иттровую специализацию. Детально изучены карбонатиты и нельсониты на кварцево-жильных месторождениях Уфалейского метаморфического комплекса докембрийского возраста, с которыми связано образование кварцевых жил особо чистого кварца уфалейского и егустинского типов. Установлена их генетическая связь с альбититами. Выявлена стадийность развития карбонатитов и нельсонитов, изучен их минеральный состав. С помощью электронно-зондового микроанализатора, электронного микроскопа и рентгеноструктурного анализа изучены морфология кристаллов и химический состав флогопита, амфибола, диопсида, эпидота, магнетита, ксенотима, слагающих карбонатиты и нельсониты. Выявлена высокая концентрация в карбонатитах и нельсонитах редких земель, иттрия, урана–тория, тантало-ниобатов, стронция, что представляет практический интерес в качестве комплексного оруденения.

Ключевые слова: Уфалейский метаморфический комплекс; карбонатиты; нельсониты; редкие земли; тантало-ниобаты; ксенотим.

Введение

В середине 1970-х гг. в России появились материалы, подтверждающие правомочность выделения отдельной формации нефелиновых сиенитов и карбонатитов. В Ильмено-Вишневогорском комплексе Урала, Черниговской зоне юга Украинского щита, а затем в Хибинском массиве и Татарской зоне Енисейского кряжа были выявлены карбонатиты в ассоциации с широко развитыми нефелиновыми сиенитами и фенитами без участия щелочно-ультраосновных пород [1, 2]. Тогда была впервые выделена на Урале карбонатит-нефелин-сиенитовая формация, позднее названная Ю. А. Багдасаровым [3] формацией карбонатитов линейно-трещинных зон.

Карбонатиты в Уфалейском блоке впервые были установлены в конце 1980-х гг. в карьерах юго-западнее пос. Слюдорудник, в районе кварцевой жилы № 175 [4–6], позднее выявлены на протяжении нескольких километров вдоль Слюдяногорско-Теплогорской шовной зоны в карьерах по отработке кварцевых жил № 2136, 179, 170, Беркутинская, в кварцево-жильных телах ряда мусковитовых месторождений (№ 3, 4 и др.), а также в рудных телах магнетитовых месторождений (Маукское, Теплогорское, Уфимское и др.) [7–9]. Отдельные тела карбонатитов приурочены к линейным трещинным зонам переменной мощности от 0,1–1,2 м до 3–4 м. По простиранию они прослеживаются на 20–40 м, реже 150–200 м. В отличие от Ильмено-Вишневогорского комплекса, где редкоземельная минерализация имеет цериевую специализацию [10], уфалейские карбонатиты связаны с субщелочными гранитоидами и имеют отчетливую иттровую специализацию [7, 11].

Методы исследования

Химический состав минералов карбонатита изучен на кафедре МГУ на электронно-зондовом микроанализаторе Camebax SX 50 при ускоряющем напряжении 15 кВ и токе накала 30 нА (аналитик Д. А. Ханин). При определении состава минералов-карбонатитов использовались следующие стандарты: для натрия и кремния – чкаловит; для магния и кальция – HBL (роговая обманка); для алюминия и калия – адуляр (ADL); для бария – барит; для никеля – NiO; Cr, Fe – SPL (шпинель); ванадия – VAN (ванадинит); для магния и титана – $MnTiO_3$.

Количественное определение редких, рассеянных и редкоземельных элементов в минералах карбонатитов было проведено методом ICP-MS на масс-спектрометрах ELAN-6000 и ELAN-9000 в лаборатории физических и химических методов исследования Института геологии и геохимии УрО РАН. Рентгенометрическое изучение минералов проведено в рентгеновской лаборатории кафедры минералогии, петрографии и геохимии УГГУ. Морфология кристаллов минералов карбонатитов изучена на электронном сканирующем микроскопе JSM-6390LV в лаборатории ФХМИ Института геологии и геохимии УрО РАН.

Изучению подверглись образцы карбонатитов, отобранные из забоев карьера по отработке кварцевой жилы № 175.

Результаты исследования

Формирование Уфалейского и других гнейсово-амфиболитовых комплексов Урала началось с заложения в среднем рифее серии рифтовых структур, которое сопровождалось развитием регионального метаморфизма алданской фации глубинности (гранулитовый) и завершилось ультраметаморфизмом [7, 12] с образованием небольших тел щелочных биотитовых гнейсо-гранитов, гранитных мигматитов – анортоклазовых гранитов чусовского комплекса. Возраст по микроклину, биотиту 1100–1215 млн лет [13]; по цирконам из гнейсов – 990–1180 млн лет [14], различных мигматитов, анортоклазовых пегматитов и полевошпатовых метасоматитов с ураново-редкоземельной минерализацией (иттроэпидот) – 1100–1200 млн лет [15].

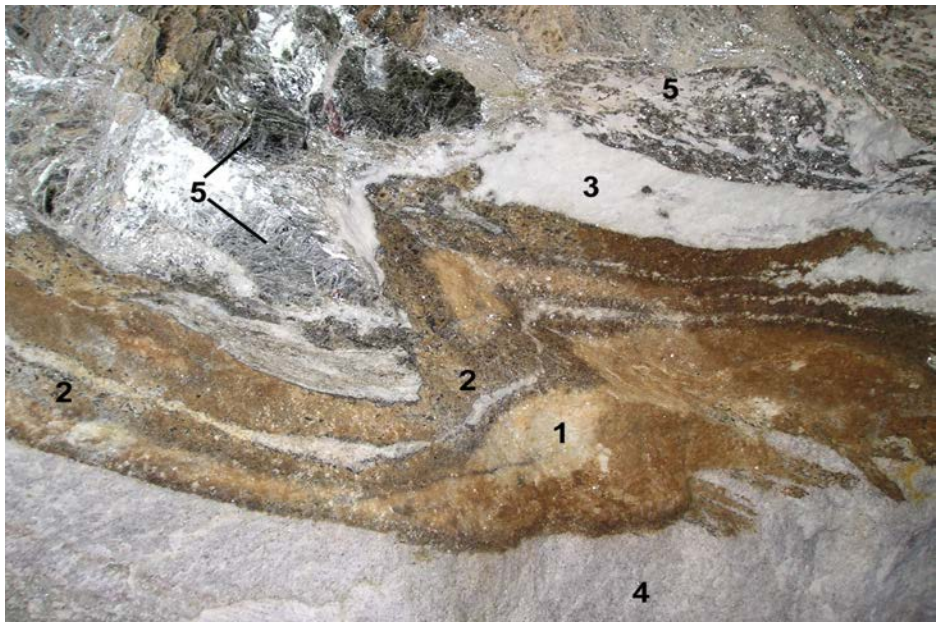


Рисунок 1. Ранний (рифейский) кальцитовый карбонатит желтого, белого цветов (1) замещается кальцитом и доломитом серого цвета с флогопитом и магнетитом (2) совместно с альбититом (3); оба карбоната смяты в складки и замещены во время ранней коллизии метасоматическим мелкозернистым кварцем (4) и кварц-мусковитовым комплексом с крупными кристаллами мусковита (5). Уменьшено в 10 раз. Кровля штольни по отработке жилы мусковита № 4 Слюдяногорского месторождения мусковита.

Гранитизированные и мигматизированные амфиболиты и амфибол-биотитовые гнейсы и гранитоиды чусовского комплекса сложены преимущественно K–Na полевыми шпатами – анортоклазом и высоким альбитом с характерной веерообразной, гигантозернистой структурой, с радиальным расположением лейст анортоклаза размером до 10 см длиной и «лунной» иризацией на плоскостях спайности [7]. Существует общепринятая точка зрения на высокотемпературную природу анортоклаза, к которому относятся K–Na полевые шпаты с содержанием ортоклазового компонента от 5 до 40 % с параметрами кристаллической решетки: a_o = 8,25–8,30 Å, b_o = 12,95 Å, c_o =7,15 Å, 2V = 40°. С этими метасоматитами связано редкоземельное оруденение – иттрийсодержащий эпидот [7, 12, 16].

В венде становление субщелочных гранитоидов битимского комплекса (579–533 млн лет) сопровождалось образованием многочисленных тел альбититов (Sm–Nd возраст 525 ± 11 млн лет), сложенных мелкозернистым, «сахаровидным» альбитом и окварцеванием, с формированием протяженных тел магматических карбонатитов существенно кальцитового состава (рис. 1), характеризующихся повышенным содержанием редкоземельных элементов иттриевой группы [8]. С образованием сахаровидных альбититов связано появление ураноносных, иттриевых, танталниобиевых минералов – фергюссонита и иттроколумбита [17].

Ранняя стадия карбонатизации – образование крупнозернистых «пегматоидного» облика кальцитовых карбонатитов (карбонатит-I) и сопряженных с ними альбититов – является характерным явлением для карбонатитов Восточной Сибири, Енисейского кряжа и др. [18, 19]. Крупнокристаллические ранние кальцитовые карбонатиты Уфалейского комплекса не содержат собственных редкоземельных минералов, но концентрируют редкоземельные элементы в самом кальците – содержание TR = 1500–2900 г/т, в том числе 200–750 г/т Y, редкоземельные элементы преимущественно иттриевого состав, тогда как во вмещающих амфибол-биотитовых гнейсах сумма РЗЭ составляет 300–400 г/т, в том числе 80–90 г/т Y, а в анортоклазовых пегматитах TR = 10 г/т, в том числе 5 г/т Y. Кальциты содержат также повышенные содержания Sr = 6700; Nb до 410; Mn = 6900 г/т. Повышенные количества SrO, MnO в высокотемпературных кальцитах являются характерным признаком высокотемпературных магматогенных карбонатитов. Изотопный состав (Sr, Nd, C, O) карбонатитов Уфалейского комплекса свидетельствует о связи их с глубинным источником, по своим изотопным параметрам близким мантийному резервуару EM1, характерному для рифтовых зон древних щитов [11].

На постмагматической стадии под действием гидротермальных растворов субщелочных гранитов битимского комплекса наблюдается перекристаллизация раннего кальцита белого, желтого цвета с образованием прозрачных полигонально зернистых агрегатов кальцита и доломита серого цвета (карбонатит-II). Перекристаллизация кальцита сопровождается кристаллизацией флогопита, имеющего индукционные грани роста, что свидетельствует об одновременном росте с карбонатом.

Среди зерен кальцита и флогопита наблюдаются многочисленные мелкие новообразованные кристаллики октаэдрического магнетита и пирротина. Что касается редкометалльной и редкоземельной минерализации, то появление ее связано с освобождением Sr, Ba, Mn, P, Ce, Y, Nb, Ta и некоторых других элементов из силикатов и рудных минералов, накоплением их в карбонатитах метасоматического этапа формирования этих тел. Поздние карбонатиты анкерит-доломитовой стадии (карбонатиты-III) и нельсониты содержат в большом количестве апатит, титаномагнетит, рутил, титанит, ксенотим, пирохлор, колумбит, новообразованный иттроэпидот (рис. 2), содержащие в повышенных количествах: Y = 400,7–4729,6; Nb = 1387,6–2920,2; Ta = 10,2–86,3; P = 21,5–2362,4; Mn = 1529,6–6393,7; U = 4,1–50,4; U/Th = 10,9–37,0; Zr = 7,2–20,1; Sr = 178,8–1396,9; Ba = 33,3–803,6 г/т.

По структурно-текстурным и минералогическим особенностям изученные карбонатиты подразделяются на три типа: карбонатит-I – кальцитовые, массивные, гиганто-, крупнозернистые с размером зерен 3,0–10 см; карбонатит-II – кальцит-доломитовые, массивные и грубополосчатые, крупно-среднезернистые с размером зерен 0,5–1,0 см и тонкополосчатые с размером зерен 0,2–0,5 см. По минеральному составу большинство карбонатитов-II сложены кальцитом с пироксенами (эгирин-авгитом), амфиболами (гастингситом) и слюдами (биотитом, тетраферрибиотитом). Карбонатит-III (нельсониты) занимает секущее положение относительно предыдущих карбонатитов и кварцево-жильных тел, представлен доломит-анкеритовыми карбонатами

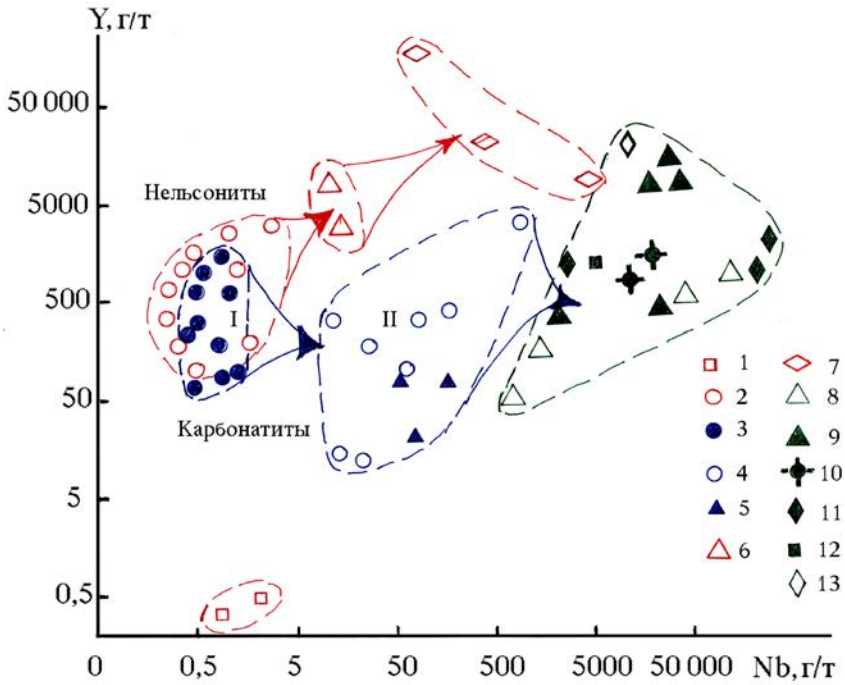


Рисунок 2. Поведение Y–Nb (г/т) в карбонатитах (I–II) и нельсонитах (карбонатиты-III) Уфалейского комплекса [6]:
1 – альбиты; 2 – апатиты из нельсонитов; 3 – ранний магматический кальцит-I; 4 – карбонат-II кальцит-доломитового состава; 5 – биотит из карбонатитов-II; 6 – новообразованный иттроэпидот в кварцевой жиле; 7 – ксенотим; 8 – ильменорутил; 9 – титанит; 10 – Y-колумбит; 11 – пирохлор; 12 – лучистый циркон; 13 – фергюссонит.

с амфиболом, апатитом, микроклином. В качестве акцессорных минералов в них встречаются ильменит-(Nb), титанит-(Nb), циркон, рутил-(Nb), магнетит, пирротин, пирит, пентландит, марказит, молибденит-3R [3, 4, 6].

При изучении минералогии карбонатитов было установлено, что карбонатиты-II обладают большим разнообразием минералов, чем карбонатиты-I. В обоих карбонатитах сквозными минералами являются высокожелезистый флогопит, железистый тремолит (актинолит), магнетит и пирит.

Флогопит по телу карбонатита распределяется неравномерно, в карбонатитах-II встречается в виде чешуйчатых сростков, образуя линзовидные скопления мощностью 0,5 см и протяженностью 2 см, отдельные крупные кристаллы могут достигать размеров 0,3–0,5 м [7]. Данные по химическому составу флогопита приведены в табл. 1.

В скоплениях совместно со слюдой нередко присутствуют сростки с кристаллами магнетита, амфибола, диопсида, пирита, зернами эпидота и кальцита. Между чешуйками слюды и кристаллами магнетита и зернами кальцита наблюдаются индукционные поверхности, свидетельствующие об одновременном росте слюды с этими минералами. Эпидот образуется раньше слюды и образует отпечатки от граней кристаллов на поверхности чешуек слюды. Кристаллы пирита более поздние и обычно нарастают на пластинчатые кристаллы слюды.

По соотношению магния и железа в формуле видно, что изученная слюда отвечает промежуточному члену ряда флого-

Таблица 1. Химический состав флогопита.

Окислы	1	2	3	4	5	6
Na_2O	0,83	0	0,82	0,33	0,33	0,11
K_2O	9,81	9,74	9,66	9,85	9,87	9,71
MgO	12,76	13,28	12,05	12,24	12,66	12,42
FeO	19,42	19,71	20,04	19,52	20,01	20,12
MnO	0,30	0,27	0,30	0,30	0,27	0,28
Al_2O_3	13,77	13,82	13,61	13,53	14,07	13,68
SiO_2	37,69	37,24	36,20	36,92	37,82	37,54
TiO_2	0,43	0,41	0,89	0,95	0,88	0,85

Эмпирические формулы:

1 – $(K_{0,96}Na_{0,12})_{1,08}(Mg_{1,46}Fe_{1,25}Al_{0,17}Mn_{0,02})_{2,90}[(Si_{1,08}Al_{2,90}Ti_{0,02})O_{10}](OH)_2$

2 – $K_{0,96}(Mg_{1,53}Fe_{1,27}Al_{0,16}Mn_{0,02})_{2,98}[(Si_{1,10}Al_{2,88}Ti_{0,02})O_{10}](OH)_2$

3 – $(K_{0,97}Na_{0,12})_{1,09}(Mg_{1,41}Fe_{1,32}Al_{0,16}Mn_{0,02})_{2,91}[Si_{1,10}Al_{2,85}Ti_{0,05})O_{10}](OH)_2$

4 – $(K_{0,98}Na_{0,05})_{1,03}(Mg_{1,42}Fe_{1,27}Al_{0,18}Mn_{0,02})_{2,89}[(Si_{1,05}Al_{2,89}Ti_{0,06})O_{10}](OH)_2$

5 – $(K_{0,96}Na_{0,05})_{1,01}(Mg_{1,44}Fe_{1,28}Al_{0,19}Mn_{0,02})_{2,93}[(Si_{1,07}Al_{2,88}Ti_{0,05})O_{10}](OH)_{2,00}$

6 – $(K_{0,96}Na_{0,02})_{0,98}(Mg_{1,43}Fe_{1,30}Al_{0,19}Mn_{0,02})_{2,93}[(Si_{1,05}Al_{2,90}Ti_{0,05})O_{10}](OH)_{2,00}$

Таблица 2. Микроэлементный состав железистого флогопита, г/т.

Li	60,319	**Ge**	1,24	**Cs**	4,93	**Er**	2,37	**Mn**	619,49	**Mo**	1,03	**Sm**	0,54	**W**	1,32
Be	2,637	**Rb**	497,10	**Ba**	2075,15	**Tm**	0,36	**Co**	26,44	**Ag**	3,73	**Eu**	0,43	**Tl**	0,82
Sc	9,777	**Sr**	23,22	**La**	1,06	**Yb**	2,62	**Ni**	23,95	**Cd**	Н/о	**Gd**	1,37	**Pb**	6,00
Ti	3221,10	**Y**	20,62	**Ce**	2,32	**Lu**	0,41	**Cu**	1180,68	**Sn**	6,11	**Tb**	0,26	**Bi**	0,18
V	46,12	**Zr**	5,83	**Pr**	0,29	**Hf**	Н/о	**Zn**	248,32	**Sb**	1,03	**Dy**	2,32	**Th**	1,24
Cr	77,02	**Nb**	53,62	**Nd**	1,34	**Ta**	112,08	**Ga**	41,75	**Te**	0,02	**Ho**	0,71	**U**	19,00

Н/о – не определено.

Таблица 3. Рентгенограмма флогопита.

Зеленая слюда		Флогопит $2M_1$ (Bailey, 1980)			I	$d_{\alpha/n}$	d (Å)	I	hkl
					9	2,45*	2,439	40	133
I	$d_{\alpha/n}$	d (Å)	I	hkl	–	–	2,361	16	117
10	10,20	10,129	100	200	1	2,31	2,304	9	040
–	–	5,056	18	004	–	–	2,270	9	$13\bar{5}$
3	4,70	4,612	19	020	5	2,18*	2,180	45	135
–	–	4,515	7	021	–	–	2,039	21	224
2	4,03	4,079	5	112	3	2,02*	2,017	66	0.0.10
5	3,70	3,814	18	023	–	–	2,000	20	$13\bar{7}$
–	–	3,540	33	$11\bar{4}$	–	–	1,914	5	137
9дв	3,35	3,362	100	006	–	–	1,751	3	139
–	–	3,283	38	114	–	–	1,737	5	227
3дв	3,16	3,156	9	$11\bar{5}$	4	1,677*	1,677	47	153
–	–	3,040	40	025	9	1,545*	1,538	50	060,330
–	–	2,926	8	115	2	1,525*	1,521	10	062
6	2,90	2,818	22	$11\bar{6}$	a_o = 5,41(2) b_o = 9,251(6) c_o = 20,29(8) β = 95,4(1)°		a_o = 5,347 b_o = 9,227 c_o = 20,252 β = 95,02°		
–	–	2,651	22	$13\bar{1}$					
10	2,63*	2,624	100	116					
–	–	2,522	28	008					

Условия съемки: аппарат УРС-55, камера РКД 57,3 мм; $Fe_{K_{\alpha+\beta}}$, *t* = 2 ч; *линии, по которым рассчитаны параметры элементарной ячейки.

пит–аннит, близкому к средней части. Кроме этого, в эту позицию попадает заметное количество алюминия, присутствие его в некотором избытке в тетраэдрических позициях свидетельствует о присутствии в составе слюды сидерофиллитового минала. Специфической особенностью высокожелезистого флогопита является постоянное присутствие в нем первых десятых процента закиси марганца и до одного процента окиси титана. Повышенное содержание титана во флогопите более 1 % характерно для глубинных ультраосновных и основных жильных пород [20].

Из редких и рассеянных элементов флогопит обладает повышенным содержанием бария до 0,2 % (табл. 2), что в целом характерно для аналогичных карбонатных пород Алдана и Слюдянки. Содержание щелочных элементов лития и рубидия сопоставимо с содержанием этих элементов во флогопите из щелочных пегматитов Ловозерского массива [19]. Обращает на себя внимание повышенное содержание во флогопите тантала и ниобия, что также типично для карбонатитов. Повышенные концентрации меди и цинка, по-видимому, связаны с механическими включениями сульфидов.

Рентгенометрическое изучение дифракционной картины, проведенное в рентгеновской лаборатории кафедры минералогии, петрографии и геохимии, показало, что слюда является триоктаэдрической и относится к ряду флогопит–аннит (табл. 3).

Анализ расположения рефлексов на рентгенограмме показывает, что слюда представлена редким для триоктаэдрических слюд политипом $2M_1$.

Амфибол является вторым по распространенности силикатным минералом карбонатитов. Наиболее широко он представлен в доломит-анкеритовых разностях (карбонатит-II) и нельсонитах (карбонатит-III). В последних он слагает радиально-лучистые агрегаты и короткопризматические идиоморфные кристаллики, нередко образуя оторочки кварцево-жильных тел. Грани призматического пояса обычно зеркальные, наибольшим развитием пользуются грани ромбической призмы *m* {110}, в меньшей мере пинакоида *b* {010} и еще менее развиты в виде полосок грани пинакоида *a* {100}.

Морфология кристаллов минералов карбонатитов изучена на электронном сканирующем микроскопе JSM-6390LV. Грани головок имеют меньшую степень совершенства, поверхность их мелкошероховатая, содержащая каверны пирамидальной формы или щелевидные полости (рис. 3, *a*). Поверхность подобных каверн нередко имеет занозистое строение. Простые формы, участвующие в огранении головок, не могут быть идентифицированы с достаточной надежностью.

Таблица 4. Химический состав амфибола.

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na_2O	0,74	0,84	1,20	0,74	0,58	1,71	0,36	1,10	1,04
K_2O	0,43	0,42	0,35	0,29	0,30	0,45	0,44	0,55	0,41
CaO	10,99	10,92	10,82	10,99	10,91	10,91	10,84	10,81	10,90
MgO	15,47	15,28	15,53	15,45	15,86	16,28	15,73	15,11	15,47
FeO	13,81	14,03	13,54	13,68	13,40	13,35	13,08	13,49	13,59
MnO	0,38	0,45	0,33	0,30	0,40	0,29	0,27	0,36	0,27
Al_2O_3	1,94	1,60	1,51	1,35	1,18	1,73	1,83	2,20	2,12
SiO_2	52,21	52,43	53,22	53,27	54,04	53,31	52,92	51,90	53,06
TiO_2	0,04	0,02	0,05	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02
V_2O_3	0,02	–	0,02	–	0,05	–	–	0,01	0,04
NiO	0,02	0,03	0,06	0,05	0,01	–	–	–	0,08
Сумма	95,32	95,18	95,51	95,43	96,17	96,34	95,14	94,44	95,96

Примечание: вода рассчитана исходя из стехиометрической формулы тремолита.

Эмпирические формулы:

1 – $(Ca_{1,74}Na_{0,21}K_{0,08})_{2,02}(Mg_{3,41}Fe_{1,71}Mn_{0,05}Al_{0,06})_{5,23}[(Si_{7,72}Al_{0,28})_8O_{22}](OH)_2$
2 – $(Ca_{1,73}Na_{0,24}K_{0,07})_{2,04}(Mg_{3,37}Fe_{1,74}Mn_{0,06}Al_{0,04})_{5,21}[(Si_{7,76}Al_{0,24})_8O_{22}](OH)_2$
3 – $(Ca_{1,70}Na_{0,34}K_{0,07})_{2,11}(Mg_{3,40}Fe_{1,66}Mn_{0,04}Al_{0,06})_{5,16}[(Si_{7,80}Al_{0,20})_8O_{22}](OH)_2$
4 – $(Ca_{1,73}Na_{0,21}K_{0,05})_{1,99}(Mg_{3,39}Fe_{1,68}Mn_{0,04}Al_{0,06})_{5,17}[(Si_{7,83}Al_{0,17})_8O_{22}](OH)_2$
5 – $(Ca_{1,70}Na_{0,16}K_{0,06})_{1,92}(Mg_{3,45}Fe_{1,63}Mn_{0,05}Al_{0,08})_{5,21}[(Si_{7,88}Al_{0,12})_8O_{22}](OH)_2$
6 – $(Ca_{1,69}Na_{0,48}K_{0,08})_{2,25}(Mg_{3,51}Fe_{1,62}Mn_{0,04})_{5,17}[(Si_{7,71}Al_{0,29})_8O_{22}](OH)_2$
7 – $(Ca_{1,71}Na_{0,10}K_{0,08})_{1,89}(Mg_{3,46}Fe_{1,61}Mn_{0,03}Al_{0,04})_{5,14}[(Si_{7,72}Al_{0,28})_8O_{22}](OH)_2$
8 – $(Ca_{1,72}Na_{0,31}K_{0,10})_{2,13}(Mg_{3,34}Fe_{1,68}Mn_{0,05}Al_{0,10})_{5,17}[(Si_{7,71}Al_{0,29})_8O_{22}](OH)_2$
9 – $(Ca_{1,71}Na_{0,29}K_{0,08})_{2,08}(Mg_{3,37}Fe_{1,66}Mn_{0,03}Al_{0,11})_{5,17}[(Si_{7,74}Al_{0,26})_8O_{22}](OH)_2$

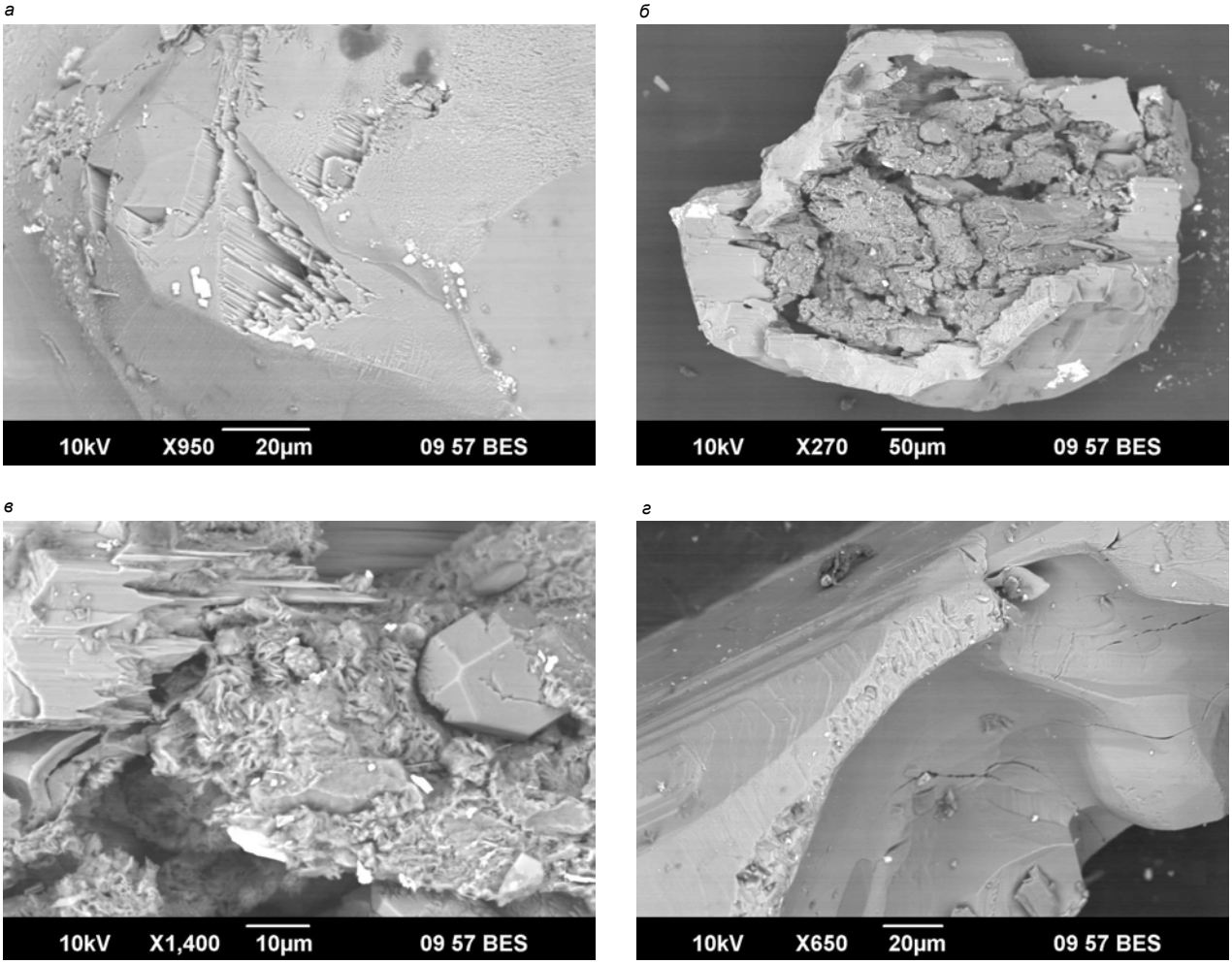


Рисунок 3. Строение граней кристаллов амфибола: *а* – пирамидальные и щелевидные полости; *б* – футляровидное строение кристалла; *в* – метасоматическое разъедание грани с новообразованием кварца; *г* – индукционные поверхности от контакта с кальцитом.

Таблица 5. Химический состав диопсида.

Окислы	1	2	3	4	5
Na_2O	2,31	1,71	2,50	2,39	2,06
CaO	20,24	20,50	20,58	20,28	20,41
MgO	8,75	9,28	8,83	9,60	9,20
FeO	13,82	14,51	14,44	14,19	14,27
MnO	0,63	0,60	0,65	0,57	0,64
Al_2O_3	1,45	1,42	1,70	1,47	1,74
SiO_2	51,10	51,66	51,10	51,30	51,47
TiO_2	–	0,01	0,05	0,01	0,03
V_2O_3	–	0,06	0,13	0,05	0,04
NiO	0,08	0,06	0,03	–	–
Сумма	98,38	99,83	100,00	99,85	99,87

Прочерк в таблице означает, что содержание компонента ниже предела обнаружения электронно-зондовым методом.

Эмпирические формулы:

1 – $(Ca_{0,85}Na_{0,17})_{1,02}(Mg_{0,51}Fe_{0,45}Al_{0,06}Mn_{0,02})_{1,04}[(Si_{1,99}Al_{0,01})_{2,00}O_6]$

2 – $(Ca_{0,85}Na_{0,13})_{0,98}(Mg_{0,53}Fe_{0,47}Al_{0,05}Mn_{0,02})_{1,07}[(Si_{1,99}Al_{0,01})O_6]$

3 – $(Ca_{0,85}Na_{0,19})_{1,04}(Mg_{0,51}Fe_{0,47}Al_{0,05}Mn_{0,02})_{1,05}[(Si_{1,97}Al_{0,03})_{2,00}O_6]$

4 – $(Ca_{0,84}Na_{0,18})_{1,02}(Mg_{0,55}Fe_{0,46}Al_{0,04}Mn_{0,02})_{1,07}[(Si_{1,97}Al_{0,03})_{2,00}O_6]$

5 – $(Ca_{0,84}Na_{0,15})_{0,99}(Mg_{0,53}Fe_{0,46}Al_{0,06}Mn_{0,02})_{1,07}[(Si_{1,98}Al_{0,02})O_6]$

Наряду с короткопризматическими кристаллами встречаются и длиннопризматические индивиды, не имеющие концевого огранения, размером до 0,8 × 0,2 мм. Вдоль удлинения они покрыты комбинационной штриховкой. На гранях первого пинакоида иногда наблюдаются вицинальные поверхности. Идиоморфизм граней подобных кристаллов может быть нарушен появлением чашеобразных углублений с индукционными гранями от гранул карбоната (рис. 3, *г*). Иногда отмечаются линзовидные выделения размером 20 × 6 мм. Амфибол в серых карбонатитах обычно не несет видимых изменений, но иногда наблюдается сильное метасоматическое изменение с образованием футляровидных кристаллов (рис. 3, *б*, *в*). На поверхности и внутри кристаллов часто встречаются кристаллы магнетита, которые были захвачены во время роста. На поверхность индивидов амфибола иногда нарастают кристаллы пирита. Кристаллы амфибола группируются в индивидуализированные полосы в карбонатите.

Изучение химического состава амфибола показало, что он обладает специфическими особенностями (табл. 4). По составу он отвечает промежуточной разности между тремолитом и ферроактинолитом. В амфиболе отмечается постоянное присутствие в тетраэдрических лентах наряду с кремнием алюминия, количество которого колеблется от 0,12 до 0,29, формульной единицы (ф. е.). Избыток алюминия переходит в октаэдрические позиции свидетельствует о появлении в составе магнезио- и феррогорнблендитовых миналов. В позиции кальция постоянно присутствуют щелочи, суммарное содержание которых колеблется от 0,18 до 0,56 ф. е. Содержание K_2O может достигать 0,55 масс. %, а Na_2O – 1,71 масс. %. В целом состав амфибола из карбонатитов близок к составу актинолита из кристаллических сланцев.

Что касается содержания редких и рассеянных элементов, амфибол содержит их в тысячных и десятитысячных долях процента. Исключением является Sr, Y ~ 0,01 % и Sc в ранних карбонатитах-I.

Диопсид представлен в виде реликтов зёрен из вмещающих метаморфических пород, поэтому это редкий минерал карбонатитов и при визуальном изучении остатков от растворения был не обнаружен. Это связано, по-видимому, с тем, что он имеет ограниченное распространение, и окраска его аналогична окраске железистого флогопита, вместе с которым он был установлен. Химический состав диопсида представлен в табл. 5.

Как видно из табл. 5, состав диопсида достаточно сложный. По соотношению магния и железа он находится близко к среднему члену ряда диопсид–геденбергит. Состав диопсида осложнен примесями Na_2O в позиции M(2) и Al_2O_3 в позиции M(1), что свидетельствует о присутствии в нем жадеитового минала. Кроме этого, в нем наблюдается постоянная примесь MnO, содержание которой варьирует от 0,57 до 0,65, составляя в среднем 0,62 мас. %. Сравнивая его состав с химическим составом диопсида других месторождений, можно отметить, что он наиболее близок к таковым из высокометаморфизованных пород гнейсов и гранулитов.

Эпидот встречается в виде плохо образованных уплощенно-призматических кристаллов, размером 1,0 × 0,4 мм. Он также образует единичные выделения округлой формы, размером 10 × 7 мм, состоящие из изометрично-зернистого агрегата эпидота и кварца. Окраска минерала светлая оливково-желтая. Прозрачен. В приповерхностной зоне некоторых кристаллов видны мелкие пластинчатые включения флогопита. Состав эпидота представлен в табл. 6.

Таблица 6. Химический состав эпидота.

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8
CaO	22,13	21,68	22,61	21,84	21,38	21,96	22,07	22,52
MnO	0,23	0,11	0,23	0,24	0,24	0,22	0,27	0,24
Fe_2O_3	9,95	10,61	9,43	10,88	11,77	10,26	11,22	10,67
Al_2O_3	24,73	24,50	25,07	24,25	22,93	24,02	23,92	24,26
SiO_2	37,78	37,42	37,27	37,34	36,59	36,70	37,05	37,45
TiO_2	0,14	0,13	0,11	0,10	0,05	0,14	0,10	0,20
V_2O_3	–	0,04	–	0,03	0,02	0,04	–	0,06
NiO	0,02	0,02	0,01	–	–	0,09	0,01	–
H_2O	1,81	1,80	1,80	1,80	1,80	1,78	1,80	1,81
Сумма	96,79	96,30	96,54	96,49	94,78	95,20	96,43	97,21

Примечание: H_2O рассчитывалась из стехиометрической формулы.

Эмпирические формулы:

1 – $(Ca_{1,96}Mn_{0,02})_{1,98}(Al_{0,62}Fe_{2,39})_{3,01}[(Si_{2,98}Ti_{0,01}Al_{0,01})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

2 – $(Ca_{1,93}Mn_{0,01})_{1,94}(Al_{0,66}Fe_{2,39})_{3,05}[(Si_{2,97}Ti_{0,01}Al_{0,02})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

3 – $(Ca_{2,01}Mn_{0,02})_{2,03}(Al_{0,59}Fe_{2,41})_{3,00}[(Si_{2,95}Ti_{0,01}Al_{0,04})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

4 – $(Ca_{1,95}Mn_{0,02})_{1,97}(Al_{0,68}Fe_{2,36})_{3,04}[(Si_{2,96}Ti_{0,01}Al_{0,02})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

5 – $(Ca_{1,95}Mn_{0,02})_{1,97}(Al_{0,75}Fe_{2,27})_{3,02}[(Si_{2,97}Al_{0,03})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

6 – $(Ca_{1,99}Mn_{0,02})_{2,01}(Al_{0,65}FeI_{2,35})_{3,00}[(Si_{2,95}Ti_{0,01}Al_{0,04})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

7 – $(Ca_{1,98}Mn_{0,02})_{2,00}(Al_{0,71}Fe_{2,32})_{3,03}[(Si_{2,95}Ti_{0,01}Al_{0,04})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

8 – $(Ca_{2,00}Mn_{0,02})_{2,02}(Al_{0,66}Fe_{2,33})_{2,99}[(Si_{2,95}Ti_{0,01}Al_{0,04})_{3,00}O_{12}]O(OH)$

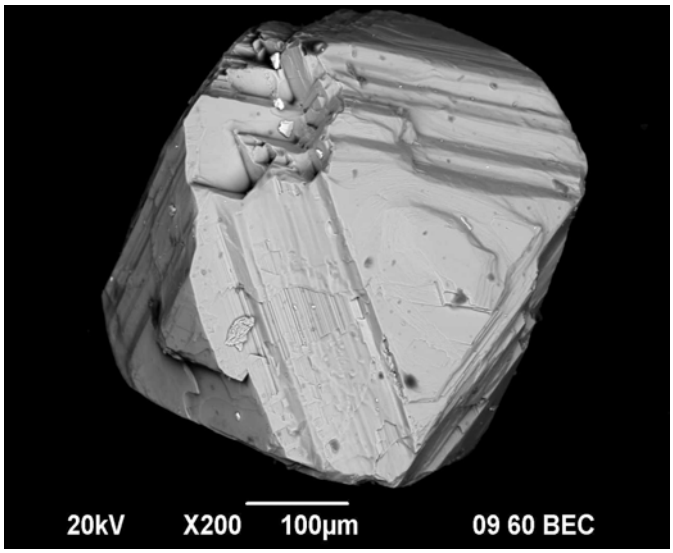


Рисунок 4. Форма кристалла магнетита.

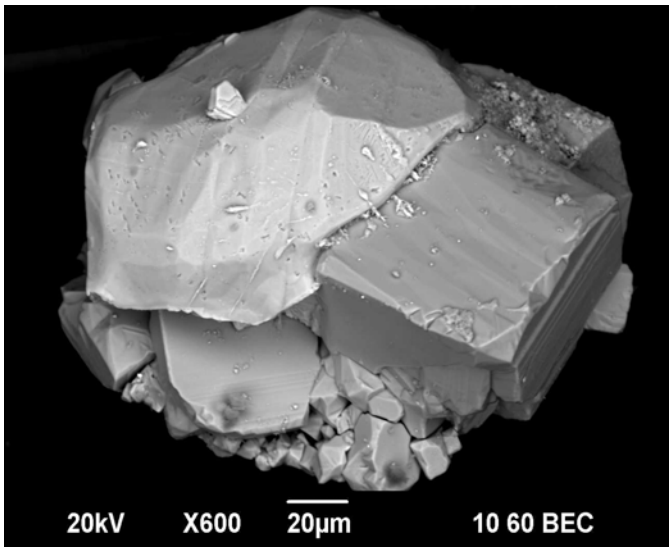


Рисунок 6. Нарастание кристалла халькопирита (более светлый) на сросток кристаллов пирита.

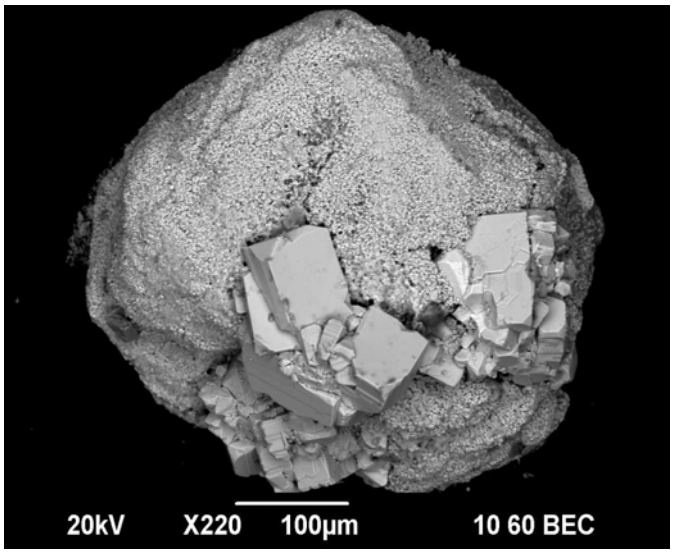


Рисунок 5. Псевдоморфоза тонкозернистого агрегата пирита по кристаллу магнетита, сросшегося с более мелкими кристаллами пирита.

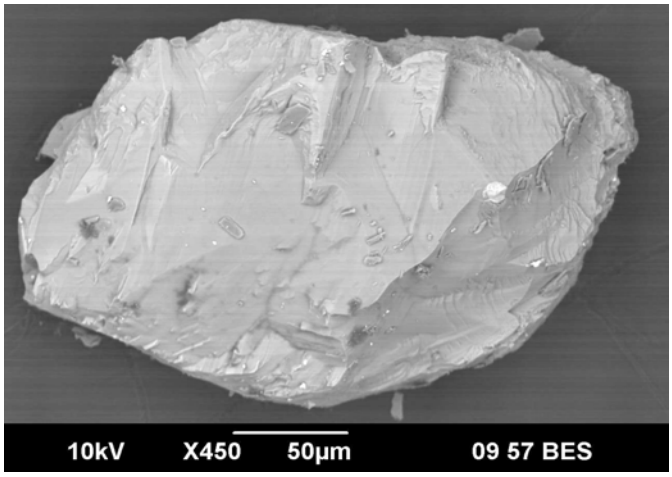


Рисунок 7. Внешний вид зерна кварца из серых карбонатитов. На поверхности видны многочисленные сколы, пленки и уплощенно-призматические частицы.

Изучение химического состава эпидота показывает следующие специфические особенности. Октаэдрические позиции в структуре эпидота преимущественно заполнены алюминием. Содержание железа в них заметно меньше одной формульной единицы (0,59–0,75), что приближает состав минерала к клиноцоизиту и свидетельствует об уровне метаморфизма выше фации зеленых сланцев. Состав минерала постоянно осложнен присутствием в составе примесей MnO 0,11–0,27 среднее 0,22 мас. %, TiO_2 0,05–0,20 среднее 0,12 мас. %. В ряде анализов в сотых долях процента установлены закись V_2O_3 и окись NiO.

Магнетит – обычный минерал карбонатитов-I и карбонатитов-II, где встречается в виде октаэдрических кристаллов размером около 1–2 мм, в ряде случаев до 4–5 мм. Форма кристаллов октаэдрическая, но быстрый рост граней октаэдра приводит к появлению грубых треугольных вициналей. На ребрах октаэдра появляются плохо оформленные грани ромбододекаэдра в виде череды параллельных ребер (рис. 4). В некоторых случаях встречаются параллельные сростки мелких кристалликов магнетита. В других частях Слюдяногорско-Теплогорской шовной зоны картируются карбонатиты с высоким содержанием магнетита, образующие рудопроявления и месторождения магнетита, – Мамукское, Теплогорское, Уфимское и др. [6, 7, 9, 12, 21].

При развитии последующих коллизионных процессов с образованием колчеданных месторождений в пределах Магнитогорского погружения за пределами Уфалейского комплекса появляется сульфидная минерализация и в породах кварцево-жильных образований Кыштымского месторождения, в том числе и в карбонатитах.

Пирит замещает магнетит карбонатитов и представлен тонкозернистым агрегатом, где отдельные индивиды имеют размер менее 1 мк, а ранее образованный – идиоморфными кристалликами размером до 1 мм (рис. 5).

Кроме того, на поверхности кристаллов магнетита наблюдается нарастание пластинчатых гексагональных кристаллов пирротина. Размер кристаллов составляет 6 мкм в поперечнике. На поверхность кристалла пирротина в свою очередь нарастает уплощенно-призматический кристалл барита. Размер кристалла по удлинению 3 мкм.

Пирит в целом является редким минералом для карбонатитов и встречается в карбонатитах I–II. Находится он в виде идиоморфных кристаллов и их сростков (рис. 6). Размер отдельных кристаллов обычно не превышает 1 мм. Основной формой, встречающейся в огранении кристаллов, является куб *a* {100}, вершины которого притуплены мелкими гранями октаэдра *o*

Таблица 7. Химический состав ксенотима с минералами-примесями.

Окислы	1	2	3	4	5	6
Y_2O_3	45,21	45,04	43,18	44,49	3,72	2,95
Gd_2O_3	1,68	2,98	1,54	1,86	0	0
Dy_2O_3	5,94	6,52	5,20	4,70	0	0
Er_2O_3	3,30	3,15	4,54	2,95	0	0
Yb_2O_3	3,56	3,15	4,12	4,02	0	0
PbO	0	0	0,30	0,33	2,74	0
UO_2	0	0	0,30	1,21	78,55	40,92
ThO_2	0	0	0,38	0,45	6,74	19,52
SiO_2	0	0	1,12	1,05	0	13,46
P_2O_5	38,45	38,96	36,45	36,65	1,81	2,70
Сумма	98,13	99,80	97,13	97,70	93,56	79,55

Эмпирические формулы:

1 – $(Y_{0.77}Dy_{0.06}Er_{0.03}Yb_{0.03}Gd_{0.02})_{0.91}P_{1.05}O_4$
2 – $(Y_{0.76}Dy_{0.07}Er_{0.03}Yb_{0.03}Gd_{0.03})_{0.92}P_{1.05}O_4$
3 – $(Y_{0.76}Dy_{0.06}Er_{0.05}Yb_{0.04}Gd_{0.02})_{0.93}(P_{1.01}Si_{0.04})_{1.05}O_4$
4 – $(Y_{0.77}Dy_{0.05}Er_{0.03}Yb_{0.04}Gd_{0.02}U_{0.01})_{0.92}(P_{1.01}Si_{0.03})_{1.04}O_4$
5 – $(U_{0.89}Th_{0.08}Pb_{0.04})_{1.01}O_2$
6 – $(U_{0.59}Th_{0.29}Y_{0.10})_{0.98}[(Si_{0.87}P_{0.15})_{1.02}O_4]$

{111}. На некоторых кристаллах наблюдаются узкие, несимметрично развитые грани пентагондодекаэдра *e* {210}, иногда отмечаются мелкие грани тетрагонтриоктаэдра *n* {211}. Некоторые кристаллы вытянуты по одной из осей второго порядка и приобретают псевдопризматический облик. На гранях куба слабо проявлена комбинационная штриховка, вызванная появлением граней пентагондодекаэдра.

В качестве наростов на гранях кристаллов пирита установлены изометричные зерна сульфида серебра, по-видимому, акантита и иттриевого карбоната. Размер выделений обоих составляет 7–8 мкм. На некоторых гранях кристаллов пирита фиксируются зерна размером 3–4 мкм монацита и хлорида свинца и сурьмы. Качественно в составе пирита фиксируются примеси никеля и кобальта.

Наряду с пиритом и пирротином в карбонатитах встречаются плохо образованные кристаллы халькопирита (рис. 6). Под бинокулярным микроскопом они не выявляются, а фиксируются после изучения материала под электронным микроскопом.

На рис. 6 видно, что округлый кристалл имеет не типичную для халькопирита форму, по-видимому это связано с полисинтетическим двойникованием. Размер кристалла составляет 135 мкм. На поверхности одной из граней видны узкие щелевидные ориентированные полости.

В карбонатитах-II, наряду с линзами гранулированного кварца, встречаются его отдельные зерна среди карбонатной массы. Форма их короткопризматическая. Размер составляет 0,2–0,3 мм в длину. Плоскости, наблюдающиеся на поверхности зерен, больше напоминают поверхности скола, чем идиоморфные грани или индукционные поверхности (рис. 7). Кроме этого, на поверхности отдельных гранул наблюдаются пленки и уплощенно-призматические частицы, оставшиеся после растворения карбоната. В белой пленке, наблюдаемой на поверхности кварца, отмечаются повышенные содержания стронция, титана, железа и марганца. Минерал предположительно может быть отнесен к таусониту. В большинстве своем зерна кварца водяно-прозрачные. В некоторых случаях они содержат включения чешуек слюды или кристалликов эпидота.

Ксенотим в карбонатитах-II образует единичные прозрачные, призматические кристаллы, имеющие коричневато-желтую окраску. Размер кристаллов достигает 3 мм в длину и 1 мм в поперечнике. Кристаллы ксенотима приурочены к линзовидным скоплениям эпидота с железистым флогопитом и находятся на границе этих выделений с карбонатным матриксом. Внутри кристаллов встречаются включения мелких пластинок железистого флогопита.

При исследовании химического состава ксенотима было установлено присутствие в нем элементов примесей как среди катионов, так и среди анионов (табл. 7). Иттрий в ксенотиме замещается тяжелыми редкими землями: диспрозием – содержание Dy_2O_3 варьирует от 4,70 до 6,52, составляя в среднем 5,59 мас. %; иттербием Yb_2O_3 3,15–4,12/3,71; эрбием Er_2O_3 2,95–4,54/3,49; гадолинием Gd_2O_3 1,54–2,98/2,02. В некоторых анализах в ксено-

Таблица 8. Химический состав талька.

Окислы	1	2	3*	4	5	6	7	8	9
Na_2O	0,14	0,63	0,62	0,29	–	–	0,34	0,14	–
K_2O	–	0,04	0,40	0,03	–	–	–	–	–
CaO	0,06	0,17	10,56	0,02	–	–	0	–	0,02
MgO	26,12	24,95	15,88	25,77	26,12	27,00	25,63	26,48	26,07
FeO	7,22	8,97	12,61	7,80	7,22	7,77	7,93	7,58	7,20
MnO	–	0,08	0,16	0,08	0,07	–	0,08	0,03	–
Al_2O_3	0,01	0,36	2,98	0,12	0,01	0,04	0,02	0,16	0,11
SiO_2	61,19	59,27	51,62	59,92	61,19	61,18	59,23	59,73	59,96
H_2O	4,55	4,50	4,23	4,50	4,55	4,60	4,45	4,5	4,50
Сумма	99,29	98,97	99,07	98,53	99,16	100,59	97,68	98,62	97,87

Примечание: количество воды в формуле рассчитывалось исходя из стехиометрических отношений;
*анализ, по всей видимости, соответствует тремолиту.

Эмпирические формулы:

1 – $(Mg_{2,51}Fe_{0,45}Na_{0,02}Al_{0,01})_{2,97}[Si_{4,01}O_{10}](OH)_2$
2 – $(Mg_{2,48}Fe_{0,50}Na_{0,08}Ca_{0,01})_{3,07}[(Si_{3,96}Al_{0,03})O_{10}](OH)_2$
3 – $(Mg_{1,68}Fe_{0,75}Ca_{0,80}Na_{0,09})_{3,32}[(Si_{3,66}Al_{0,25})_{3,91}O_{10}](OH)_2$
4 – $(Mg_{2,56}Fe_{0,43}Na_{0,04})_{3,03}[(Si_{3,99}Al_{0,01})O_{10}](OH)_2$
5 – $(Mg_{2,56}Fe_{0,39}Si_{0,02})_{2,97}[Si_{4,02}O_{10}](OH)_2$
6 – $(Mg_{2,61}Fe_{0,42})_{3,03}[Si_{3,98}O_{10}](OH)_2$
7 – $(Mg_{2,57}Fe_{0,45}Na_{0,04})_{3,06}[Si_{3,98}O_{10}](OH)_2$
8 – $(Mg_{2,62}Fe_{0,42})_{3,04}[(Si_{3,97}Al_{0,01})O_{10}](OH)_2$
9 – $(Mg_{2,59}Fe_{0,40}Al_{0,01})_{3,00}[Si_{4,00}O_{10}](OH)_2$

тиме присутствуют примеси кремния, урана, тория и свинца. Кремний может изоморфно замещать фосфор в ксенотиме, если для компенсации валентности в составе присутствуют четырехвалентные уран или торий. Примесь свинца, по-видимому, имеет радиогенную природу.

Наряду с этим в качестве механических примесей в составе ксенотима были обнаружены микровключения ***уранинита и коффинита***. Низкая сумма анализов и присутствие в них примесей иттрия и фосфора свидетельствуют о том, что минералы, возможно, гидратированы и размер зонда сопоставим с размером зерен этих минералов. В составе уранинита присутствуют значительные примеси тория и радиогенного свинца. В коффините треть состава представлена торитом и не менее 10 ат. % содержится ксенотимового минала.

Анализируя тренд примесей редких земель в ксенотиме из карбонатитов разных месторождений Томтора, Канганкуде и Слюдорудника, можно отметить их различие [20]. Для томтоских карбонатитов последовательность по содержанию в ксенотиме редких земель имеет вид: Er→Yb→Dy→Gd, для канганкудинских – Dy→Gd→Tb→ Er, для слюдорудника – Dy→ Yb→ Er→ Gd. В то же время последний тренд соответствует среднему по ксенотиму всех генетических типов месторождений.

Кроме пирита среди сульфидов встречаются халькопирит и пластинчатые кристаллы пирротина. В виде микронных кристаллов и тонких пленок в карбонатитах встречаются акантит, монацит, карбонат иттрия и пленки свинца и сурьмы, которые при растворении карбонатита перешли в хлорид этих металлов. На гранулах кварца зафиксированы пленки минерала, предположительно отнесенные к таусониту – сложному титанату стронция из группы перовскита. В ксенотиме наряду с существенной примесью тяжелых лантаноидов встречены микровключения уранинита и коффинита. В уранините присутствует примесь радиогенного свинца, косвенно указывающая на древний возраст образования ксенотима.

Тальк приурочен к кристаллам железистого тремолита и находится только в тех кристаллах, которые располагаются в карбонатите-I. Взаимоотношение талька с железистым тремолитом не всегда однозначно.

Результаты изучения химического состава талька сведены в табл. 8. Первое, на что обращают внимание приведенные составы, – это высокая железистость талька. Количество FeO в минерале варьирует от 7,22 до 8,97 мас. %.

Результаты третьего анализа, который резко отличается от остальных, относятся к тремолиту. Образование талька и тремолита в карбонатитах может наблюдаться при метаморфизме на уровне фации зеленых сланцев, когда за счет тремолита образуется тальк и доломит [20].

Выводы

Все изложенные факты позволяют интерпретировать последовательность событий следующим образом. В среднем рифее в рифтогенных условиях становление субщелочных гранитоидов битимского комплекса сопровождалось формированием гигантомигматитов, держащих редкоземельную минерализацию (иттроэпидот). В венде со становлением щелочных гранитоидов битимского комплекса связано появление многочисленных тел альбититов и карбонатитов. Наиболее ранними являются белые кальцитовые карбонатиты-I, имеющими магматогенное происхождение.

Серые кальцит-доломитовые карбонатиты-II, имеющие гидротермальное происхождение, сопровождаются новообразованиями флогопита и магнетита, имеющими с карбонатами индукционные грани роста. В альбититах встречены фергюссонит, самарскит, иттроколумбит, ксенотим и другие минералы. Сульфидная минерализация наложена на обе разности карбонатитов позднее. С ней связано появление в карбонатите не характерных для ранней минерализации халькофильных элементов. Карбонатиты содержат редкие земли, тантало-ниобаты, иттрий, стронций, уран, торий в количествах, которые имеют практическую значимость, что позволяет говорить о комплексном оруденении на кварцево-жильном месторождении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин В. Я., Роненсон Б. М., Левина И. А. Карбонатиты щелочной провинции Ильменских–Вишневых гор // Докл. АН СССР. 1978. Т. 240, № 4. С. 930–933.
2. Левин В. Я. Щелочной и карбонатитовый магматизм Урала // Типы магматизма Урала. Свердловск, 1987. С. 30–32.
3. Багдасаров Ю. А. Линейно-трещинные тела карбонатитов – новая субформация ультраосновных-щелочных карбонатитовых комплексов // Докл. АН СССР. 1979. Т. 248, № 2. С. 412–415.
4. Свяжин Н. В., Левин В. Я. Нельсонит из района г. Кыштыма на Урале // Минералы рудных месторождений и пегматитов Урала: тр. Ин-та геологии УФАН СССР. 1965. Вып. 70. С. 91–95.
5. Левин В. Я. Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала. Екатеринбург, 1997. 271 с.
6. Белковский А. И. Геология и минералогия кварцевых жил Кыштымского месторождения (Средний Урал). Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 2011. 234 с.
7. Огородников В. Н., Сазонов В. Н., Поленов Ю. А. Минералогия шовных зон Урала. Ч. 3. Уфалейский гнейсо-амфиболитовый комплекс (Южный Урал). Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, УГГУ, 2007. 187 с.
8. Огородников В. Н., Поленов Ю. А., Савичев А.Н. Редкоземельные пегматиты и карбонатиты Уфалейского метаморфического комплекса // Изв. УГГУ. 2014. Вып. 2 (34). С. 5–10.
9. Огородников В. Н., Поленов Ю. А., Недосекова И. Л. и др. Гранитные пегматиты, карбонатиты и гидротермалиты Уфалейского метаморфического комплекса. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, УГГУ, 2016. 283 с.
10. Kramm U., Blaxland A. B., Kononova V. A., Grauert B. Origin of the Ilmenogorsk–Vishevogorsk nepheline syenites, Urals, USSR, and their time of emplacement during the history of the Ural fold belt: a Rb–Sr stady // The Journal of Geology. 1983. Vol. 91, no. 4. P. 427–435.
11. Недосекова И. Л., Прибавкин С. В., Пушкарев Е. В. Sr–Nd–C–O изотопные данные и геохимия карбонатитов Ильмено-Вишневогорского щелочного комплекса и Куртинской зоны (Ю. Урал) // Ежегодник-2004. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2005. С. 198–206.
12. Кейльман Г. А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 200 с.
13. Овчинников Л. Н. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. 1963. Т. 1. С. 57–83.
14. Краснобаев А. А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986.147 с.
15. Минеев Д. А. Редкоземельный эпидот из пегматитов Среднего Урала // ДАН АН СССР. 1959. Т. 127, № 4. С. 865–868.
16. Попов В. А. О нашумевшем уральском «иттроэпидоте» из Слюдорудника // XIII Всерос. науч. чтения памяти ильменского минералога В. О. Полякова. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 2012. С. 18–23.
17. Суставов С. Г., Огородников В. Н. Иттроколумбит-(Y) в мусковитовых пегматитах Слюдяногорского месторождения (Южный Урал) // Вестник Урал. отд. Рос. минералог. о-ва. 2008. № 5. С. 106–112.
18. Пожарицкая Л. К.О генезисе карбонатитов // Особенности петрологии, минералогии и геохимии карбонатитов Восточной Сибири. М.: Наука, 1966. С. 121–147.
19. Самойлов В. С. Редкоземельные элементы в редкоземельных карбонатитах // Геохимия редкоземельных элементов в эндогенных процессах. Новосибирск: Наука, 1982. С. 66–97.
20. Минералы: справочник. Т. IV. Силикаты со структурой, переходной от цепочечной к слоистой. Вып. 1. Слоистые силикаты / гл. ред. акад. Ф. В. Чухров. М.: Наука, 1992. 598 с.
21. Лукошков В. И. Гондиты Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 60 с.

REFERENCES

1. Levin V. Ya., Ronenson B. M., Levina I. A. 1978, *Karbonatity shchelochnoy provintsii Il'menskikh–Vishnevykh gor* [Carbonatites of the alkaline province of the Ilmensky-Vishnevy Mountains]. *Dokl. AN SSSR* [Doklady Earth Sciences], vol. 240, no. 4, pp. 930–933.
2. Levin V. Ya. 1987, *Shchelochnoy i karbonatitovyy magmatizm Urala* [Alkaline and carbonatite magmatism of the Urals]. *Tipy magmatizma Urala* [Types of magmatism in the Urals], Sverdlovsk, pp. 30–32.
3. Bagdasarov Yu. A. 1979, *Lineyno-treshchinnye tela karbonatitov – novaya subformatsiya ul'traosnovnykh-shchelochnykh karbonatitovykh kompleksov* [Linear-fissured carbonatite bodies – a new subformation of ultrabasic-alkaline carbonatite complexes]. *Dokl. AN SSSR* [Doklady Earth Sciences], vol. 248, no. 2, pp. 412–415.
4. Svyazhin N. V., Levin V. Ya. 1965, *Nel'sonit iz rayona g. Kyshtyma na Urale* [Nelsonite from Kyshtym mountain area in the Urals]. *Mineraly rudnykh mestorozhdeniy i pegmatitov Urala: tr. In-ta geologii UFAN SSSR* [Works of the Institute of Geology of the USSR UAS], vol. 70, pp. 91–95.
5. Levin V. Ya. 1997, *Shchelochno-karbonatitovye kompleksy Urala* [Alkaline-carbonatite complexes of the Urals], Ekaterinburg, 271 p.
6. Belkovskiy A. I. 2011, *Geologiya i mineralogiya kvartsevykh zhil Kyshtymskogo*

mestorozhdeniya (Sredniy Ural) [Geology and mineralogy of quartz veins of the Kyshtymsky deposit (Middle Urals)], Miass, 234 p.
7. Ogorodnikov V. N., Sazonov V. N., Polenov Yu. A. 2007, *Mineralogiya shovnykh zon Urala. Ch. 3. Ufaleyskiy gneyso-amfibolitovyy kompleks (Yuzhnyy Ural)* [Inertia of the suture zones of the Urals. Part 3. Ufaleysky gneiss-amphibolite complex (South Urals)], Ekaterinburg, 187 p.
8. Ogorodnikov V. N., Polenov Yu. A., Savichev A. N. 2014, *Redkozemel'nye pegmatity i karbonatity Ufaleyskogo metamorficheskogo kompleksa* [Rare-earth pegmatites and carbonatites of the Ufa metamorphic complex]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], vol. 2(34), pp. 5–10.
9. Ogorodnikov V. N., Polenov Yu. A., Nedosekova I. L. et al. 2016, *Granitnye pegmatity, karbonatity i gidrotermality Ufaleyskogo metamorficheskogo kompleksa* [Granite pegmatites, carbonatites and hydrothermalites of the Ufa metamorphic complex], Ekaterinburg, 283 p.
10. Kramm U., Blaxland A. B., Kononova V. A., Grauert B. 1983, Origin of the Ilmenogorsk–Vishevogorsk nepheline syenites, Urals, USSR, and their time of emplacement during the history of the Ural fold belt: a Rb–Sr stady. The Journal of Geology. vol. 91, no. 4, pp. 427–435.
11. Nedosekova I. L., Pribavkin S. V., Pushkarev E. V. 2005, *Sr–Nd–C–O izotopnye dannye i geokhimiya karbonatitov Il'meno-Vishnevogorskogo shchelochnogo kompleksa i Kurtinskoy zony (Yu. Ural)* [Sr-Nd-S-O isotope data and geochemistry of carbonatites of the Ilmeno-Vishnevogorsky alkaline complex and the Kurtinsky zone (Ural)]. *Ezhegodnik-2004. In-t geologii i geokhimii UrO RAN* [Yearbook-2004. Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS], Ekaterinburg, pp. 198–206.
12. Keyl'man G. A. 1974, *Migmatitovye kompleksy podvizhnykh poyasov* [Migmatitic complexes of mobile belts], Moscow, 200 p.
13. Ovchinnikov L. N. 1963, *Obzor dannykh po absolyutnomu vozrastu geologicheskikh obrazovaniy Urala* [Review of data on the absolute age of geological formations in the Urals]. *Magmatizm, metamorfizm, metallogeniya Urala* [Magmatism, metamorphism, metallogeny of the Urals], vol. 1, pp. 57–83.
14. Krasnobaev A. A. 1986, *Tsirkon kak indikator geologicheskikh protsessov* [Zircon as an indicator of geological processes], Moscow, 147 p.
15. Mineev D. A. 1959, *Redkozemel'nyy epidot iz pegmatitov Srednego Urala* [Rare-earth epidote from the pegmatites of the Middle Urals]. *Dokl. AN SSSR* [Doklady Earth Sciences]. vol. 127, no. 4, pp. 865–868.
16. Popov V. A. 2012, *O nashumevshem ural'skom «ittroepidote» iz Slyudorudnika* [About sensational Urals "ittroepidot" from Slyudorodnik]. *XIII Vseros. nauch. chteniya pamyati il'menskogo mineraloga V. O. Polyakova* [XIII All-Russian scientific readings in memory of the Ilmen mineralogist V. O. Polyakov], Miass, pp. 18–23.
17. Sustavov S. G., Ogorodnikov V. N. 2008, *Ittrokolumbit-(Y) v muskovitovykh pegmatitakh Slyudyanogorskogo mestorozhdeniya (Yuzhnyy Ural)* [Ittrocolumbite-(Y) in the muscovite pegmatites of the Slyudyanogorskoye deposit (South Urals)]. *Vestnik Ural. otd. Ros. mineralog. o-va* [A bulletin of the Ural branch of the Russian Mineralogical Society], no. 5, pp. 106–112.
18. Pozharitskaya L. K.1966, *O genezise karbonatitov* [On the Genesis of Carbonatites]. *Osobennosti petrologii, mineralogii i geokhimii karbonatitov Vostochnoy Sibiri* [Peculiarities of petrology, mineralogy and geochemistry of carbonatites of Eastern Siberia], Moscow, pp. 121–147.
19. Samoylov V. S. 1982, *Redkozemel'nye elementy v redkozemel'nykh karbonatitakh* [Rare-earth elements in rare-earth carbonatites]. *Geokhimiya redkozemel'nykh elementov v endogennykh protsessakh* [Geochemistry of rare-earth elements in endogenous processes], Novosibirsk, pp. 66–97.
20. Chukhrov F. V. 1992, *Mineraly: spravochnik* [Minerals: A Handbook], Moscow, vol. 4, no. 1, 598 p.
21. Lukoshkov V. I. 1983, *Gondity Urala* [Gondits of the Urals], Sverdlovsk, 60 p.

Работа выполнена в рамках Программ фундаментальных исследований Президиума УрО РАН № 15-11-5-17, руководитель – доктор геол.-минерал. наук А. Ю. Кисин. Кроме того, исследования частично финансировались по госзаданию ФАНО по теме 0393-2014-0022 «Геохимические факторы зарождения и эволюции эндогенных рудогенерирующих систем складчатых областей», руководитель – доктор геол.-минерал. наук В. В. Мурзин.

Виталий Николаевич Огородников,
fgg.gl@ursmu.ru
Сергей Геннадьевич Суставов,
sustavov.s@ursmu.ru
Юрий Алексеевич Поленов
fgg.gl@ursmu.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Дмитрий Александрович Ханин
mamontenok49@yandex.ru
Институт экспериментальной минералогии РАН
Россия, Московская обл., Ногинский район, Черноголовка, ул. акад. Осипьяна, 4

Евгений Сергеевич Шагалов
shagalov@igg.uran.ru
Институт геологии и геохимии УрО РАН
им. академика А. Н. Заварицкого
Россия, Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15

Vitaliy Nikolaevich Ogorodnikov,
fgg.gl@ursmu.ru
Sergey Gennad'evich Sustavov,
sustavov.s@ursmu.ru
Yuriy Alekseevich Polenov
fgg.gl@ursmu.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

Dmitriy Aleksandrovich Khanin
mamontenok49@yandex.ru
Institute of Experimental Mineralogy RAS
Chernogolovka, Noginsk district, Moscow region, Russia

Evgeniy Sergeevich Shagalov
shagalov@igg.uran.ru
Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Ekaterinburg, Russia

УДК 553.07-08 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-34-38

THE STUDY OF THE ORE BODIES ZONALITY BY COMPOSITION OF OLIVINE IN THE CHROMITE DEPOSIT NO. 219 OF THE VERKH-NEYVINSKY MASSIF (MIDDLE URALS)

A. V. Alekseev

ИЗУЧЕНИЕ ЗОНАЛЬНОСТИ РУДНЫХ ТЕЛ ПО СОСТАВУ ОЛИВИНА В ХРОМИТОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ № 219 ВЕРХ-НЕЙВИНСКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

А. В. Алексеев

Рассмотрена хромитоносная рудная зона на месторождении № 217 южной части Верх-Нейвинского массива, сложенная дунитами с вкрапленными хромитовыми рудами. Рудная зона имеет выдержанную мощность около 50 м, меридиональное простирание и падение 35°. Хромитовые руды характеризуются четко выраженной полосчатостью, элементы залегания которой в точности повторяют элементы залегания рудной зоны в целом. Под рудной зоной залегает блок дунитов с прожилково-вкрапленными хромитовыми рудами. В целом рудная зона рассматривается нами как типичное позднемагматическое месторождение. Повышенные концентрации хромшпинелида формируют рудные тела, пригодные для промышленной отработки.
Изучалось изменение химического состава хромшпинелида и оливина вкрест простирания рудной зоне. Хромшпинелид по составу высокохромистый, слабо метаморфизованный, имеет выдержанный состав по всей рудной зоне. По железистости оливина наблюдается четко выраженная зональность от максимальных значений на краях зоны (7–8 % Fa) до минимальных в центре (3–4 % Fa). Подобная зональность на уральских месторождениях хромитовых руд выявлена впервые. По нашему мнению, причина появления такой зональности заключается в первичном перераспределении вещества при кристаллизации хромититов из остаточного расплава.
Также в изученных образцах повсеместно наблюдается многократно описанное явление посткристаллизационного перераспределения железа между сосуществующими зернами оливина и хромшпинелида. Как и в других описанных в литературе случаях, перераспределение наблюдается в узкой контактовой зоне обоих минералов.

Ключевые слова: Верх-Нейвинский массив; хромитовые руды; хромшпинелид; оливин; зональность; рудоносная зона.

The author considers chromite-bearing ore zone at deposit No. 217 of the southern part of the Verkh-Neyvinsky massif composed of dunites with disseminated chromite ores. The ore zone has a sustained thickness of about 50 meters, a meridional strike and a dip of 35°. Chromite ores are characterized by the clearly defined banding, the elements of occurrence of which exactly repeat the elements of occurrence of the ore zone as a whole. Under the ore zone, there is a block of dunites with vein-disseminated chromite ores. In general, we consider the ore zone as a typical late-magmatic deposit. Increased concentrations of chromospinelide form the ore bodies that are suitable for industrial processing.
The study covers a change in the chemical composition of chromospinelide and olivine along the strike of the ore zone. Chromospinelide has a high chromium composition, slightly metamorphosed, and its composition is consistent throughout the entire ore zone. The iron content of olivine shows a clearly defined zonality from the maximum values at the edges of the zone (7–8 % Fa) to the minimum values at the center (3–4 % Fa). This is the first occurrence of corresponding zonality in the Ural deposits of chromite ores. In our opinion, the reason for the appearance of such zonality is in the primary redistribution of matter during the crystallization of chromites from the residual melt.
In addition, in the studied samples, one can observe the repeatedly described phenomenon of post-crystallization redistribution of iron between the coexisting grains of olivine and chromospinelide. As in other cases described in the literature, redistribution happens in the narrow contact zone of both minerals.

Keywords: The Verkh-Neyvinsky massif; chromite ores; chromospinelide; olivine; zonality; ore zone.

A brief description of the massif and chromites

The Verkh-Neyvinsky massif is one of the least studied chromite-bearing massifs in the Middle Urals. At the same time, the chromite industry of Russia "originated" on it. Here were the very first chromite mines in the Urals (1880s), the remains of which one can still observe today.

The massif has a complex geological structure. It has a drop-shaped form, ranging from 10 km wide in the north to 1–2 in the south, containing the rocks of the Sjuzel, Kirovgrad and Kungurk suites, the contacts of the massif with them are tectonic with a dip to the east at angles of 55–80°. The northern part of the massif is mainly composed of dunites, which contact in the north and east with a gabbroid massif. Along the contact develops a thick zone of clinopyroxenites with subdued verlites and olivine clinopyroxenites. The southern part of the massif is also represented by an extended dunite body, clamped between the clinopyroxenite and the bandings. According to geophysical data, the ultrabasites form a layer-like deposit underlain by gabbroids, the vertical thickness of which reaches 5 km.

A lot of chromite deposits have been identified (and for the most part worked out) on the massif, some of them are single bodies chaotically scattered along the massif, but the bulk of them concentrates in two ore fields. The northern field is the Leshachie ravines (26 chromite displays and deposits), represented by numerous lenticular bodies of solid, less often disseminated ores, and usually worked to a depth of up to 60 m. The distribution of deposits is chaotic, with no apparent reference to any geological structures. The southern field is the Sharomsky Mountains (10–12 objects), represented by lenticular and tabular deposits with a predominance of disseminated mineralization.

Both ore fields have similarities in geological structure. They are confined to the marginal dunite-clinopyroxenite complex (DC), ore bodies occur in dunite blocks, by composition chromites have high chromium content, metallurgical varieties, and are generally susceptible to weakly expressed processes of secondary changes. The Sharomsky field is much smaller (dunite block area is smaller) than Leshachie, so the chromite bodies are smaller, and disseminated ores predominate.

The material for this study

During several years of work, we accumulated a rather large amount of stone material for the chromite deposits of the massif. In the northern group of deposits (Leshachie ravines), we mostly studied abandoned quarries, the remains of ore bodies were rare, most of the material was from dumps or remaining uncovered walls. In the southern group (Zhuzhinsky Mountains), we conducted active prospecting and mining operations for several years, so the accumulated material is highly representative and mainly includes core samples for ores and enclosing rocks.

Overall, a study covers material from 15 wells crossing ore bodies. Of these, a large part (7 wells) is for deposit No. 219.

Objectives. The main objective of this research was to study the structure of chromite bodies with the search for an explicit or hidden zonality in composition. To this end, we studied structures and textures of ores, contacts with host rocks, and selected series of ore samples intersecting ore bodies for successive production of polishes and thin sections with their description.

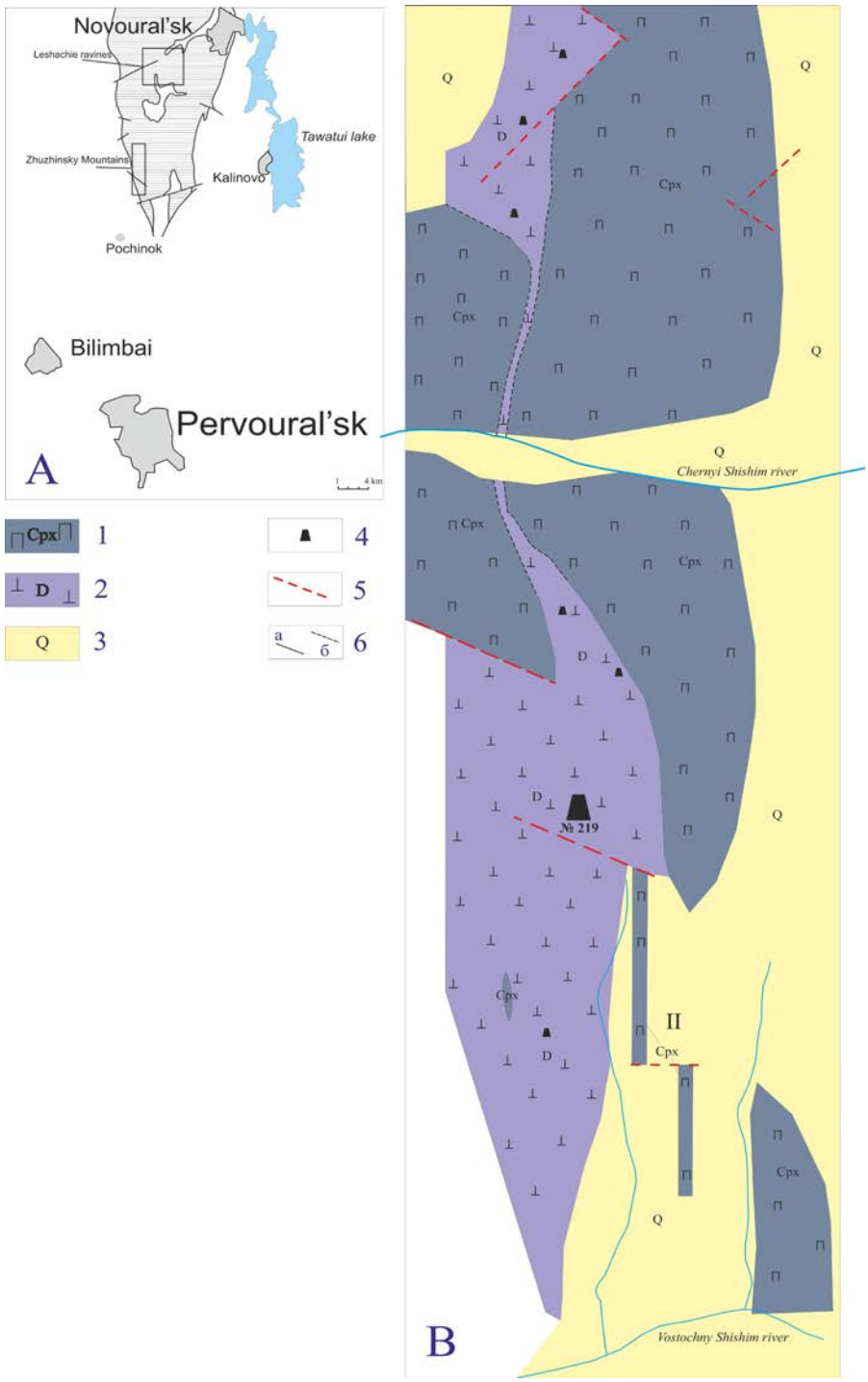


Figure 1. Schematic map of the Verkh-Neyvinsky Massif (A) and the section Zhuzhinsky Mountains (B). 1 – clinopyroxenites with subordinate bodies of verlites; 2 – dunites and apodunite serpentinites; 3 – valleys of rivers and streams, covered with a mantle of quaternary sediments; 4 – old and current chromite ore quarries; 5 – tectonic contacts; 6 – assumed tectonic boundaries.

For the most thoroughly studied (drilled by a dense network of wells) deposit No. 219, we obtained a large volume of microprobe analyzes for coexisting olivine and chromospinelide in order to search for the internal zoning of chromite bodies in terms of the composition of the minerals.

Previous studies on this topic

The first consideration of the search for hidden zonality in chromite bodies appeared in the works of Tsaritsyn [8], who showed a change in chromicity in the ore bodies of the Kempirsaysky massif from the center to the edge of the deposit. Later, zonality in chromite bodies by the composition of the ore chromospinelide was covered by various examples in the works of Ukhanov [7], Chashchukhin [9] Alekseev [1], et al. In general, all researchers note a pronounced zonality, consisting in the chromicity increase of the ore chromospinelide from the edge of the ore body to its center. In addition, there is a general increase in the chromium content of the mineral as the density of dissemination of ores increases.

The structure of the studied deposit

Earlier we already considered in detail the structure of the ore-bearing zone of deposit No. 219 [2]. We showed that the ore-bearing zone is a layered body with clearly delineated boundaries. The host rocks are represented by serpentinized dunites with a ferrugi-

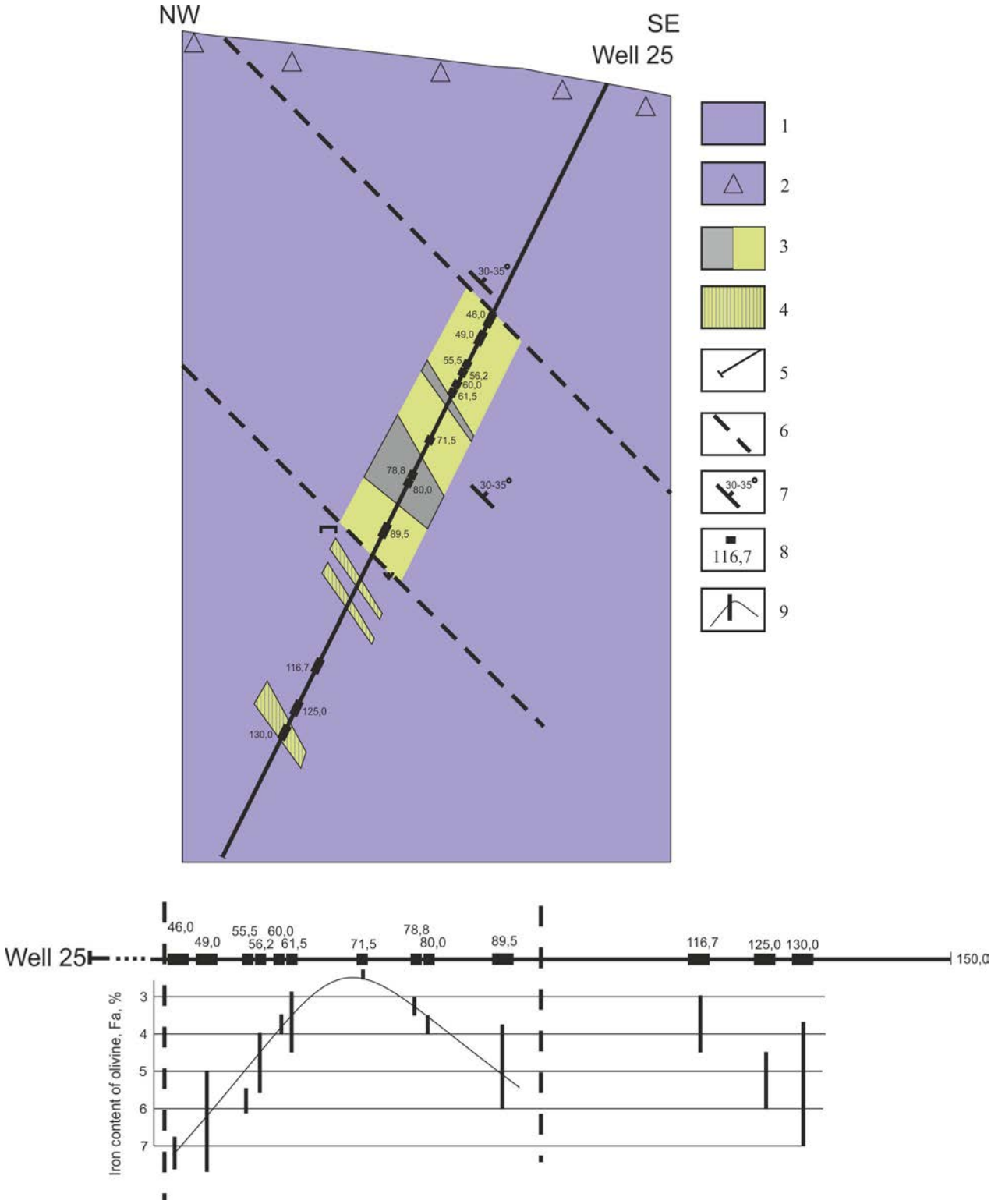


Figure 2. Geological section along the ore zone of deposit No. 219 and change in the composition of olivine along well No. 25. 1 – apodunite serpentinites and serpentinized dunites; 2 – weakly serpentinized dunites; 3 – ore bodies separated by contouring data (border 15% Cr_2O_3); 4 – zone of weathering and soil–vegetation layer; 5 – exploratory wells; 6 – boundaries of the ore zone; 7 – elements of the banding of ores; 8 – elements of occurrence of the ore zone; 9 – sampling points along the well (a) and the range of variation in the iron content of the olivines measured in them (b).

nous content of 7–8 %. The ore zone has a reduced iron content of ore-bearing dunites (3–5 %) and a characteristic light color (clarified dunites). Below the ore zone, there is a zone of vein mineralization in the form of thin (up to the few meters) veins of clarified serpentinites with chromite mineralization.

The chromites in the ore zone are characterized by banded textures; the elements of occurrence of banding always correspond to the elements of occurrence of the zone as a whole. The distribution of chromospinelide within the zone is rather chaotic. The results of contouring along the side content distinguish the ore bodies; they have a lenticular shape, the strike as a whole coincides with the strike of the zone.

After the extraction of the ore zone of deposit No. 219, we attempted to find some zonality in the composition of the minerals within it. Since the only primary minerals are olivine and chromo-

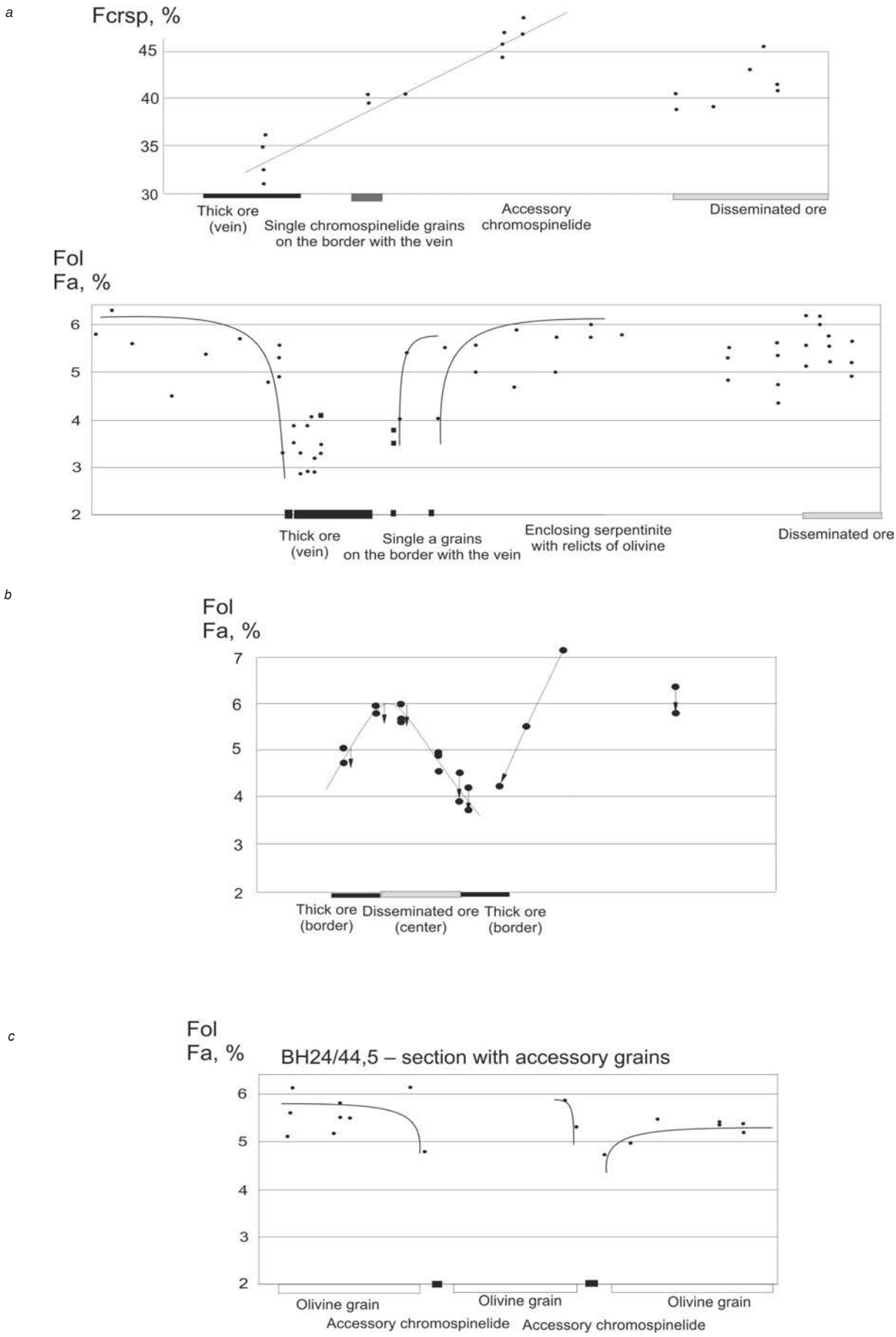


Figure 3. Change in the ferruginousness of coexisting olivine and chromospinelide by microsections of samples No. 23/50.5 (*a*), 25/130.0 (*b*) and 24/44.5 (*c*). *Note.* The arrows show changes in the iron content of olivine from the center of the grain to the edge. The lines show the trend of the olivine compositions changes as it approaches the grain of chromospinelide.

spinelide, they were a focus of the study. In Fig. 2, one can see the most representative section of the ore zone. Of the samples from all the wells, the number of samples and the data obtained from well No. 25 turned out to be the largest and most successful for analysis.

Description of chromites. Incipient and banded textures predominate in ores with an ore mineral content ranging from 5–10 to 20–25 %. The shape of the chromospinelide grains is distinctly idiomorphic (octahedral), splices or irregular forms of selections are much less common. The grain size of chromospinelide varies from 0.2–0.3 mm to 1 mm. Herewith, generally, there is no predominant grain size for each sample. Usually there are large grains surrounded by a scattering of smaller ones. The dependence of the grain size on the density of impregnation exists (in dense and massive ores the grain size is larger than in the poor ones), but it is very weak.

Virtually all ores are more or less susceptible to secondary processes of substitution of chromospinelide by magnetite. Microscopically it appears in the form of development of the clarified (chromium-magnetite) sections along the primary chromospinelide. The amount of chromagnetite varies from 3–5 to 20 %, in poor ores it is higher than in rich ones. Incidentally, there is one significant difference in the pattern of the changes in chromospinelide in comparison with the ores of other massifs. Chromagnetite is distributed over the grains in the form of irregularly shaped spots without a clear confinement to grain boundaries or cracks. The reason for such a chaotic replacement of chromospinelide is still unclear.

The primary (unaffected) chromospinelide is characterized by a rare consistency of the composition throughout the span of the ore zone. The fluctuations in the contents of the main components are very insignificant. There was no detected change in the composition of the ore chromospinelide across the ore zone. Instead, one can see the repeatedly described [7] dependence of the content of basic elements in chromospinelide from the density of dissemination: as the density of dissemination of ores increases in chromospinelide, the proportion of chromium increases due to a proportional decrease in the content of magnesium and aluminum. The example of a microsection along one of the samples clearly shows it (Fig. 3, *a*).

Characteristics of olivine. Olivine in the ore is partially serpentinized (from 50 to 80 %), but one can find fresh relics in all samples. Olivine grains are round, with a size of 0.5–0.6 mm. Olivine is characterized by a thin primary dissemination of early magnetite [9].

On the graph of the change in the iron content of olivine across the ore zone (see Fig. 2) appears a rather beautiful curve of its gradual decrease from the boundaries of the zone to its center. However, when going to the lower level, the analysis of the change in the ferruginousness of olivine within a single sample elucidates other regularities (Fig. 3).

Fig. 3 shows some of the most informative microsections of 2–3 cm length by samples of ores (*a*, *b*) and rocks (*c*) with measurements of olivine and chromospinelide compositions at different points. *Distorted horizontal scale in the drawings is for convenience of presentation.*

It is clear that the iron content of olivine is fairly well sustained in the range of 5–6 % and sharply decreases on contact with the grain of chrome spinel to 3–4 %, i.e. redistribution of components between minerals is carried out mainly in a narrow contact part with the width of the first parts of mm. Different papers [3] repeatedly described earlier this phenomenon was. If we consider olivine inclusions in chromospinelide, the picture is similar, and the width of the zone with iron redistribution remains unchanged. In relatively coarse grains-inclusions, the central part has a ferruginous content at the level of the same 5–6 % Fa, and a decrease occurs at the contact with the chromospinelide-bearer. Small grains (up to 0.2–0.3 mm) have a low iron content of 3–4 Fa over the entire area. The same applies to the reverse picture – the contact of the accessory grain of chromospinelide and a large grain of olivine (Fig. 3, *c*). Redistribution of elements between coexisting grains goes in a narrow contact part.

After reconsidering the distribution of iron content of olivine over the ore-bearing zone as a whole, according to this data, the primary curve of the change in the iron content of olivine in Fig. 2 somewhat smoothens, since in sample No. 71.5 we analyzed only olivine inclusions with minimal iron content. Nevertheless, its general form remains.

Conclusions

The ore-bearing zone of deposit No. 219 has a pronounced zonation by the change in the iron content of olivine from 7–8 % Fa at its boundaries to 3–4 % Fa in the center. The studied samples widely display already known phenomenon of post-crystallization redistribution of iron between coexisting grains of olivine and chromospinelide. We emphasize that it occurs only in a narrow contact zone of both minerals.

The reason for the appearance of such zonality in the composition of olivine is still unclear. Probably, this is a reflection of processes during the formation of the ore zone – crystallization of the residual melt.

The research was carried out with the support of research work No. 1201257647 "Geochemical factors of the origin and evolution of endogenous ore-forming systems of folded regions".

REFERENCES

1. Alekseev A. V. 2006, *Zonal'nost' rudnykh tel po sostavu khromshpinelidov* [Zone of ore bodies in composition of chromospinelides]. *8-e Chteniya imeni Chirvinskogo* [8th Chirvinsky Readings], Perm'.
2. Alekseev A. V., Chernetskaya M. V. 2011, *Stroenie khromitovykh rudnykh zon v dunitakh al'pinotipnykh massivov* [The structure of chromite ore zones in dunites of alpinotypic massifs]. *Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov* [Metallogeny of ancient and modern oceans], Miass, p. 72—75.
3. Varlakov A. S. 1996, *Dunit-verlit-klinopiroksenitovyy kompleks ofiolitov i ego proiskhozhdenie* [Dunite-verlite-clinopyroxenite ophiolite complex and its origin], Ekaterinburg, 179 pp.
4. Makeev A. B. 1992, *Mineralogiya al'pinotipnykh giperbazitov Urala* [Mineralogy of alpinotype hyperbasites of the Urals], St. Petersburg, 197 p.
5. Perevozchikov B. V. 1995, *Zakonomernosti lokalizatsii khromitovogo orudeneniya v al'pinotipnykh giperbazitakh (na primere Urala)* [Regularities of the localization of chromite mineralization in alpinotypic hyperbasites (on the example of the Urals)], Moscow, 46 p.
6. Pustovetov A. A., Mitina E. A., Ukhanov A. V., Nikol'skaya N. E., Senin V. G. 1992, *Neodnorodnost' aktsessornogo khromshpinelida kak vozmozhnyy geotermometr* [Heterogeneity of accessory chromospinelide as a possible geothermometer]. *Geokhimiya* [Geochemistry International], no. 10, pp. 1412–1422.
7. Ukhanov A. V. Nikol'skaya N. E., Guzhova A. V. 1990, *Sledy kristallizatsionnoy differentsiatsii v ural'skikh khromitakh* [Traces of crystallization differentiation in the Urals chromites]. *Geokhimiya* [Geochemistry International], no. 1, pp. 61–72.
8. Tsaritsyn E. P. 1983, *O vertikal'noy zonal'nosti v giperbazitakh Kempirsayskogo massiva* [On the vertical zoning in the hyperbasites of the Kempirsaysky Massif]. *Mantiynye ksenolity i problema ul'traosnovnykh magm* [Mantle xenoliths and the problem of ultrabasic magmas], Novosibirsk, pp. 186–195.
9. Chashchukhin I. S., Bulykin L. D., Chashchukhina V. A. 2005, *O prirode khromitovogo orudeneniya v porodakh dunit-klinopiroksenitovogo kompleksa ofiolitov Srednego Urala* [On the nature of chromite mineralization in the rocks of the dunite-clinopyroxenite complex of ophiolites of the Middle Urals]. *Ezhegodnik-2004 IGG UrO RAN* [Yearbook-2004 IGG RAS], pp. 353–358.
10. Chashchukhin I. S., Votyakov S. L., Shchapova Yu. V. 2007, *Kristallokhimiya khromshpineli i oksitermobarometriya ul'tramafitov skladchatykh oblastey* [Crystallochemistry of chrome spinels and oximetrybarometry of ultramafites of folded regions], Ekaterinburg, 310 p.
11. Yarosh P. Ya. 1980, *O pervoistochnike khroma v dunitakh i prirode aktsessornogo khromita* [On the primary source of chromium in dunites and the nature of accessory chromite]. *Zapiski VMO* [Notes of the All-Russian Mineralogical Society], vol. 109, no. 1, pp. 98-105
12. Barnes S. J., Roeder P. L. 2001, The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. J. Petrol, vol. 42, no. 12, pp. 2279–2302.

Александр Валерьевич Алексеев
alexeev@igg.uran.ru
Институт геологии и геохимии УрО РАН
им. акад. А.Н. Заварицкого
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Aleksandr Valer'evich Alekseev
alexeev@igg.uran.ru
Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Ekaterinburg, Russia

УДК 549.621.21(470.5) DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-39-43

FEATURES OF PHENACITE MINERALIZATION FROM THE URAL EMERALD MINES

M. P. Popov, A. G. Nikolaev

ОСОБЕННОСТИ ФЕНАКИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ С УРАЛЬСКИХ ИЗУМРУДНЫХ КОПЕЙ

М. П. Попов, А. Г. Николаев

Рассмотрены вопросы особенностей развития фенакитовой минерализации на Изумрудных копях Урала, которая достаточно хорошо развита и описана на Мариинском (Малышевском) и Сретенском (Свердловском) изумрудно-бериллиевых месторождениях. Фенакит широко распространен на многих бериллиевых месторождениях, но кристаллы ювелирного качества, да еще таких крупных размеров, как на Изумрудных копях, образует редко. Несмотря на давность открытия (1833) и по причине редкой встречаемости ювелирного качества кристаллов и наличия в месторождениях Изумрудных копей более дорогих и ценных камней – изумрудов и александритов, фенакит остается до сих пор почти неизвестным на рынке драгоценных камней и особенно за границей. Наиболее часто фенакитовая минерализация встречается в слюдитовых жилах, представленных серым и зеленовато-серым флогопитом. Характер распределения фенакита в слюдитовых жилах крайне неравномерный. Оруденение типично гнездовое. Высокое содержание фенакита отмечается в слюдитовых жилах, минеральный состав которых определяется наличием в основной массе флогопита, прожилков и желваков бериллийсодержащего маргарита (Be-маргарит) и хлорита. Низкое содержание фенакита зафиксировано в слюдитовых жилах, в состав которых входят флогопит, плагиоклаз, берилл, флюорит, дымчатый кварц. На Сретенском месторождении встречена жила, которая относится к новому типу рудных тел хризоберилл-фенакитового состава, залегающих в ультраосновных породах. В отличие от изумрудоносных слюдитовых жил, имеющих северо-западное простирание, хризоберилл-фенакитовые рудные тела ориентированы в близширотном направлении и имеют северное падение под углом 75°–80°. Наиболее распространенный облик кристаллов фенакита на Изумрудных копях – ромбоэдрический и короткостолбчатый. Кристаллы характеризуются большим числом граней. Обычные формы – гексагональная призма с ромбоэдрами. Двойники прорастания встречаются часто, характерны друзы, шестоватые агрегаты и сферолиты. По цвету фенакит может быть бесцветным или слабо окрашенным в винно-желтый, иногда розоватый, светло-серый, белый, редко бурый цвет. Окраска в кристалле может распространяться неравномерно. Винно-желтая окраска неустойчива, на свету она полностью исчезает. Наиболее часто в фенаките в качестве включений встречаются клинохлор, ильменит и пирротин. В работе приведены спектры инфракрасной и оптической спектроскопии для фенакитов различной окраски. Кроме того, показано сходство геммологических свойств уральских фенакитов и кристаллами из Шри-Ланки.

Ключевые слова: Урал; изумрудно-бериллиевые месторождения; фенакит; кристалл; геммологичекие характеристики; спектры отражения и поглощения.

The authors consider the problems of development of phenacite mineralization at the Ural Emerald Mines, which is rather well developed and described in the Mariinsky (Malyshevsky) and Sretensky (Sverdlovsk) emerald-beryllium deposits. Phenacite is widespread in many beryllium deposits, but crystals of jewelry quality, with such large sizes as at the Emerald Mines, form rarely. Despite the prescription of the discovery (1833), and because of the rare occurrence of jewelry quality of crystals, and the presence of more expensive and valuable stones – emeralds and alexandrites – in deposits of the Emerald mines, phenacite remains almost unknown in the precious stones market, and especially abroad. Phenacite mineralization mostly occurs in the micaceous veins represented by gray and greenish-gray phlogopite. Distribution of phenacite in the micaceous veins is extremely uneven. Mineralization is typically nesting. High content of phenacite appears in the micaceous veins, mineral composition of which is mostly phlogopite, veins and concretions of beryllium-containing margarite (B-margarite) and chlorite. Content of phenacite is low in the micaceous veins that include phlogopite, plagioclase, beryl, fluorite, smoky quartz. At the Sretensky deposit is located a vein that refers to a new type of ore bodies of the chrysoberyl-phenacite composition lying in ultrabasic rocks. Unlike emerald-bearing micaceous veins that have a northwestern spread, the chrysoberyl-phenacite ore bodies are oriented in the near-latitudinal direction and have a northern incidence at an angle of 75°–80°. The most common form of phenacite crystals on the Emerald Mines is rhombohedral and short columned. Crystals have a large number of faces. The usual shapes are a hexagonal prism and rhombohedrons. Twin crystals are common, druses, columnar aggregates, and spherulites are characteristic. Phenacite can be colorless or slightly colored in wine yellow, sometimes pinkish, light gray, white, and rarely brown. The color in the crystal can spread non-uniformly. Wine-yellow coloration is not stable; it completely disappears in the light. Most common inclusions in phenacite are clinochlor, ilmenite and pyrrhotite. The work presents spectra of infrared and optical spectroscopy for phenacites of various colors. In addition, the authors show the similarity of gemological properties of the Ural phenacites and crystals from Sri Lanka.

Keywords: Ural; Emerald-beryllium deposits; phenacite; crystal; gemmological characteristics; reflection and absorption spectra.

Introduction

Phenacite is the least studied, known and demanded stone, in comparison to its famous "brothers in the Emerald Mines" – emerald and alexandrite. Meanwhile, the Ural phenacite is now confidently making its way to the market of jewelry stones.

Phenacite is a beryllium mineral (Be_2SiO_4). Ya. V. Kokovin discovered phenacite at the Emerald Mines at the Sretenskiy field of the Emerald Mines, and N. Nordensheld chemically determined it in 1833. It is widespread at beryllium deposits, but jewelry quality crystals of such large sizes as at the Emerald Mines are rare. For this reason phenacite as a gemstone is infamous in Europe. Despite the prescription of the discovery, because of the rare occurrence of jewelry quality of crystals, and due to the presence of more expensive and valuable stones in emerald mines – emeralds and alexandrites, phenacite to this day remains almost unknown on the jewel market, especially abroad. A. E. Fersman was the first one who drew serious attention to this rare stone, which undoubtedly has decorative properties – transparency and a very delicate yellowish or pinkish hue. Due to its excellent shine, it often passes off as topaz or even as a diamond. However, the color of phenacite is very unstable, and often, beautifully colored during mining, stone completely fades after a few months under the sunlight, what is one of its disadvantages [1].

Geology and location conditions

On the territory of the Ural emerald mines, phenacite mineralization is rather well developed and is described in the Mariinsky (Malyshevsky) and Sretensky (Sverdlovsk) emerald-beryllium deposits. According to the exploration results of the Mariinsky deposit, phenacite is extremely rare there. Phenacite mineralization mostly occurs in the micaceous veins represented by gray and greenish-gray phlogopite. Distribution of phenacite in the micaceous veins is extremely uneven. Mineralization is typically nesting. High content of phenacite appears in the micaceous veins, mineral composition of which is mostly phlogopite, veins and concretions of beryllium-containing margarite (B-margarite) and chlorite (Fig. 1). Content of phenacite is low in the micaceous veins that include phlogopite, plagioclase, beryl, fluorite, smoky quartz.

Sometimes phenacite crystals form together with emerald crystals (beryl) (Fig. 2).

One can observe both growth of emerald over phenacite and overgrowth of phenacite around beryl crystals (Fig. 3). In all cases, there are induction faces.

During exploration and development at the Sretensky deposit, a few phenacite crystals in the mica complexes were among the find-

Figure 1. Druse of phenacite crystals with chlorite from micaceous complexes.

Figure 2. Intergrowth of phenacite and emerald from mica complexes.

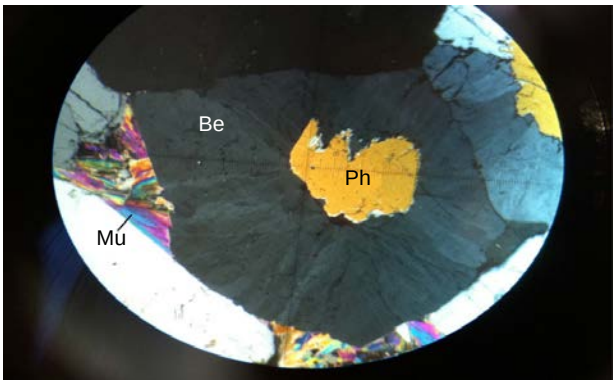


Figure 3. Inclusion of phenacite (Ph) in beryl (Be). Nicols are crossed. Scale x80.

Figure 4. Crystals and splices of phenacite crystals from the Sretensky deposit.

Figure 5. Phenacite crystal with rhombohedral appearance.

Figure 6. Crystal of wine-yellow phenacite in mica.

ings. In 1994, in the "Yuzhny" quarry, in the lying (western) side of the ore zone of the Sretensky deposit, researchers discovered a plagioclase vein with thin phlogopite ridges, characterized by an exceptionally high (not less than 30% of the volume) concentration of large-grained (and intergrowths) phenacite. This vein belongs to a new type of ore bodies of chrysoberyl-phenacite composition, bedded in ultrabasic rocks. Unlike emerald-bearing micaceous veins that have a northwestern spread, the chrysoberyl-phenacite ore bodies are oriented in the near-latitudinal direction and have a northern incidence at an angle of 75–80°. The length of the veins of the new type does not exceed 5–6 m, and their thickness varies from 20 to 50 cm [2]. In the vein, there are two generations of phenacite. The first is a granular, fractured milk-white aggregate. The second grows on the first in the form of idiomorphic crystals (Fig. 4). The contact between them is clear smooth.

Shape of the crystals and properties of the mineral

The most common form of phenacite crystals on the Emerald Mines is rhombohedral and short columned. Crystals have a large number of faces. The usual shapes are a hexagonal prism and rhombohedrons. Twin crystals are common, druses, columnar aggregates, and spherulites are characteristic. The facets may be specular, covered with growth bumps or dissolution pits [1]. Sometimes one can observe hatching of joint growth on them (Fig. 5).

Phenacite usually is in the form of crystals grown into the rock, sometimes in the form of druses in voids. The size of crystals varies

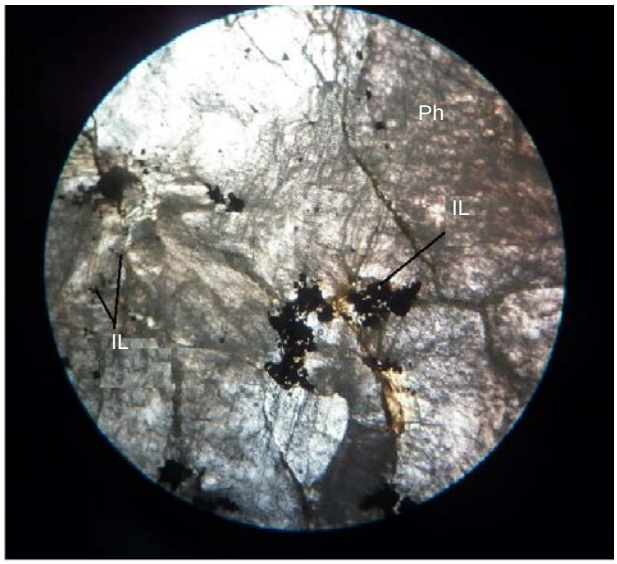


Figure 7. Plates and small dissemination of ilmenite (IL) in phenacite (Ph).

from small (fractions of mm) to large (up to 10–15 cm). Individual crystals can be up to 20 cm in length.

Phenacite can be colorless or slightly colored in wine yellow, sometimes pinkish, light gray, white, rarely brown (Fig. 6). The color in the crystal can spread non-uniformly. Wine-yellow coloration is not stable; it completely disappears in the light.

Inclusions

Phenacite from the Ural emerald mines contains mineral, gas-liquid and mechanical inclusions that affect the transparency of the crystals.

The most frequent inclusion in phenacite is chlorite in the form of singular scales (1–6 mm) or aggregates of idiomorphic crystals, 0.6 × 0.5 cm in size. The authors present chlorite compositions in Table 1 (analyzes 3 and 4). After converting (the content of H_2O is 11.65% according to the data of wet chemistry), the authors obtained the following crystallochemical formulas:

$$(Mg_{3.88}Fe_{0.81}Cr_{0.01}Mn_{0.01})_{4,71}Al_{1.23}[Si_{2.79}Al_{1,24}O_{10}](OH_{7.76}F_{0.21})_{7.97} – \text{an. 3.}$$

$$(Mg_{3.92}Fe_{0.81}Mn_{0.01})_{4.75}Al_{1.21}[Si_{2.82}Al_{1.20}O_{10}](OH_{7.76}F_{0.21})_{7.97} – \text{an. 4.}$$

By results of the analysis, it is clear that chlorite belongs to the *clinochlore* group.

A rather common mineral inclusion in phenacite is ilmenite, which occurs in the form of thin plates of gray-black color (Fig. 7) or small isometric inclusions. The size of the mineral is from 1–2 mm up to 2 cm. One can see the compositions of the mineral in Table 1 (analyzes 1 and 2), and their recalculated crystallochemical formulas are:

$$(Fe_{0.90}Mg_{0.03}Mn_{0.08})_{1.01}Ti_{0.99}O_3 – \text{an. 1.}$$

$$(Fe_{0.89}Mg_{0.03}Mn_{0.08})_{1.00}Ti_{0.99}O_3 – \text{an. 2.}$$

Rarely, phenacite contains *pyrrhotite* grains (diagnosed by X-ray diffraction), 1–2 mm in size. They have an irregular shape and a bronze-yellow color.

Gas-liquid inclusions in the phenacite have a tubular, isometric and elongated shape (Fig. 8). Tubular inclusions usually have sub-parallel orientation in the form of small clusters. Their dimensions do not exceed a tenth of a millimeter.

Isometric and elongated inclusions occur together. They often are oriented in the plane of healed cracks. The ratio between water and gas in the inclusions is from 3 : 1 to 5 : 1. Composition of the inclusions was mainly two-phase, with no detected three-phase inclusions.

Most phenacite crystals have numerous mechanical inclusions – cracks. There are two types (Fig. 9):

– small cracks (type A) – have a strictly sustained strike, are formed due to plastic deformations when crystals are formed in a plastic medium (micaceous material);

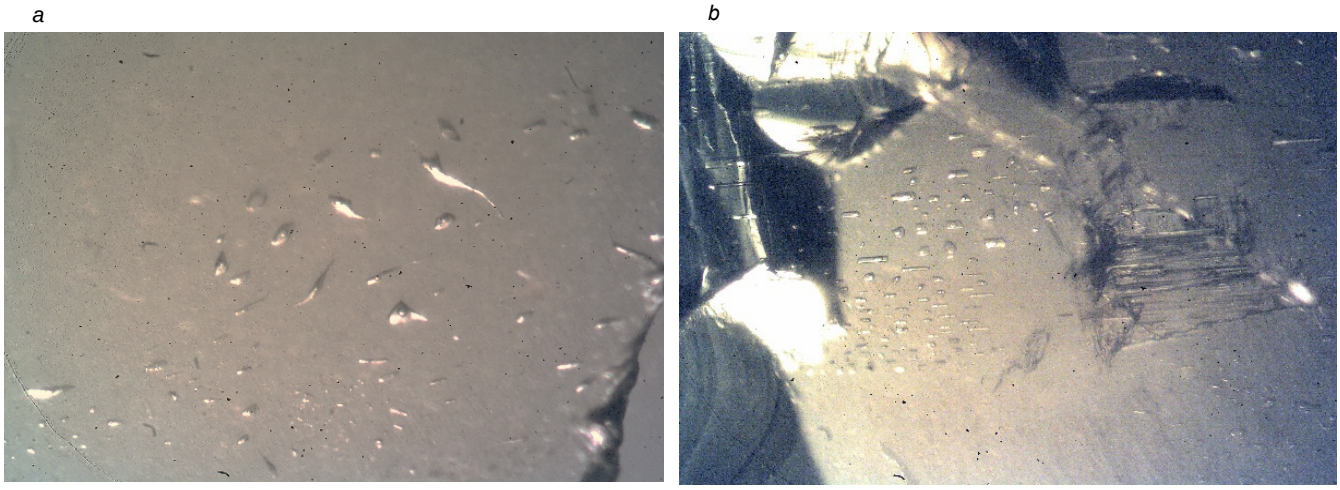


Figure 8. Planar (*a*) and tubular (*b*) gas-liquid inclusions in the phenacite of the Mariinsky deposit. Scale x70.

Table 1. Results of electron probe microanalysis of ilmenite and chlorite.

Number	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	F	Total
1	0,01	52,07	0,00	0,02	42,38	3,74	0,74	0,01	0,00	0,00	–	98,96
2	0,00	52,20	0,01	0,01	42,05	3,68	0,76	0,01	0,04	0,01	–	98,77
3	27,97	0,02	21,00	0,12	9,71	0,11	26,10	0,02	0,01	0,02	0,68	85,76
4	28,27	0,02	20,47	0,03	9,64	0,12	26,36	0,00	0,00	0,01	0,66	85,58

Note. Analyst: V. V. Hiller. Device: Cameca SX 100. Analysis conditions: accelerating voltage U = 10 kV, probe current I = 100 nA, probe diameter 2 μm. 1, 2 – ilmenites, 3, 4 – chlorites.

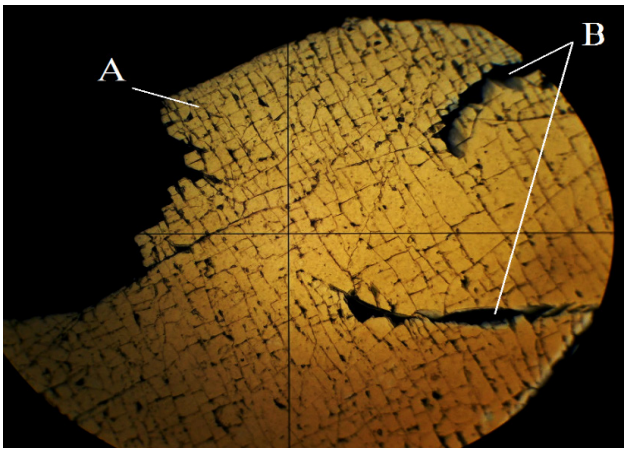


Figure 9. Cracks in the phenacite crystal. Types A and B. Nicols are crossed. Field of view 2 mm.

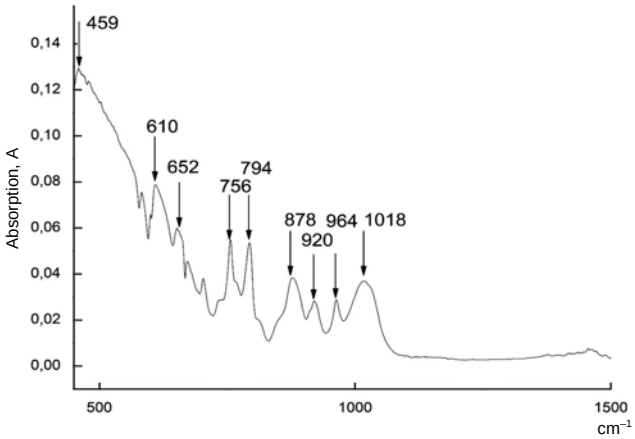


Figure 10. Reflected IR spectrum of colorless phenacite from the Mariinsky deposit.

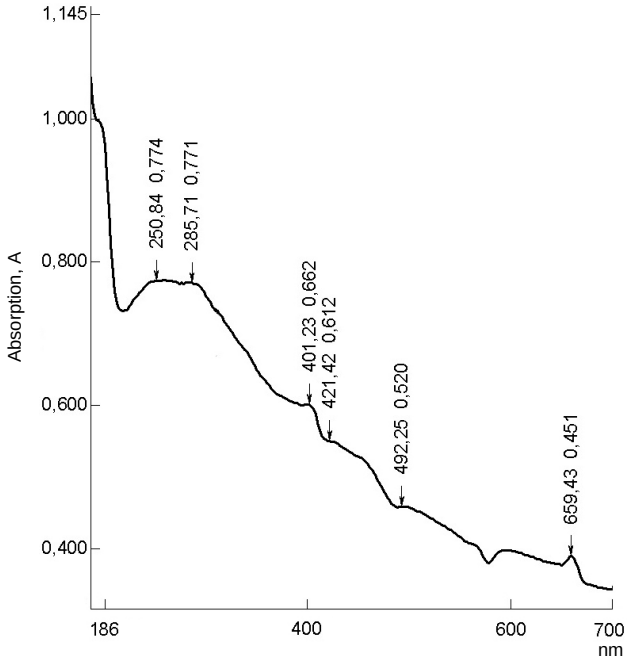


Figure 11. Optical absorption spectrum of yellow (light brown) phenacites.

– large cracks (type B) have different directions and much greater power, are formed during the extraction of crystalline raw material under the influence of impact loads.

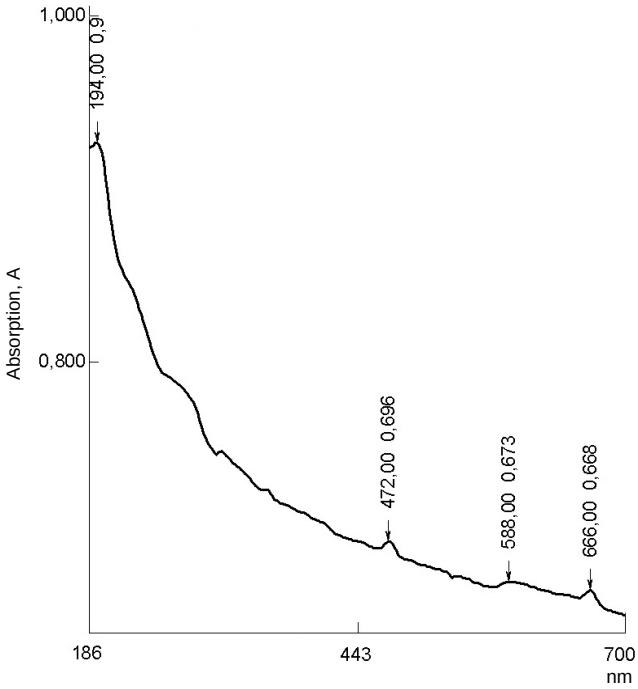


Figure 12. Optical absorption spectrum of colorless phenacites.

Formation of numerous cracks leads to a deterioration in the transparency of the phenacite crystals and formation of "blockiness". In the center of the crystal there are large transparent blocks, about 15–30 mm in size, and closer to the periphery, the block size decreases, leading to the decrease of transparency degree.

Infrared spectroscopy

The authors surveyed infrared spectra of phenacites from the Mariinsky deposit using a spectrophotometer "Spectrum Two perkinelmelmer", in the "reflection" mode. The shooting range was 450–4500 cm^{-1}, the spectral resolution was 0.5 cm^{-1}. One can see the characteristic infrared spectrum of colorless phenacite below (Fig. 10).

Weak vibrational bands of up to 660 cm^{-1} relate to deformation vibrations associated with BeO_4 and SiO_4 complexes in the phenacite structure. Bands in the range of 690–800 cm^{-1} relate to the valence vibrations of BeO_4 complexes, and above 800 cm^{-1} – to SiO_4 structures in the mineral [3]. For the study authors by infrared spectroscopy selected samples of colorless phenacites and phenacites having different colors, from yellow to light brown. There were no fundamental differences in the oscillation lines in infrared spectra of colorless and colored phenacite samples. The main oscillation lines of the structural complexes BeO_4 and SiO_4 in colorless and colored phenacites have the same wavelengths and have minor differences in the optical density. From this, we can draw the following conclusions: the coloring of phenacites has an electron-hole nature, and, due to it, the color appearance mechanism does not affect the symmetry of local structural units in the crystal structure of the mineral.

Optical spectroscopy

The authors recorded optical absorption spectra on a specialized SHIMADZU UV-3600 spectrophotometer in the wavelength range of 185–3300 nm, at room temperature. The authors obtained optical absorption spectra of colorless and light brown phenacite from the Mariinsky deposit. On both spectra of the mineral in the range of 2900–3200 nm are oscillations associated with the presence of OH group. There are peaks in the range of phenacites of yellow color in the interval of 250–286 nm (Fig. 11).

In the transparent colorless phenacites, there was no absorption in ultraviolet range (Fig. 12). Other low-intensity absorption bands in optical spectra are noises related to the survey conditions.

Table 2. Comparison of gemmological characteristics of phenacite from different countries.

Characteristics	Brazil	Sri Lanka	Russia (Emerald Mines)
Refractive index	1,650–1,665	1,651–1,668	1,651–1,668
Birefringence	0,015	0,17	0,017
Shine	Vitreous	Vitreous	Vitreous
Density (g/cm³)	2,97	2,97	2,97
Fluorescence:		Very weak	Very weak green,
LWUV	No	green, uniform	uniform
SWUV	No	No	No

The nature of the phenacites coloration currently is not studied in detail in optical adsorption spectroscopy. Many authors agree on only one thing, that the nature of coloration is associated with electron-hole centers. Disappearance of color in phenacite upon expose to either ultraviolet radiation or high temperatures indicates it. According to one of the theories, these absorption lines are associated with the oxygen vacancies that have captured an electron [4]. Other researchers believe that these absorption lines are associated with bridged electron centers of the Al^{3+}–O^{-}–Al^{3+} type [4]. They are formed due to the isomorphic occurrence of aluminum ions in the crystal lattice of phenacite, in an amount up to 0.5% [5]. In addition, the presence of paramagnetic centers affects the color in phenacites, and many works were devoted to studying these paramagnetic centers in the mineral [6–10]. Thus, during the study on the EPR spectra of the impurity radical $[PO_4]^{4-}$ in the light brown phenacite from the Volynsky deposit [7], researchers observed a difference in the intensity of the lines of three magnetically nonequivalent centers. Dissymmetrization of crystals, as a result of the uneven distribution of point defects in the process of crystal growth, is a widespread phenomenon, for example, dissymmetrization of properties in barite [11].

Gemmology

Phenacite as a precious stone is quite rare in the modern jewelry market. Color differences (pink and wine-yellow) are still popular, but due to the rapid fading in the sunlight, do not have much demand in jewelry stores. Due to a sufficiently high refractive index (higher than that of topaz, beryl, tourmaline) it was of interest in the Urals in a role of an "Ural diamond", before diamonds finding. Current works aim to strengthen and fixate the color in the phenacite.

Currently, the world jewelry market receives phenacite mainly from Brazil and Sri Lanka (see Table 2).

From the materials provided one can see that the gemmological characteristics of the phenacites from the Ural Emerald Mines are similar to the characteristics of the phenacites from Sri Lanka. They have similar formation conditions.

REFERENCES

1. Popov M. P. 2014, *Geologo-mineralogicheskie osobennosti redkometal'noy mineralizatsii v Vostochnom ekzokontakte Aduyskogo massiva v predelakh Ural'skoy izumrudonosnoy polosy* [Geological and mineralogical features of rare metal mineralization in the Eastern exoconface of the Aduisk Massif within the Ural Emerald Strip], Ekaterinburg, 136 p.
2. Zolotukhin F. F., Zhernakov V. I, Popov M. P. 2004, *Geologiya i zakonomernosti raspredeleniya dragotsennykh kamney Malyshevskogo mestorozhdeniya (Ural'skie Izumrudnye kopi)* [Geology and regularities of distribution of precious stones of Malyshevsky deposit (Ural Emerald Mine)], Ekaterinburg, 75 p.
3. Plyusnina I. I. 1967, *Infrakrasnye spektry silikatov* [Infrared spectra of silicates], Moscow, 190 p.
4. Lozykowski H., Holuj F. 1969, Luminescence in Phenacite. The journal of chemical physics, vol. 51, no. 15, pp. 2315–2321.
5. Novozhilov A. I., Samoilovich M. I., Karachkovskaya A. N. 1970, Electron paramagnetic resonance in irradiated phenacite Be2SiO4. Journal of Structural Chemistry, vol. 11, pp. 393–396.
6. Guseva V. B., Zatsepin A. F., Vazhenin V. A., Artemov M. Yu., Kukharenko A. I. 2010, *Paramagnitnye defekty v neytronno-obluchennykh kristallakh fenakita* [Paramagnetic defects in neutron-irradiated phenacite crystals]. *Fizika tverdogo tela* [Physics of the Solid State], vol. 52, no. 4, pp. 643–650.
7. Evgrafova L. A., Gaynullina N. M., Nizamutdinov N. M., Vinokurov V. M. 1972, *O prirode elektronnogo i dyrochnykh tsentrov v monokristalle fenakita* [On the nature of electron and hole centers in a phenacite single crystal]. *Fizika mineralov* [Physics of minerals], vol. 11, pp. 14.
8. DuVarney R. C., Garrison A. K. 1978, An EPR-ENDOR study of phosphorus in phenacite. J. Chem. Phys. vol. 88(12), pp. 5342–5347.
9. Symons M. C. R. 1970, EPR study of phenecite: the PO_{4-} radical. J. Chem. Phys. vol. 53(12), pp. 857–858.
10. Platonov A. N. 1976, *Priroda okraski mineralov* [Nature of coloring of minerals], Kiev, 264 p.
11. Khasanov R. A., Nizamutdinov N. M., Khasanova N. M., Vinokurov V. M., Morozov G. S., Krivtsov A. O. 2012, Derivation of the conditions for equivalent positions in crystals: The dissymmetrization of barite by electron spin resonance spectra. Crystallography Reports, vol. 57, no. 5, pp. 751–757.

Михаил Петрович Попов,
popovm1@yandex.ru
Институт геологии и геохимии
им. академика А. Н. Заварицкого УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15

Анатолий Германович Николаев,
Anatolij-nikolaev@yandex.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18

Mikhail Petrovich Popov,
popovm1@yandex.ru
Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Ekaterinburg, Russia

Anatoliy Germanovich Nikolaev,
Anatolij-nikolaev@yandex.ru
Kazan' (Volga region) Federal University
Kazan', Russia

УДК 504.75 (571.54) DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-44-47

О ВОЗДЕЙСТВИИ РУДНИКА «ХОЛБИНСКИЙ» НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ВОСТОЧНОГО САЯНА

О. А. Иванова, А. В. Дмитриева

On the impact of the "Holbinsky" mine on the components of the natural environment of the Eastern Sayan

O. A. Ivanova, A. V. Dmitrieva

Traditional approaches to the problem of rational use of natural resources have undergone radical changes in recent years, as, due to increasing pollution and resource depletion, a thorough reassessment of existing concepts and priorities became necessary. To this end, the authors conducted the research on the impact of the mining industry (the "Kholbinsky" mine) on the ecosystems of the Eastern Sayan. The "Kholbinsky" mine is located at an altitude of 1965-2270m above sea level, in the basins of the small rivers Samarta, Zun-Holba and Barun-Holba, which are tributaries of the rivers Kitoya and Urik. The mine has three industrial sites: the Samarta industrial site with a shift camp, the Zun-Holba industrial site, also with a shift camp, and mining operation sites. The main site for processing ore and extracting gold is the Samarta industrial site, which includes a gold recovery factory (GRF), a hydrometallurgy workshop, a garage with an open parking lot, a concrete mixing plant, a carpentry workshop, ore and coal warehouses, a slag dump from a boiler house, a diesel power plant, an auxiliary production - smithy, welding sectors, a tailing pit for flotation tailings and a tailing pit for sorption tailings. An auxiliary production and heating boiler-houses are located on the Zun-Holba industrial site. The mining mass (ores and rocks) delivery to the surface and the rock storing to dumps takes place on mining operation sites. The authors reveal long-term impact of harmful substances emissions into the atmosphere, and provide the main factors contributing to the accumulation of harmful impurities in the ground air layer. One of indicators of the state of the aquatic environment is the state of fish and chiromids larvae in water bodies, so the authors evaluated the fish production parameters for the watercourses of the Samarta River. The study also showed that the field surface in the process of geological prospecting and mining operations became disturbed by numerous ditches, trenches, adits, drilled wells, and due to that the focal aboriginal vegetation mostly disappeared. In soils and bottom sediments, the content of heavy metals is below background levels. To minimize damage to natural systems, it is necessary to develop and implement new technologies for gold mining.

Keywords: components of the natural environment; mining operations; environment; dumps; ecosystem; mining industry; hydrometallurgy workshop; waste; tailing pit; heavy metals.

Традиционные подходы к проблеме рационального использования природных ресурсов претерпели в последние годы коренные изменения, когда в результате увеличения масштабов загрязнения и истощения ресурсов возникла необходимость в тщательной переоценке существующих концепций и приоритетов. С этой целью проведены исследования воздействия горнодобывающей промышленности (рудник «Холбинский») на экосистемы Восточного Саяна. Рудник «Холбинский» расположен на высоте 1965–2270 м над уровнем моря, в бассейнах малых рек Самарты, Зун-Холбы и Барун-Холбы, являющихся притоками рек Китоя и Урика, имеет три промышленные площадки: промплощадка Самарта с вахтовым поселком, промплощадка Зун-Холба также с вахтовым поселком и участки горных работ. Основной площадкой по переработке руды и извлечению золота является промплощадка Самарта, которая включает в себя золотоизвлекательную фабрику (ЗИФ), цех гидрометаллургии, гараж с открытой автостоянкой, бетонорастворный узел, столярный цех, склады руды и угля, отвал шлака от котельной, дизельную электростанцию, вспомогательное производство – кузницу, сварочные участки, хвостохранилище хвостов флотации и хвостохранилище хвостов сорбции. На промплощадке Зун-Холба размещаются вспомогательное производство и отопительные котельные. На участках горных работ производится выдача на поверхность горной массы (руды и породы), складирование породы в отвалы. Выявлено длительное воздействие выбросов вредных веществ в атмосферу, приведены основные факторы, способствующие накапливанию вредных примесей в приземном слое воздуха. Одним из индикаторов состояния водной среды является состояние рыбы и личинок хиромид в водоемах, для этого проведена оценка рыбопродукционных параметров водотоков бассейна р. Самарта. Исследования показали, что поверхность месторождения в процессе геологоразведочных и добычных горных работ нарушена многочисленными канавами, траншеями, штольнями, разбурена скважинами, в результате чего на ее большей части исчезла очаговая аборигенная растительность. В почвах и донных отложениях содержания тяжелых металлов ниже фоновых. Для минимизации ущерба природным системам необходимо разрабатывать и внедрять новые технологии добычи золота.

Ключевые слова: компоненты природной среды; горные работы; окружающая среда; отвалы; экосистема; горнорудное производство; цех гидрометаллургии; отходы; хвостохранилище; тяжелые металлы.

Традиционные подходы к проблеме рационального использования природных ресурсов претерпели в последние годы коренные изменения, когда в результате увеличения масштабов загрязнения и истощения ресурсов возникла необходимость в тщательной переоценке существующих концепций и приоритетов. Рациональное использование природных ресурсов современным обществом предполагает предотвращение или, по крайней мере, значительное смягчение нежелательных последствий деятельности человека. Источники загрязнения и последствия их для окружающей человека среды соединены между собой цепочкой причинно-следственных связей, которые можно разбить на следующие элементы [1–6]:

– выброс загрязнителей или выброс отходов в окружающую среду;

– дисперсия и концентрация загрязнителей в различных экосистемах;

– изменение качества окружающей среды и влияние этого изменения на здоровье человека и состояние биологического разнообразия.

При бесспорном отрицательном воздействии горнодобывающих предприятий на окружающую среду очевиден тот факт, что перечень и объем природоохранных мероприятий при отработке месторождений разных типов и в различных природно-климатических условиях должен существенно отличаться.

Рудник «Холбинский» расположен на высоте 1965–2270 м над уровнем моря, в бассейнах малых рек Самарты, Зун-Холбы и Барун-Холбы, являющихся притоками рек Китоя и Урика, имеет три промышленные площадки: промплощадка Самарта с вахтовым поселком, промплощадка Зун-Холба также с вахтовым поселком и участки горных работ.

Основной площадкой по переработке руды и извлечению золота является промплощадка Самарта, которая включает в себя золотоизвлекательную фабрику (ЗИФ), цех гидрометаллургии, гараж с открытой автостоянкой, бетонорастворный узел, столярный цех, склады руды и угля, отвал шлака от котельной, дизельную электростанцию, вспомогательное производство – кузницу, сварочные участки, хвостохранилище хвостов флотации и хвостохранилище хвостов сорбции. На промплощадке Зун-Холба размещаются вспомогательное производство и отопительные котельные.

На участках горных работ производятся выдача на поверхность горной массы (руды и породы), складирование породы в отвалы. Загрязненный воздух от проветривания подземных горизонтов выбрасывается в атмосферу через шахты. Показатели объема выбросов вредных веществ в атмосферу по всем промплощадкам рудника приведены в табл. 1.

Расчеты рассеивания вредных веществ в атмосфере показали, что на промплощадке Самарта в настоящее время наблюдается высокое загрязнение атмосферы выбросами оксидов азота, пыли древесной, пыли неорганической, свинца. Кроме того, фактором суммации вредного воздействия обладают диоксиды азота и серы, фтористый водород, пыль цементная, оксид угле-

Таблица 1. Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в результате деятельности рудника «Холбинский».

Вещество	ПДКсс. мр, мг/м	ПДКсс. ОБУВ*, мг/м	Класс опасности
Углеводороды	1,0	–	IV
Оксид углерода	5,0	3,0	IV
Диоксид серы	0,5	0,05	III
Зола древесная	0,5	0,3	III
Пыль угольная	0,5	0,3	III
Взвешенные вещества	0,5	0,3	III
Зола угольная	0,3	0,1	III
Пыль цементная	0,3	0,02	III
Пыль неорганическая (20–70 % SiO_2)	0,3	0,1	III
Сажа	0,15	0,05	III
Пыль древесная	–	1,0*	III
Диоксид азота	0,085	0,04	III
Оксид азота	0,4	0,06	III
Кальция оксид	–	0,3*	–
Кальция гипохлорид	–	0,1*	–
Кислота соляная	0,2	0,2	III
Гексан	60	–	IV
Натрия гидроксид	–	0,01*	–
Железа оксид	–	0,04	III
Кислота серная	0,3	0,1	II
Акролеин	0,03	0,03	II
Натрия карбонат	–	0,04	–
Натрия тетраборат	–	0,02*	–
Пыль неорганическая SiO_2 >70 %	0,15	0,05	III
Марганец и его соединения	0,01	0,001	II
Фтористый водород	0,02	0,005	II
Зола мазутная	–	0,002	I
Мышьяк и его соединения	–	0,003	II
Водород цианистый	–	0,01	II
Свинец и его соединения	0,001	0,003	I
Бенз/а/пирен	–	1	I

рода, кислота серная, диоксид серы. Источниками, определяющими степень загрязнения, являются отопительные котельные на промплощадке, дробильное отделение ЗИФ и столярный цех. Ввиду увеличения выбросов в атмосферу от перечисленных источников в связи с ростом производительности рудника предусмотрены мероприятия по пылеочистке.

Оценка длительного воздействия выбросов вредных веществ в атмосферу от деятельности горнорудного производства определяется прежде всего размерами зоны влияния предприятий, интенсивностью загрязнения атмосферного воздуха той или иной территории в этой зоне. Кроме того, нужно учесть ответную реакцию экосистемы, основываясь на данных по розе ветров, метеорологическом потенциале рассеивающей способности атмосферы (МПА) и массе выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ.

Одним из основных факторов, способствующих накапливанию вредных примесей в приземном слое воздуха, является повторяемость скорости ветра 0–1 м/с. Эффект накапливания загрязняющих примесей усиливают туманы. В течение всего года преобладают ветры северо-западного направления, которые имеют повторяемость летом 15 % и зимой 19 %. В летнее время возрастает повторяемость ветров восточного, юго-восточного, южного направлений (до 8–12 %). Средняя скорость ветра достигает максимальных значений (3,9 м/с) в апреле, минимальных – в июле (2,0 м/с). Наибольшую повторяемость в течение года имеют малые скорости ветра (от 0 до 3 м/с), являющиеся неблагоприятными для рассеивания выбросов. В среднем за год в районе Холбинского рудника отмечается 13 дней с туманом, чаще всего туманы наблюдаются в июле–августе (3–4 дня), а в зимнее время (ноябрь–апрель) в сумме составляют 1 день. Общая повторяемость инверсий в течение года составляет 80–90 %. Антициклонический характер погоды в зимний период обусловливает наличие большого числа штилей. При этом предлагается считать повторяемость дней с сильным ветром, способным вынести вредные примеси из очага загрязнения, а также повторяемость дней с осадками, которые путем вымывания очищают атмосферный воздух (табл. 2). Установлено, что скорость ветра, способная вынести вредные вещества из очага загрязнения, должна быть не менее 6 м/с [2, 3, 7].

Хорошим индикатором состояния водной среды является состояние рыбы в водоемах [8]. Разработка Зун-Холбинского месторождения уже оказывает определенное негативное влияние на экологическое состояние и рыбохозяйственную обстановку не только этих рек, но и на весь бассейн р. Китой.

Оценка рыбопродукционных параметров водотоков бассейна р. Самарта показала, что наблюдаемая рыбопродуктивность как по минимуму, так и по максимуму не выходит за пределы значений, характерных для водотоков аналогичного типа в Восточной Сибири (бассейн рек Лены, Ангары, Витима, оз. Байкал) и колеблется в пределах 6,95–7,06 кг/га . Численность рыб (в основном хариуса) в р. Самарта обусловливается в настоящее время только естественными факторами. В этих реках отмечается наличие основных представителей горной и предгорной ихтиофаун в р. Самарте и озерах ее долины (хариус, гольян, голец-усан) и фактически полное их отсутствие в бассейне р. Зун-Холбо, причем в последнем случае опросные данные полностью соответствовали наблюденным.

Для определения численности популяции восточносибирского хариуса бассейна р. Самарты были использованы фактические данные по скорости роста данного вида, отловленного на различных участках реки. Исследованиями были охвачены участки основного русла р. Самарта (протяженностью 15 км)

Таблица 2. Основные климатические показатели по данным метеостанции Орлик.

Характеристика	Показатели по месяцам												Годовые
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С	–24,1	–20,6	–12,3	–3,2	–4,6	11,1	13,2	10,7	4,0	–4,1	–14,8	–22,2	–4,8
Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха, °С	–41	–40	–35	–24	–14	–6	–1	–4	–12	–24	–34	–41	–42
Средняя месячная и годовая температура поверхности почвы, °С	–29	–24	–15	–1	10	16	19	15	6	–4	–19	–27	–4
Среднее месячное и годовое количество осадков, мм	2	2	5	12	28	54	94	77	34	12	4	2	326
Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с	1,2	1,2	1,5	1,8	1,8	1,2	0,9	0,8	0,9	1,2	1,2	1,3	1,3
Средняя месячная и годовая упругость водяного пара, гПа	0,8	0,9	1,6	2,7	4,5	7,7	10,4	9,2	5,6	3,1	1,5	0,9	4,1
Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, %	77	72	66	59	58	65	76	78	73	71	74	77	71

и р. Зун-Холбо (протяженностью 11 км). На всем протяжении маршрута экспедицией в р. Самарте было установлено 3 пробных станции, на которых собирался ихтиологический материал, и отобрано 5 гидробиологических проб. На р. Зун-Холбо были отобраны 4 гидробиологические пробы и одна проба была взята в р. Холбо. По их данным, в р. Самарта практически на всем ее протяжении отмечено почти полное преобладание личинок насекомых: поденок, веснянок, ручейников, двукрылых, которые характерны для незагрязненных водотоков, хотя соотношение их форм колеблется в зависимости от характера биотопов. На заиленных песках р. Самарты были обнаружены малощетинковые черви. Эти олигохеты активно участвуют в переработке донных отложений, очищая их от органических загрязнений, и выступают как естественный биологический фильтр. Следовательно, деятельность этих малощетинковых червей способствует улучшению качества воды.

Очень интересная картина предстает на участках наблюдения в р. Зун-Холбо. Здесь на верхней части реки обнаружено много личинок хиромид, преимущественно оксифильные, реофильные виды, характерные для незагрязненных вредных веществ рек. Но уже на участке деятельности промышленной площадки Зун-Холбо происходит их выпадение, что свидетельствует о существенном загрязнении воды реки. В целом средние численность N и биомасса B донных организмов составили: для р. Самарта N – 707 экз./м^2; B – 3,718 г/м^2; для руч. Зун-Холбо N – 836 экз./м^2.

Таким образом, видовой состав бентоса и его количественные показатели р. Самарты и р. Зун-Холбо свидетельствуют, что наблюдаемые в настоящее время антропо- и техногенные параметры пресса на рассматриваемые водотоки пока не носят резко отрицательный характер, а их воздействие можно оценить как локальное и умеренно негативное.

Основное значение для благополучия рыбохозяйственной обстановки имеет гидрохимическое состояние водотока. Систематические наблюдения за химическим составом поверхностных вод Холбинского месторождения не проводились. В разное время здесь были выполнены разовые отборы проб воды Министерством природных ресурсов Республики Бурятия (1991–1996) и Институтом общей и экспериментальной биологии СО РАН (1996). Наиболее полно гидрохимический фон водных объектов месторождения был исследован в 1990 г. геохимической партией Центральной геологической экспедиции «Бурятгеология» под руководством Э. Ф. Жбанова.

Площадки рудника расположены в зоне сплошного развития многолетней мерзлоты, мощность которой (по наблюдениям в штольнях рудника) достигает 300 м. Почвенно-растительный слой очагового распространения маломощный – 0,1–0,2 м, редко достигает 0,5 м.

Склоны гор покрыты каменистыми россыпями с участками мохово-лишайниковой растительности и редкими кустарниками. В результате нарушения мохово-растительного покрова могут развиваться процессы термокарста, ветровой и водной эрозии, оврагообразования. Поэтому при ведении строительно-монтажных работ предусматривалось сохранение почвенно-растительного покрова, исключалась корчевка пней, а отсыпка всех площадок, автодорог, установка опор ЛЭП и подсыпка под инженерные коммуникации выполнялись преимущественно в зимнее время [9].

На ЦГМ и ЗИФ Зун-Холбинского месторождения хвосты сорбции и флотации имеют небольшую часть твердых отходов, так как жидкая фаза работает в замкнуто-оборотном цикле. Твердая фаза хвостов идет на доизмельчение золота. Большую часть отвалов составляет масса пустой породы. Также значительны отходы от столярного производства.

Поверхность месторождения в процессе геологоразведочных и добычных горных работ нарушена многочисленными канавами, траншеями, штольнями, разбурена скважинами, в результате чего на ее большей части исчезла очаговая аборигенная растительность.

Согласно исследованиям НИО РАН, установлено, что в почвах и донных отложениях содержания ртути, вольфрама, мышьяка, марганца, меди, кадмия ниже фоновых; повышенные содержания хрома, никеля, кобальта в бассейне руч. Скалистого образуют природный ореол загрязнения; содержания металлов в почвах и донных отложениях р. Самарта не превышают фоновых [10, 11].

Сбор отходов предприятия ведется раздельно по видам, классам опасности и другим признакам, которые могут оказать влияние на условия их размещения.

Для складирования производственных и твердых бытовых отходов вблизи поселков Зун-Холба и Самарта организованы специально оборудованные полигоны. Конструкция и условия эксплуатации полигонов исключают загрязнение почвы и затопление их атмосферными осадками.

На полигоне производственных отходов пос. Зун-Холба складируются производственные отходы III и IV классов опасности: отработанные автошины, строительный мусор, золошлаковые отходы, не использованные при ремонте дорог [11].

На полигоне ТБО пос. Зун-Холба совместно с бытовым мусором складируется невозвратная деревянная и бумажная тара.

На полигоне производственных отходов пос. Самарта складируются производственные отходы III и IV классов опасности: неиспользованные в ремонте отработанные аккумуляторы, автошины, золошлаковые отходы, не использованные при ремонте дорог.

На полигоне ТБО пос. Самарта совместно с бытовым мусором складируются строительный мусор, тигли магнезитовые и шамотные, шлаки плавильного производства, невозвратная деревянная и бумажная тара.

Пустые породы складируются в отвалы и частично используются для строительства и ремонта дорог, а также для закладки выработанного пространства в очистных подземных выработ-

ках; хвосты флотации обогатительной фабрики – в хвостохранилище, осадки газоочистки – в хвостохранилище флотации; угольная крошка сжигается в котельной. Отработанные масла собираются в емкости для дальнейшего использования в качества топлива в стационарной котельной вахтового поселка Зун-Холба. Древесные отходы цеха деревообработки полностью используются в строительстве, для приготовления компоста и в котельных [9].

Общий земельный фонд Окинского района составляет 2599,8 тыс. га. Из них более 92 % – земли лесного фонда. Общий запас древесины составляет 1127,2 млн м^3. До последних лет Окинский район не знал промышленной вырубки леса, древесина использовалась только для внутренних нужд в качестве топлива и строительного материала [9].

Однако с разработкой Холбинского рудника леса начали вырубаться в крупных масштабах. Отсюда следует, что почвы подвергаются большему негативному влиянию. Это может привести к образованию крупных очагов ветровой эрозии.

Экологическая ситуация, сложившаяся на руднике, позволяет при нормальной эксплуатации водоохранных сооружений исключить загрязнение поверхностных и подземных вод выше ПДК, а организационные мероприятия дают возможность постоянно контролировать обстановку на объектах.

Проводимые рудником «Холбинский» мероприятия по снижению ущерба почвенно-биотическому комплексу дают возможность оценивать возможности и время его реабилитации в зоне техногенных нарушений. При этом следует отметить, что согласно проведенным полевым исследованиям на разновозрастных отвалах процессы восстановительных сукцессий протекают достаточно медленно. Следовательно, об их восстановлении в виде зонально-поясного облика растительного покрова не должно быть и речи. Восстановительный реабилитационный процесс может быть возобновлен только при проведении специальных биорекультивационных работ. Самовосстановление почвенного покрова будет происходить очень долго вслед за растительными сукцессиями.

Таким образом, влияние рудника «Холбинский» на экологическое состояние компонентов природной среды при соблюдении правил и требований природоохранных мероприятий будет умеренно негативным или локальным, но не вызывающим необратимых изменений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арманд А. Д. Критические состояния геосистем // Экосистемы в критических состояниях. М.: Наука, 1989. С. 23–31.
2. Копанев И. Д., Швер Ц. А. Прикладные аспекты использования климатической и гидрологической информации для Сибири и Дальнего Востока: науч.-справ. пособие. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 368 с.
3. Методические рекомендации о порядке разработки и осуществления промышленными предприятиями мероприятий по временному сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в период неблагоприятных метеорологических условий. Новосибирск, 1986. 42 с.
4. Плюснин В. М. Закономерности строения и развития горных ландшафтов Прибайкалья // География и природные ресурсы. 1997. № 1. С. 69–76.
5. Плюснин В. М. Ландшафтный анализ горных территорий (на примере Прибайкалья): автореф. дис. … д-ра геогр. наук. Иркутск, 2000. 40 с.
6. Грин А. М., Клюев Н. Н., Утехин В. Д. и др. Принципы и методы геосистемного мониторинга. М.: Наука, 1989. 168 с.
7. Гальперин В. Н. Защита атмосферы от пылегазовых выбросов горнохимических предприятий. М.: Недра, 1984. 117 с.
8. Плюснин В. М. О нарушенности естественных ландшафтов Предбайкалья // География и природные ресурсы. 1994. № 1. С. 22–28.
9. Иванова О. А., Иметхенов А. Б. Трансформация горных геосистем Восточного Саяна. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. госуниверситета, 2011. 135 с.
10. Выркин В. Б., Белозерцева И. А., Шеховцов А. И., Алешина И. Н., Кичигина Н. В. Состояние природной среды и экологические проблемы Окинской котловины (Восточный Саян) // Вестник Семипалатинск. госуд. ун-та. 2014. № 1 (65). С. 104–115.
11. Иванова О. А. Оценка влияния золотодобывающего производства на горные геосистемы Восточного Саяна: автореф. … дис. канд. географ. наук. Улан-Удэ: БГУ, 2004. 24 с.
12. Золотодобывающая промышленность (история открытия и освоения месторождений, состояние и проблемы развития добывающих предприятий) / П. А. Рощектаев [и др.]. Улан-Удэ, 2007. 332 с.

REFERENCES

1. Armand A. D. 1989, *Kriticheskie sostoyaniya geosistem* [Critical states of geosystems]. *Ekosistemy v kriticheskikh sostoyaniyakh* [Ecosystems in critical conditions], Moscow, pp. 23–31.
2. Kopanev I. D., Shver Ts. A. 1991, *Prikladnye aspekty ispol'zovaniya klimaticheskoy i gidrologicheskoy informatsii dlya Sibiri i Dal'nego Vostoka: nauch.-sprav. posobie* [Applied aspects of the use of climatic and hydrological information for Siberia and the Far East: a scientific reference book], Leningrad, 368 p.
3. 1986, *Metodicheskie rekomendatsii o poryadke razrabotki i osushchestvleniya promyshlennymi predpriyatiyami meropriyatiy po vremennomu sokrashcheniyu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu v period neblagopriyatnykh meteorologicheskikh usloviy* [Methodical recommendations on the procedure for the development and implementation by industrial enterprises of measures to temporarily reduce emissions of pollutants into the atmosphere during unfavorable weather conditions], Novosibirsk, 42 p.
4. Plyusnin V. M. 1997, *Zakonomernosti stroeniya i razvitiya gornykh landshaftov Pribaykal'ya* [Regularities in the structure and development of mountain landscapes of the Baikal region]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], no. 1, pp. 69–76.
5. Plyusnin V. M. 2000, *Landshaftnyy analiz gornykh territoriy (na primere Pribaykal'ya): avtoref. dis. … d-ra geogr. nauk* [The Landscape analysis of mountain territories (on an example of Pribaikalye): the author's abstract of the dissertation of the doctor of geographical sciences], Irkutsk, 40 p.
6. Grin A. M., Klyuev N. N., Utekhin V. D. et al. 1989, *Printsipy i metody geosistemnogo monitoringa* [Principles and methods of geosystem monitoring], Moscow, 168 p.
7. Gal'perin V. N. 1984, *Zashchita atmosfery ot pylegazovykh vybrosov gornokhimicheskikh predpriyatiy* [Protection of the atmosphere from dust and gas emissions of mining and chemical enterprises], Moscow, 117 p.
8. Plyusnin V. M. 1994, *O narushennosti estestvennykh landshaftov Predbaykal'ya* [On the disturbance of the natural landscapes of the Pre-Baikal region]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], no. 1, pp. 22–28.
9. Ivanova O. A., Imetkhenov A. B. 2011, *Transformatsiya gornykh geosistem Vostochnogo Sayana* [Transformation of the mountain geosystems of the Eastern Sayan]. Ulan-Ude, 135 p.
10. Vyrkin V. B., Belozertseva I. A., Shekhovtsov A. I., Aleshina I. N., Kichigina N. V. 2014, *Sostoyanie prirodnoy sredy i ekologicheskie problemy Okinskoy kotloviny (Vostochnyy Sayan)* [The state of the natural environment and environmental problems of the Oka depression (East Sayan)]. *Vestnik Semipalatinsk. gosud. un-ta* [Bulletin of Semipalatinsk State University], no. 1(65), pp. 104–115.
11. Ivanova O. A. 2004, *Otsenka vliyaniya zolotodobyvayushchego proizvodstva na gornye geosistemy Vostochnogo Sayana: avtoref. … dis. kand. geograf. nauk* [Estimation of influence of gold mining on mountain geosystems of the Eastern Sayan: the author's abstract of the thesis of the candidate of geographical sciences], Ulan-Ude, 24 p.
12. Roshchektaev P. A. et al. 2007, *Zolotodobyvayushchaya promyshlennost' (istoriya otkrytiya i osvoeniya mestorozhdeniy, sostoyanie i problemy razvitiya dobyvayushchikh predpriyatiy)* [The gold mining industry (the history of discovery and development of deposits, the state and problems of development of extractive enterprises)], Ulan-Ude, 332 p.

Оксана Алексеевна Иванова,
oksaliv@yandex.ru
Анфиса Валерьевна Дмитриева
Бурятский государственный университет
Россия, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

Oksana Alekseevna Ivanova,
oksaliv@yandex.ru
Anfisa Valer'evna Dmitrieva
Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

УДК 502/504 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-48-52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ОЧИСТКИ КАРЬЕРНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА

А. В. Хохряков, А. М. Ольховский, Г. А. Студенок

Application of exhausted excavations for nitrogen compounds removal from the quarry waters

A. V. Khokhryakov, A. M. Ol'khovskiy, G. A. Studenok

Typical pollutants, whose content in drainage waters of mining enterprises exceeds the maximum permissible concentrations, are nitrogen compounds - ammonium, nitrite and nitrate nitrogen. Their presence in drainage waters is a consequence of the use of explosives based on ammonium nitrate (NH4NO3) for preparing the rock mass for excavation. The article presents the results of studies performed in quarries of a large mining enterprise, which justify the possibility of preliminary natural treatment of drainage waters of mining enterprises from nitrogen compounds in exhausted open-cast excavation. Natural purification occurs due to two processes - the first is a natural nitrification of the ammonium ion NH4 + and the nitrite ion NO2- to the nitrate ion NO3- (the nitrate ion represents the least environmental hazard of these nitrogen compounds) with prolonged storage of drainage water in exhausted open-cast excavation in the presence of atmospheric oxygen. The second is a dilution of drainage waters in open-cast excavation by natural underground waters and atmospheric precipitation entering it in a natural way. The results of the studies given in the article became the foundation for the development of the project for the enterprise purification system for drainage water, which successfully passed state expertise and is currently being implemented. The use of preliminary natural treatment of drainage water from nitrogen compounds in exhausted open-cast excavation significantly reduced the cost of the project and subsequent post-treatment at specialized biological treatment facilities, which is especially important in the current economic situation.

Keywords: pollution with nitrogen compounds; natural biological treatment; drainage water.

Типичными загрязнителями, содержание которых в дренажных водах горных предприятий превышает предельно допустимые концентрации, являются соединения азота – аммонийный, нитритный и нитратный азот. Их наличие в дренажных водах является следствием использования взрывчатых веществ на основе аммиачной селитры (нитрат аммония NH_4NO_3) для подготовки горной массы к экскавации. В статье приведены результаты исследований, выполненных в условиях карьеров крупного добывающего предприятия, обосновывающие возможность предварительной естественной очистки дренажных вод горных предприятий от соединений азота в отработанной открытой горной выработке. Естественная очистка происходит за счет двух процессов: естественная нитрификация иона аммония NH_4^+ и иона нитрита NO_2^- до иона нитрата NO_3^- (ион нитрата представляет меньшую экологическую опасность из указанных соединений азота) при длительной выдержке дренажных вод в отработанной открытой горной выработке в присутствии кислорода воздуха; разбавление дренажных вод в отработанной открытой горной выработке природными подземными водами и атмосферными осадками, поступающими в нее естественным путем. Результаты исследований, приведенные в статье, были использованы при разработке проекта системы очистки дренажных вод предприятия, который успешно прошел государственную экспертизу и реализация которого ведется в настоящее время. Использование предварительной естественной очистки дренажных вод от соединений азота в отработанной открытой горной выработке значительно удешевило проект и снизило затраты на последующую доочистку на специализированных сооружениях биологической очистки, что особенно актуально в нынешней экономической ситуации.

Ключевые слова: загрязнение соединениями азота; естественная биологическая очистка; дренажные воды.

Рациональное использование природных ресурсов, снижение уровня загрязнения окружающей среды определены как стратегические задачи России в области охраны окружающей среды и природопользования Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1], Стратегией национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 12.05.2009 № 537 [2] и другими федеральными нормативными документами.

Загрязнение окружающей среды горными предприятиями носит комплексный характер. Наряду с негативным воздействием на атмосферный воздух, земельные ресурсы, растительный и животный мир, горнодобывающий сектор наносит значительный ущерб водным ресурсам.

Характерным для горнодобывающего сектора негативным воздействием на водные ресурсы является сброс неочищенных дренажных карьерных и шахтных вод в водные объекты.

Одними из типичных загрязнителей, содержание которых в дренажных водах горных предприятий превышает предельно допустимые концентрации, являются соединения азота – аммонийный, нитритный и нитратный азот. Их наличие в дренажных водах является следствием использования взрывчатых веществ на основе аммиачной селитры (нитрат аммония NH_4NO_3) для буровзрывной подготовки горной массы к экскавации [3–5].

Сброс дренажных вод, загрязненных соединениями азота, приводит к загрязнению природных водоемов за счет их несбалансированной эвтрофикации, т. е. нежелательному бурному росту водной растительности за счет поступления высокого количества биогенных элементов. Кроме того, высокие концентрации ионов аммония и нитрита в сбрасываемых дренажных водах оказывают токсичное влияние на гидробионты (главным образом, рыб).

Независимо от способа добычи полезного ископаемого, ужесточающиеся требования в части обеспечения качества отводимых в водные объекты дренажных вод приводят горные предприятия, такие, например, как ОАО «ЕВРАЗ Качканарский горно-обогатительный комбинат», ОАО «Высокогорский горно-обогатительный комбинат», ОАО «Севуралбокситруда», ОАО «Ураласбест» и другие к значительным платежам за сброс загрязненных вод, штрафам за нарушение природоохранного законодательства и остро ставят перед предприятиями вопрос о снижении упомянутых экономических издержек.

Это обусловливает необходимость выбора и разработки оптимальной с эколого-экономических позиций технологии очистки дренажных вод перед их сбросом в водные объекты или повторным использованием с учетом конкретных природных, инфраструктурных и геотехнологических условий горного предприятия.

В настоящее время в промышленности очистка сточных вод от рассматриваемых соединений азота (ион аммония NH_4^+, ион нитрита NO_2^- и ион нитрата NO_3^-) реализуется следующими группами способов [6]:

– физико-химические способы очистки (адсорбция, ионный обмен, обратный осмос и электродиализ);

– химические способы очистки (окисление);

– биологические способы очистки (аэробная и анаэробная очистка).

В 2012 г. были начаты работы по проектированию системы очистки дренажных вод одного из крупных карьеров от соединений азота перед их сбросом в реку.

Применение физико-химических и химических методов для условий горных предприятий сопровождается высокими капитальными и эксплуатационными затратами, обусловленными

большими объемами дренажных вод, достигающими миллионов кубометров в год, поэтому предпочтение было отдано биологической очистке.

Разработке проекта предшествовали предпроектные проработки, результаты которых показали следующее. Установлено, что количество соединений азота, поступающих в дренажные воды при ведении взрывных работ, достигает первых единиц процентов от количества азота, содержащегося в израсходованных взрывчатых веществах [7]. Поступление в дренажные воды карьера ионов аммония (аммонийный азот) связано с растворением и вымыванием нитрата аммония при зарядке обводненных скважин. Загрязнение дренажных вод ионами нитрита (нитритный азот) связано с сорбцией горной массой образующихся при взрывах оксидов азота, их последующим вымыванием атмосферными осадками и поступлением образующихся ионов нитрита в дренажные воды [8, 9]. Поступление ионов нитрата в дренажные воды связано как с процессом растворения нитрата аммония в обводненных скважинах, так и с вымыванием атмосферными осадками сорбированных горной массой оксидов азота.

Анализ результатов наблюдений за составом дренажных вод карьера по соединениям азота, выполненных в период 2006–2016 гг., показывает неравномерность их поступления в окружающую среду по периодам года. Максимальная масса выноса по всем соединениям азота характерна для теплого периода года, когда происходит резкое увеличение объема образования дренажных вод за счет атмосферных осадков и снеготаяния (до 70 % годового объема карьерного водоотлива приходится на период с апреля по октябрь).

Годовой вынос всех соединений азота (ионы аммония, нитрита и нитрата) с дренажными водами достигает нескольких сотен тонн в год. При этом содержание в дренажных водах наиболее опасных для окружающей среды соединений азота (ионы аммония и нитрита) существенно превышают установленные для них нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК).

При обосновании технологической схемы системы очистки дренажных вод предприятием учтены и использованы характерные параметры его инфраструктуры и геотехнологические особенности, в частности, наличие частично затопленной отработанной горной выработки, состав воды в ней, свободный объем для заполнения, состав дренажных вод, гидрогеологические условия, наличие на территории предприятия водозаборных скважин, геомеханические свойства бортов карьера и др.

В качестве базового элемента принятой схемы очистки для разработки проектных решений является использование отработанной горной выработки для предварительной очистки дренажных вод от соединений азота перед их последующей доочисткой на сооружениях биологической очистки. Отработанная горная выработка представляла на момент начала использования отработанный карьер, частично затопленный за счет поступления атмосферных осадков и подземных вод (его отработка была закончена в 2002 г.). Химический состав воды в затопленной части карьера характеризовался отсутствием токсических соединений в концентрациях, превышающих ПДК.

Возможность использования выбранной отработанной горной выработки для очистки дренажных вод основывается на использовании естественных микробиологических процессов нитрификации соединений азота (ионов аммония и нитрита) в аэробных условиях в водоемах [10].

Для установления геотехнологических условий использования отработанного карьера в качестве предварительной ступени очистки дренажных вод от соединений азота был проведен комплекс гидрогеологических и геомеханических инженерных изысканий и исследований для обоснования предельного уровня заполнения карьера дренажными водами, при котором обеспечивается:

– отсутствие риска возникновения оползневых явлений на бортах карьера, связанных с его затоплением дренажными водами (увеличение уровня воды в карьере);

– сохранение существующего гидрогеологического и гидрохимического режима прилегающей к карьеру территории.

Результаты проведенных гидрогеологических и геомеханических инженерных изысканий и исследований показали возможность использования данного карьера для накопления и предварительной очистки дренажных вод с одним ограничением – предельный уровень воды в горной выработке не должен превышать определенный по результатам исследований: +215,0 м. При этом будет отсутствовать влияние вод в отработанной горной выработке на расположенные в зоне ее воздействия водозаборные скважины. Кроме того, было установлено отсутствие обратной фильтрации вод из отработанной горной выработки в Центральный карьер.

Установление предельного уровня затопления отработанной горной выработки дренажными водами обусловлено также тем, что в конечном итоге эффективность очистки дренажных вод от ионов аммония и нитрита будет зависеть от времени их выдержки в объеме карьера, которое определяется скоростью поступления в нее данных соединений азота и скоростью их микробиологической нитрификации.

Для обоснования параметров эксплуатации карьера в качестве предварительной ступени очистки дренажных вод от соединений азота была разработана балансовая модель его заполнения, учитывающая все водопритоки в карьер, включая поступающие на очистку дренажные воды, атмосферные осадки с учетом испарения и подземные воды.

Исходя из данных о составе вод, поступающих в карьер (дренажных, атмосферных, подземных) и накопленных на момент начала его заполнения, балансовая модель позволяет также прогнозировать химический состав вод, которые будут поступать на вторую ступень очистки (сооружения биологической очистки) в зависимости от времени выдержки дренажных вод в буферной емкости.

Принятое в модели предположение о возможности протекания процесса микробиологической нитрификации основывается на аналогии поведения соединений азота в отработанной горной выработке и природных водоемах при заполнении ее дренажными водами.

Процесс микробиологической нитрификации в природных водоемах протекает в две стадии [10]. На первой стадии под действием аммонийокисляющих бактерий (Nitrosomonas, Nitrococcus, Nitrosolobus и др.) идет процесс окисления иона аммония (NH_4^+) до иона нитрита (NO_2^-):

$$NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2H^+.$$

Последующее окисление иона нитрита (NO_2^-) до нитрата (NO_3^-)осуществляется нитритоокисляющими бактериями (Nitrobacter, Nitrococcus и др.):

$$NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \rightarrow NO_3^-.$$

Таким образом, процессы микробиологического окисления ионов аммония и нитрита обуславливают уменьшение их концентраций в водной среде на фоне увеличения содержания иона нитрата.

Проект описанной двухступенчатой системы очистки успешно прошел государственную экспертизу, и в настоящее время ведется его реализация.

С начала заполнения карьера (ноябрь 2013 г.) дренажными водами предприятием ведется инженерно-экологический мониторинг его функционирования как предварительной ступени системы очистки. Мониторинг за ее функционированием включает регулярный контроль уровня воды в отработанной горной выработке и объема поступающих дренажных вод, а также отбор и количественный химический анализ поступающих дренажных вод и воды в отработанной горной выработке.

Это позволяет постоянно актуализировать разработанную балансовую модель с целью повышения точности прогнозирования химического состава воды по соединениям азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот) после предварительной стадии очистки.

Результаты мониторинга показали, что при заполнении и выдержке в карьере дренажных вод результирующие концентрации в них соединений азота определяются протеканием двух одновременно идущих процессов:

Таблица 1. Концентрации соединений азота в исследуемых водах в период 2014–2016 гг.

Форма азота	Концентрации (в дренажных водах/в отработанной горной выработке), мг/л			
	в отработанной горной выработке до заполнения	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Аммонийный	0,193	10,88/0,576	6,80/0,205	4,27/0,102
Нитритный	0,096	3,7/0,602	4,37/0,225	5,07/0,213
Нитратный	12,23	26,16/21,46	22,43/21,72	19,15/20,52

Таблица 2. Эффективность очистки дренажных вод от соединений азота в период 2014–2016 гг.

Форма азота	Эффективность очистки, %		
	2014	2015	2016
Аммонийный	94,7	97,0	97,6
Нитритный	83,7	94,9	95,8
Нитратный	18,0	3,2	–7,2

– микробиологической нитрификацией аммонийного и нитритного азота с образованием нитратов;

– разбавлением поступающих дренажных вод при смешении с атмосферными осадками, природными подземными водами, а также естественно накопленным в карьере объемом воды до начала его заполнения.

Важным фактором, предопределившим текущие процессы очистки, являлось наличие в отработанной горной выработке на момент начала его заполнения естественно сложившейся экосистемы с участием водной растительности и микроорганизмов, а также тот факт, что концентрации загрязняющих веществ в нем либо не превышали, либо незначительно превышали предельно допустимые (табл. 1).

Протекание процесса нитрификации в карьере характеризуется наблюдаемым по результатам мониторинга снижением содержания аммонийной и нитритной форм азота на фоне незначительного увеличения нитратной формы в воде карьера по сравнению с поступающим дренажными водами (рис. 1–3).

Для оценки влияния на концентрацию соединений азота процесса разбавления поступающих дренажных вод при смешении с накопленными карьерными водами, атмосферными осадками и подземными водами в качестве индикатора при проведении мониторинговых наблюдений использовались данные по содержанию хлорид-иона в поступающих дренажных водах и в водах карьера. Выбор данного индикатора обусловлен тем, что его концентрация в карьере связана только с процессами разбавления, без протекания каких либо химических преобразований при поступлении в него дренажных вод.

Аналогичное влияние процесса разбавления при смешении поступающих дренажных вод с уже накопленными в карьере водами наблюдается и для общего азота (сумма аммонийного, нитритного и нитратного азотов), рис. 4.

Анализ полученных результатов показывает практически одинаковое влияние процесса разбавления на формирование концентрации хлорид-иона и общего азота при эксплуатации предварительной ступени очистки дренажных вод (близкие значения величины степени разбавления). Это означает, что общий азот, поступающий в отработанную горную выработку, накапливается в ней (т. е. отсутствуют процессы денитрификации), а меняются соотношения форм азота, т. е идут процессы нитрификации (наиболее токсичные аммонийный и нитритный формы азота переходят в наименее токсичный нитратный), и косвенно характеризует корректность решений, положенных в основу проекта системы очистки.

Наблюдаемое для хлорид-иона и общего азота постепенное снижение величины степени разбавления обусловлено их накоплением в воде карьере по сравнению с фоновыми значениями до начала эксплуатации предварительной ступени очистки дренажных вод.

В целом за период эксплуатации 2014–2016 гг. наблюдается увеличение эффективности очистки дренажных вод от аммоний-

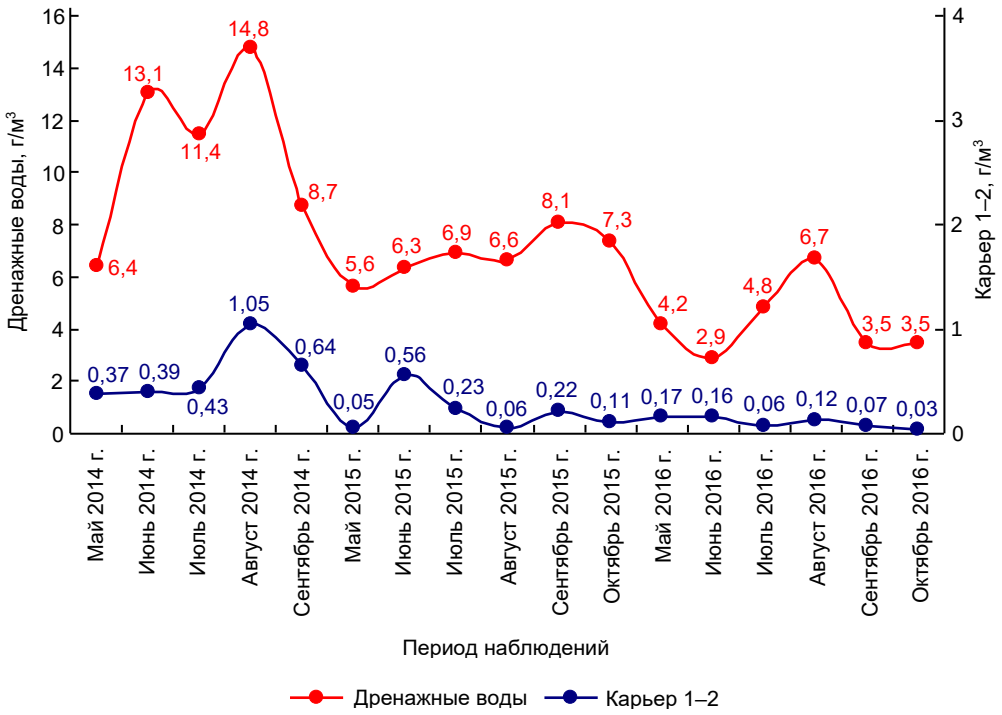


Рисунок 1. Изменение содержания аммонийного азота в отработанной горной выработке при ее заполнении дренажными водами.

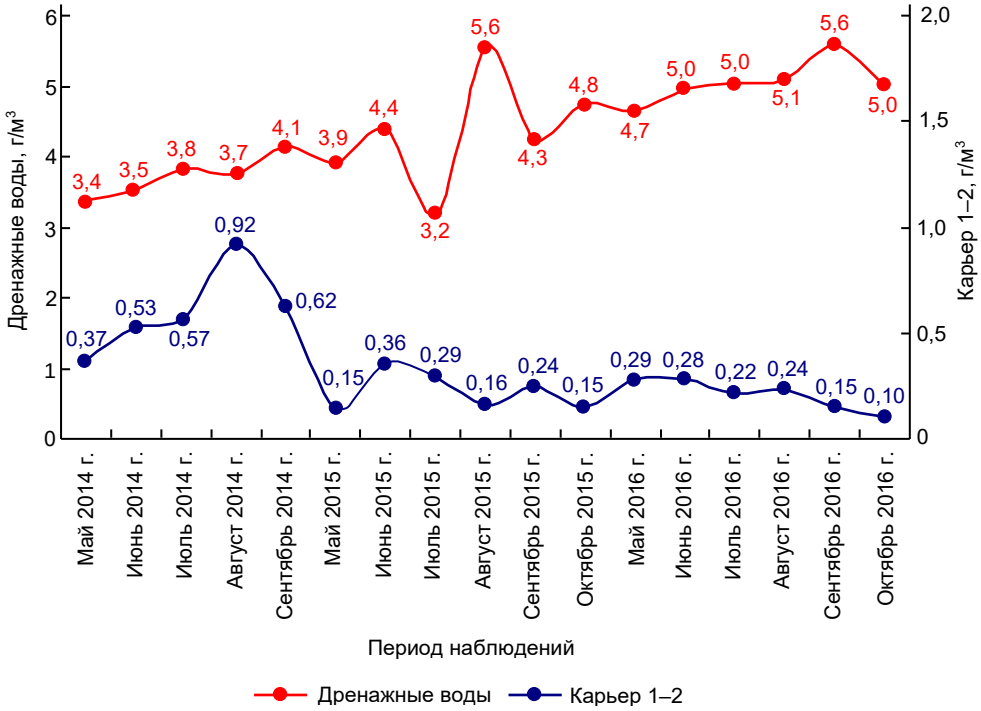


Рисунок 2. Изменение содержания нитритного азота в отработанной горной выработке при ее заполнении дренажными водами.

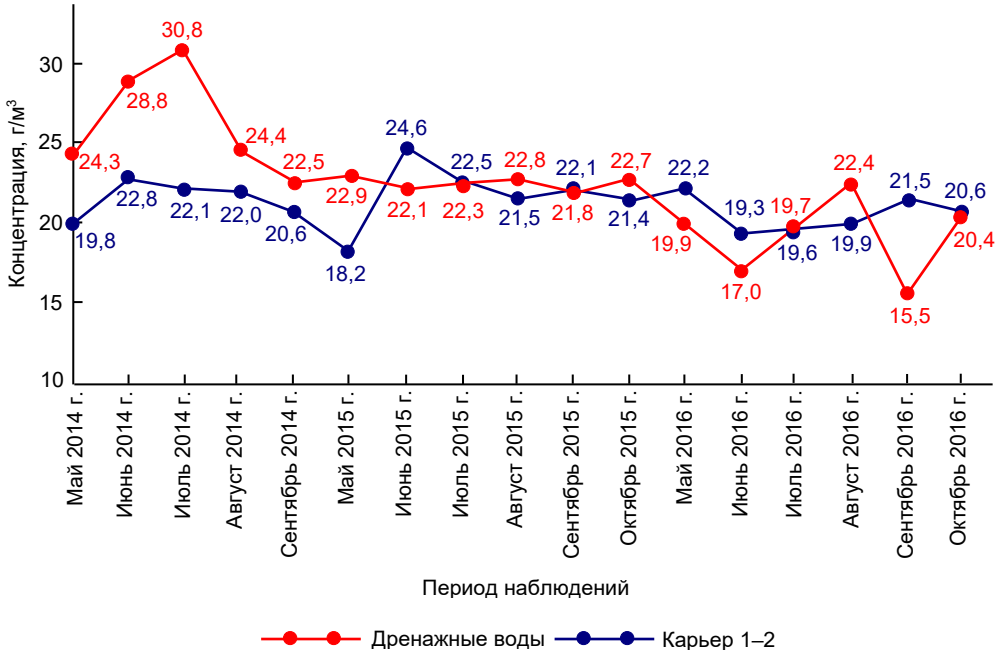


Рисунок 3. Изменение относительного содержания нитратного азота в отработанной горной выработке при ее заполнении дренажными водами.

ного и нитритного азота, что связано с общим временем пребывания дренажных вод в отработанной горной выработке, используемой для предварительной очистки дренажных вод (табл. 1, 2).

При этом ведущим процессом, определяющим общую эффективность очистки дренажных вод от наиболее токсичных соединений азота (аммонийный и нитритный азот), является процесс нитрификации, обеспечивший снижение концентрации аммонийного азота ниже установленных нормативов ПДК для водоемов рыбохозяйственной категории. Для нитритного азота за рассматриваемый период при наблюдаемой эффективности очистки (95,8 %) значение концентрации остается выше установленного для него норматива ПДК для водоемов рыбохозяйственной категории (0,02 мг/л) [11] и ниже, чем для водоемов хозяйственно-бытового и культурного назначения (норматив 1,0 мг/л). Для нитратного азота за счет его накопления в процессе нитрификации фиксируется незначительное (не более чем двукратное превышение) установленных нормативов ПДК как для водоемов хозяйственно-бытового и культурного назначения, так и для водоемов рыбохозяйственной категории. Снижение содержания и предупреждения последующего накопления ионов нитрата может, по мнению авторов, быть достигнуто путем искусственной посадки в береговой зоне затопленной части карьера водной растительности.

Таким образом, опыт трехлетней эксплуатации отработанной карьерной выемки в качестве первой ступени системы очистки дренажных вод от наиболее токсичных соединений азо-

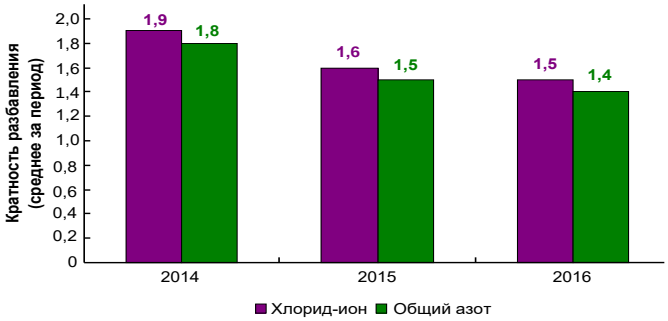


Рисунок 4. Изменение степени разбавления хлорид-иона и общего азота при эксплуатации предварительной ступени очистки дренажных вод в отработанной горной выработке.

та (ионы аммония и нитрита) показал возможность, целесообразность и перспективность принятой схемы очистки дренажных вод от соединений азота. Полученные результаты по эффективному снижению содержания соединений азота (аммонийный и нитритный азот) в дренажных водах позволяют при необходимости их дальнейшего сброса в водоем рыбохозяйственной категории значительно снизить затраты на их доочистку за счет сокращения или исключения энергоемкой стадии аэрации на сооружениях биологической очистки (перевод аммонийного и нитритного азота в нитратный). Кроме того, при определенных условиях можно использовать частично очищенную дренажную воду в качестве дополнительного источника технического водоснабжения.

Полученные предварительные результаты очистки дренажных вод в конкретных производственных условиях крупнейшего горного предприятия позволяют рассчитывать на успешное решение вопроса повышения эффективности охраны водных ресурсов при разработке месторождений полезных ископаемых, так как довольно часто горные предприятия имеют отработанные горные выработки, накопители или отстойники, что позволяет включать их в системы очистки дренажных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об охране окружающей среды: федер. закон № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. (последняя редакция). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
2. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года: указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 № 537. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
3. Лозовик П. А., Бородулина Г. С. Соединения азота в поверхностных и подземных водах Карелии // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 6. С. 694–704.
4. Ревво А. В., Хохряков А. В., Медведева И. В., Цейтлин Е. М. Воздействие предприятий горно-металлургического комплекса на динамику загрязнения реки Чусовой // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 2. С. 67–74.
5. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика) / под ред. И. И. Косиновой. Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2015. 576 с.
6. Студенок А. Г., Студенок Г. А., Ревво А. В. Оценка методов очистки сточных вод от соединений азота для дренажных вод горных предприятий // Изв. УГГУ. 2013. № 2(30). С. 26–30.
7. Хохряков А. В., Ольховский А. М., Студенок А. Г., Студенок Г. А. Количественная оценка вклада взрывных работ в загрязнение дренажных вод карьеров соединениями азота // Изв. вузов. Горный журнал. 2005. № 6. С. 29–31.
8. Хохряков А. В., Студенок А. Г., Студенок Г. А. Исследование процессов формирования химического загрязнения дренажных вод соединениями азота на примере карьера крупного горного предприятия // Изв. УГГУ. 2016. № 4(44). С. 35–37.
9. Chochrjakow A. W., Studenok A. G., Studenok G. A. Die Erforschung von Prozessen der chemischen Verunreinigung des Dränagewassers durch Stickstoffverbindungen am Beispiel vom dem Tagebau eines grossen Bergbauunternehmens // Die Nachrichten der Uraler Staatlichen Bergbauuniversität. 2016. № 4(44). S. 38–40.
10. Гогина Е. С. Удаление биогенных элементов из сточных вод. М.: МГСУ, 2010. 120 с.
11. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Росрыболовства от 18 января 2010 года № 20. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

REFERENCES

1. *Ob okhrane okruzhayushchey sredy: feder. zakon № 7-FZ ot 10 yanvarya 2002 goda (poslednyaya redaktsiya)* [On Environmental Protection: Federal Law No. 7-FZ of January 10, 2002 (latest version)].
2. *O strategii natsional'noy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda: ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 12 maya 2009 № 537* [On the National Security Strategy of the Russian Federation until 2020: Presidential Decree No. 537 of May 12, 2009].
3. Lozovik P. A., Borodulina G. S. 2009, *Soedineniya azota v poverkhnostnykh i podzemnykh vodakh Karelii* [Nitrogen compounds in surface and groundwater of Karelia]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 36, no. 6, pp. 694–704.
4. Revvo A. V., Khokhryakov A. V., Medvedeva I. V., Tseytlin E. M. 2015, *Vozdeystvie predpriyatiy gorno-metallurgicheskogo kompleksa na dinamiku zagryazneniya reki Chusovoy* [The impact of mining and metallurgical enterprises on the dynamics of pollution of the river Chusovoy]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 2, pp. 67–74.
5. Kosinova I. I. 2015, *Ekologicheskaya geologiya krupnykh gornodobyvayushchikh rayonov Severnoy Evrazii (teoriya i praktika)* [Ecological geology of large mining regions of Northern Eurasia (theory and practice)], Voronezh, 576 p.
6. Studenok A. G., Studenok G. A., Revvo A. V. 2013, *Otsenka metodov ochistki stochnykh vod ot soedineniy azota dlya drenazhnykh vod gornykh predpriyatiy* [Evaluation of wastewater treatment methods from nitrogen compounds for drainage waters of mining enterprises]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 2(30), pp. 26–30.
7. Khokhryakov A. V., Ol'khovskiy A. M., Studenok A. G., Studenok G. A. 2005, *Kolichestvennaya otsenka vklada vzryvnykh rabot v zagryaznenie drenazhnykh vod kar'erov soedineniyami azota* [Quantitative assessment of the contribution of blasting to the pollution of drainage waters of quarries with nitrogen compounds]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 6, pp. 29–31.
8. Khokhryakov A. V., Studenok A. G., Studenok G. A. 2016, *Issledovanie protsessov formirovaniya khimicheskogo zagryazneniya drenazhnykh vod soedineniyami azota na primere kar'era krupnogo gornogo predpriyatiya* [Research of processes of formation of chemical pollution of drainage waters by nitrogen compounds on the example of a quarry of a large mining enterprise]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4(44), pp. 35–37.
9. Chochrjakow A. W., Studenok A. G., Studenok G. A. 2016, Die Erforschung von Prozessen der chemischen Verunreinigung des Dränagewassers durch Stickstoffverbindungen am Beispiel vom dem Tagebau eines grossen Bergbauunternehmens [The investigation of processes of the chemical contamination of the drainage water by nitrogen compounds by the example of the open pit mining of a large mining company]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4(44), pp. 38–40.
10. Gogina E. S. 2010, *Udalenie biogennykh elementov iz stochnykh vod* [Removal of biogenic elements from waste water], Moscow, 120 p.
11. *Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya: prikaz Rosrybolovstva ot 18 yanvarya 2010 goda № 20* [On the approval of water quality standards for water objects of fishery value, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance: the order of the Federal Agency for Fisheries of January 18, 2010 No. 20].

Александр Владимирович Хохряков,
ief.ie@m.ursmu.ru
Александр Михайлович Ольховский,
Геннадий Андреевич Студенок
genand@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Aleksandr Vladimirovich Khokhryakov,
ief.ie@m.ursmu.ru
Aleksandr Mikhailovich Ol'khovskiy,
Gennadiy Andreevich Studenok
genand@mail.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

УДК 630.618 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-53-56

ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КУЗБАССА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

А. М. Шипилова, И. С. Семина

Assessment of the soil-ecological status of technogenic landscapes of the Kuznetsk basin (Kuzbass) depending on the technology of reclamation of disturbed lands

A. M. Shipilova, I. S. Semina

The authors describe the specifics of soil formation in technogenic landscapes of Kuzbass. The conducted studies reveal the following regularity: soil-ecological state of recultivated territories depends on the technology of dump formation. The studied object is the Sagarlyksky dump with an area of more than 300 hectares located on the territory of the Bachatsky coal deposit. To conduct the research authors selected four key areas, differing in the methods of dumps surface forming and covered by soil vegetation that formed during 20 years. The basis of soil cover in technogenic landscapes of Kuzbass consists of embryosemes of four types: initial, organ-accumulative, caespitose and humus-accumulative. For the purpose of assessment of soil-ecological state of the territory of technogenic landscapes, the authors assume that if after 20 years humus-accumulative embryosemes have formed on the surface of the dumps, then the soil-ecological state of such a landscape is very good. The article presents the results of soil-cartographic studies of three areas on the dump territory. Soil-ecological mapping made it possible to identify areas with different quality of soil-formation conditions. Areas with initial are unsatisfactory, areas with organ-accumulative embryosemes are satisfactory, and ones with caespitose and humus-accumulative embryosemes are good. The obtained data allows us to draw conclusions about the dependence of the soil-ecological state of technogenic landscapes on the technology of dump formation and rational use of lithogenic recultivation resources. The formation of tree vegetation on the technogenic landscapes of the forest-steppe zone of the Kuzbass does not contribute to the development of soil formation processes in disturbed areas, and only the purposeful formation of a favorable root layer will create necessary ecological conditions for the restoration of disturbed ecosystems.

Keywords: technogenic landscapes; recultivation technologies; young soils; soil-ecological mapping.

Описана специфика почвообразования в техногенных ландшафтах Кузбасса. Проведенные исследования выявляют закономерность: почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий зависит от технологии формирования отвалов. В качестве объекта исследования был выбран Сагарлыкский отвал площадью более 300 га, расположенный на территории Бачатского угольного месторождения. Для выполнения исследований было выбрано 4 ключевых участка, отличающихся методами формирования поверхности отвалов и сформировавшимся за 20 лет почвенным растительным покровом. Основу почвенного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса составляют эмбриоземы четырех типов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные. Для оценки почвенно-экологического состояния территории техногенных ландшафтов принимается, что если за 20 лет на поверхности отвалов сформировались эмбриоземы гумусово-аккумулятивные, то почвенно-экологическое состояние такого ландшафта оценивается как очень хорошее. В статье представлены результаты почвенно-картографических исследований трех участков на территории отвала. Почвенно-экологическое картирование позволило выделить участки с различным качеством условий почвообразования. Неудовлетворительные – участок с инициальными эмбриоземами, удовлетворительные – с органо-аккумулятивными и хорошие с дерновыми и гумусово-аккумулятивными эмбриоземами. Полученные данные позволяют сделать выводы о зависимости почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов от технологии формирования отвалов и рационального использования литогенных ресурсов рекультивации. Формирование древесного растительного покрова на техногенных ландшафтах лесостепной зоны Кузбасса не способствует развитию процессов почвообразования на нарушенных территориях, и только целенаправленное формирование благоприятного корнеобитаемого слоя позволяет создать экологические условия для восстановления нарушенных экосистем.

Ключевые слова: техногенные ландшафты; технологии рекультивации; молодые почвы; почвенно-экологическое картирование.

Кемеровская область – один из наиболее промышленно развитых регионов Сибири. На ее территории расположено значительное количество угледобывающих предприятий – шахт и разрезов. Добыча угля производится из пластов большой мощности, что ведет к изменению рельефа местности, структуры массива горных пород, микроклимата, а также ликвидации почвы. Степень воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду столь велика, что если не принять меры по уменьшению негативного воздействия, то в ближайшем будущем данные территории можно будет отнести к зонам экологического бедствия [1–3]. На основании проведенных исследований можно отметить, что почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий зависит от технологии формирования отвалов [4, 5]. Поэтому для определения наиболее эффективной технологии рекультивации необходимо исследовать сформировавшийся почвенный покров техногенных ландшафтов и выявить лимитирующие факторы почвообразования. Исследования такого рода и оценка перспектив восстановления нарушенных земель чрезвычайно актуальны для Кузбасса.

Цель работы – выявить специфику почвообразования и оценить почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса.

В качестве объекта исследования был выбран Сагарлыкский отвал площадью более 300 га, расположенный на территории Бачатского угольного месторождения. Разработка угольного месторождения сопровождается ежегодным нарушением естественных ландшафтов площадью от 80 до 200 га.

На территориях, где проводились исследования, преобладают мощные крутопадающие пласты, разработка которых открытым способом сопровождается образованием обширных отвалов, это создает неблагоприятные экологические условия. Поэтому рекультивация нарушенных земель является необходимым комплексом мероприятий по восстановлению разрушенных экосистем, сохранению биологического разнообразия и экологической емкости территории.

Возраст Сагарлыкского отвала составляет 20 лет. Этот отвал представляет собой огромный, высотой более 30 м, навал горной породы на сравнительно ненарушенную естественную поверхность. Для выполнения исследований было выбрано 4 ключевых участка, отличающихся методами формирования поверхности отвалов и сформировавшимся за 20 лет почвенным растительным покровом.

Участок 1 расположен в средней части северо-восточного склона отвала. Данный участок расположен на выровненной площадке крутизной менее 5°. Рекультивация не проведена, естественное самовосстановление. Почвенный покров в основном

Физические свойства пород вскрыши.

Литологические разности пород	Плотность сложения, г/см³	Плотность твердой фазы, г/см³	Влажность, %	Пористость, %
Песчаники	2,39	2,64	3,34	13,10
Аргиллиты	2,38	2,62	2,53	12,18
Алевролиты	2,37	2,60	3,36	12,85
Лессовидные суглинки	1,91	2,70	14,54	36,88

представлен эмбриоземами инициальными. Стадия сукцессии пионерная, сформирована простая разнотравная группировка. Видовое разнообразие представлено тринадцатью видами.

Участок 2 находится на юго-западном склоне. Здесь проведена лесная рекультивация. В посадках сосны сформировались эмбриоземы органо-аккумулятивные и донниково-разнотравная растительная группировка. Видовое разнообразие представлено семнадцатью видами.

Участок 3 расположен на выровненной площадке с западинами, на северо-восточном склоне. На участке проведены частичная планировка и отсыпка на поверхность отвала суглинков мощностью более 1 м. Участок был оставлен под самозарастание. Здесь сформировались эмбриоземы дерновые и гумусово-аккумулятивные. Стадия растительной сукцессии сложной растительной группировки. Видовое разнообразие представлено девятнадцатью видами.

Участок 4 располагается на выровненной территории, на которой проведена отсыпка ПСП (плодородный слой почвы) и ППП (потенциально плодородные породы) и сформирован технозем гумусогенный. Мощность отсыпки ПСП и ППП составляет от 40 до 100 см. Общее проективное покрытие 100 %. Ассоциация кострецово-злаково-разнотравная представлена двенадцатью видами.

Основу субстрата отвалов составляют вскрышные и вмещающие породы. Наиболее широкое распространение имеют песчаники и алевролиты. Песчаники в пределах поля разреза представлены мелко- и среднезернистыми, реже крупнозернистыми разностями, окрашены в серый цвет. Преобладающим цементом является глинистый, количество которого изменяется от 5–7 до 10–18 %. Карбонатный цемент, как правило, имеет кальцитовый и доломитовый состав, его количество изменяется от 20 до 30 %. Алевролиты также широко распространены. По составу обломочной части алевролиты близки к песчаникам [6] .

Основу литогенных ресурсов рекультивации составляют породы, наиболее пригодные для рекультивации нарушенных земель ПСП и ППП. Суглинки характеризуются высокой общей пористостью, достигая максимального значения 50,1 %. Преобладающими в гранулометрическом составе рыхлой толщи являются пылеватые частицы диаметром от 0,05 до 0,005 мм. Основные характеристики вскрышных и вмещающих пород, распространенных на разрезах и составляющих основу субстрата отвалов, представлены в таблице.

Основу почвенного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса, согласно классификации, разработанной в лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН, составляют эмбриоземы четырех типов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные. Эмбриоземы – это молодые почвы, развивающиеся естественным образом на поверхности нарушенных земель [7]. Незначительную часть территории Сагарлыкского отвала (около 60 га) занимают рекультивированные методом отсыпки на спланированную поверхность отвалов ПСП и суглинков технозёмы гумусогенные.

Все эти почвы автоморфного направления почвообразования. Распространение данных почв обусловлено тем, что в рельефе преобладают склоновые поверхности, отсутствует постоянный горизонт почвенно-грунтовых вод, а сильная каменистость почвообразующих пород обеспечивает высокую фильтрационную способность [6, 8, 9].

Морфология молодых почв имеет ряд особенностей и во многом зависит от стадии развития растительных сукцессий, а также вида растительного сообщества. Однако в любом случае на начальных стадиях освоения поверхность отвалов представлена в основном инициальными эмбриоземами. В случае зарастания отвалов лесной растительностью почвообразование развивается в сторону образования эмбриоземов органо-аккумулятивных.

Таким образом, выбранные участки на территории Сагарлыкского отвала позволяют достаточно полно охарактеризовать почвенно-экологические условия восстановления почв, формирующихся в техногенных ландшафтах, как естественным образом, так и в результате проведения рекультивационных работ.

В оптимальных условиях (главным образом, рельефа и пород) конечной стадией эволюции будет, очевидно, формирование профиля почвы сходного, но не обязательно идентичного с профилем зонального выщелоченного чернозема. Однако в реальных условиях почвообразующие породы не способствуют формированию профиля черноземов, так как одним из важнейших условий черноземообразования является наличие в качестве почвообразующих пород лессов, лессовидных или близких к ним покровных суглинистых отложений с гидрослюдисто-монтмориллонитовым составом фракций физической глины. Почвообразующие породы же представляют собой обычно хаотическую смесь пород различного генезиса, гранулометрического и минералогического составов.

Почвенно-картографические исследования, проведенные в техногенных ландшафтах Кузбасса, выявили ряд важных особенностей почвообразования. Все типы эмбриоземов Сагарлыкского отвала представляют собой единую эволюционную цепоч-

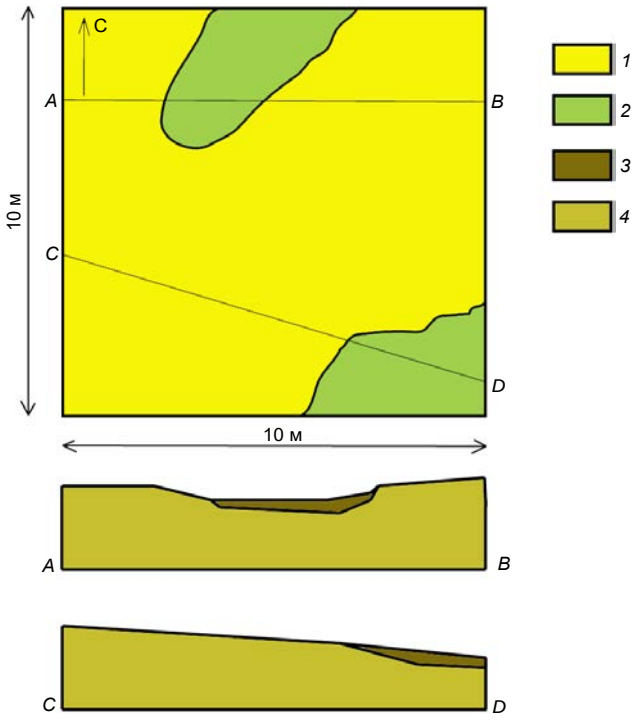


Рисунок 1. Фрагмент почвенной карты Сагарлыкского отвала *(участок 1)*. Эмбриоземы. *1* – инициальные; *2* – органо-аккумулятивные. **Горизонты.** *3* – A_0; *4* – *C*.

ку и позволяют дифференцировать этапы почвообразования на четыре стадии.

Для практической оценки почвенно-экологического состояния авторами статьи использовался метод детального почвенного картирования техногенных ландшафтов, заключающийся в фиксировании на крупномасштабной карте различных типов эмбриоземов, сформировавшихся на поверхности Сагарлыкского отвала. Площадь ключевых участков, выбранных для описания, составляла 100 м^2.

Для оценки почвенно-экологического состояния территории техногенных ландшафтов принимается, что если за 20 лет на поверхности отвалов сформировались эмбриоземы гумусово-аккумулятивные, то почвенно-экологическое состояние такого ландшафта оценивается как очень хорошее. На данном нарушенном участке почвообразование идет быстро, и со временем возможно восстановление почв по качеству, удовлетворяющему развитию естественных экосистем.

Первый участок, расположенный на северо-восточном склоне с пионерной растительностью, развивающейся на элювии плотных вскрышных пород, находится в неудовлетворительном почвенно-экологическом состоянии. В структуре почвенного покрова этого участка преобладают инициальные эмбриоземы; несмотря на длительный срок после отсыпки отвала, почвенно-экологическое состояние данных территорий считается неудовлетворительным (рис. 1).

Как показывают исследования, если за 20 лет не сформировался растительный покров и не началось восстановление процессов почвообразования, то такие территории практически навсегда сохранят признаки техногенной пустыни и будут функционировать в режиме экоклина – территории, резко отличающейся от естественных природных ландшафтов.

На втором ключевом участке, на юго-западном склоне, где были произведены посадки сосны, сформировались эмбриоземы органо-аккумулятивные – 70 %, дерновые покрытия – 10 % и сохранились инициальные эмбриоземы – 20 %. Участок с посадкой сосны характеризуется удовлетворительным почвенно-экологическим состоянием (рис. 2). Под лесной растительностью на техногенных элювиях почвообразовательные процессы идут медленно, и в течение приемлемого срока эволюция не переходит дальше стадии формирования органо-аккумулятивных эмбриоземов [10].

На третьем ключевом участке при детальном почвенном картировании выявлена следующая структура почвенного покрова. Процентное соотношение типов эмбриоземов составило: 40,5 % – дерновые, 31 % – органо-аккумулятивные, 23 % – инициальные, 5,5 % – гумусово-аккумулятивные (рис. 3).

Такую неоднородность покрытия поверхности можно объяснить приуроченностью различных типов эмбриоземов к определенным позициям микрорельефа и неравномерностью отсыпки суглинком территории отвала. Очевидно, что зарастание данной части отвала происходило поэтапно и начиналось в пониженных элементах рельефа, обладающих более благоприятными эдафическими условиями (наиболее мощный слой отсыпки суглинком и наименьшая подверженность физическому выветриванию, лучший режим увлажнения). Таким образом, данный участок можно отнести к территориям с хорошим почвенно-экологическим состоянием [6, 11].

На спланированной территории, на вершине отвала проводилась селективная отсыпка ППП и ПСП (*участок 4*). Здесь были созданы техноземы гумусогенные (100 % покрытие). Мощность отсыпки ПСП изменяется в пределах 40–80 см. На данном участке проведен посев многолетних злаковых трав, в основном костреца безостого. В результате формирования почвоподобного профиля на этом участке наблюдалось достаточное увлажнение, что позволяло получить более высокую продуктивность по сравнению с эмбриоземами.

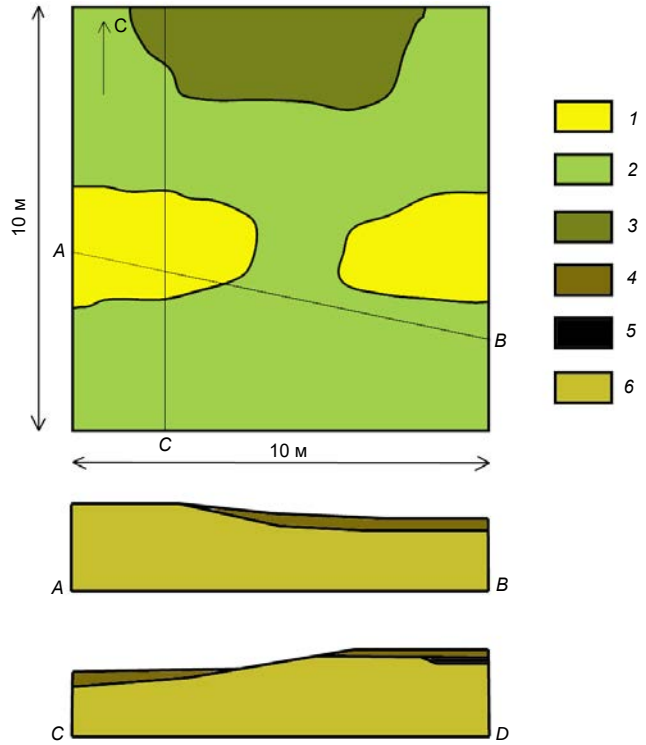


Рисунок 2. Фрагмент почвенной карты Сагарлыкского отвала *(участок 2)*. Эмбриоземы. *1* – инициальные; *2* – органо-аккумулятивные; *3* – дерновые. **Горизонты.** *4* – A_0;. *5* – $A_д$; *6* – *C*.

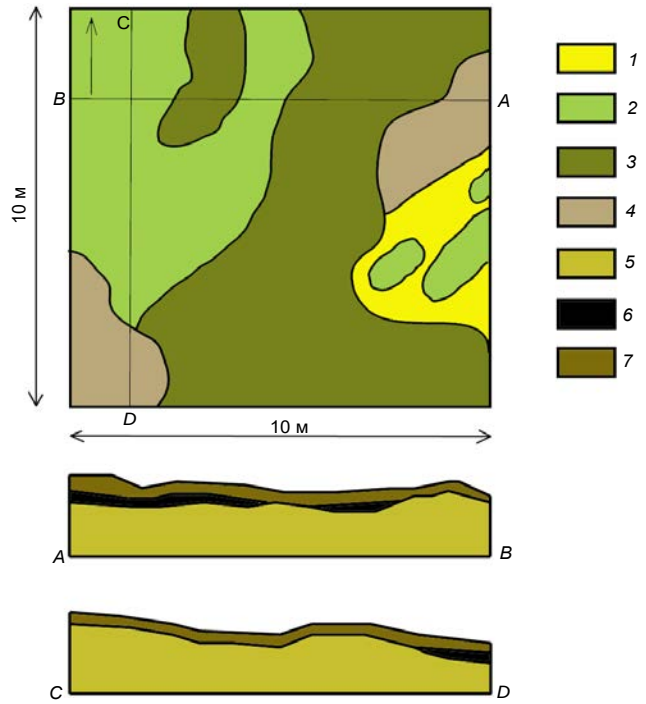


Рисунок 3. Фрагмент почвенной карты Сагарлыкского отвала *(участок 3)*. Эмбриоземы. *1* – инициальные; *2* – органо-аккумулятивные; *3* – дерновые; *4* – гумусово-аккумулятивные. **Горизонты.** *5* – *C*; *6* – A_1; *7* – $A_д$.

Проведенные исследования позволяют объективно оценить технологии биологической и технической рекультивации с почвенно-экологических позиций. С учетом возраста отвала (около 20 лет) и результатов почвенно-экологического картографирования рекультивированных участков и участков с самозарастанием на Сагарлыкском отвале можно разделить территорию отвала на несколько участков по качеству условий почвообразования и

характеристике почвенно-экологического состояния. Экологическое состояние этих рекультивированных участков зависит от качества слагающих пород и рельефа поверхности. Вскрышные и вмещающие породы обладают очень малым потенциалом почвообразования, важную роль играют рыхлые вскрышные потенциально плодородные породы и плодородный слой почвы (ПСП). Формирование инициальных и органо-аккумулятивных эмбриоземов объясняется недостаточным увлажнением, фрагментарной отсыпкой суглинков, а также крутым склоном (уклон поверхности около 25°). Таким образом, только посадка древесных растений не может значительно улучшить почвенно-экологические условия на нарушенных территориях. Под лесной растительностью на техногенных элювиях почвообразовательные процессы идут медленно, и в течение приемлемого срока эволюция эмбриоземов не переходит дальше стадии формирования органо-аккумулятивных эмбриоземов. На участке с техноземом гумусогенным отмечены наилучшие показатели почвенно-экологических условий, способствующих развитию растительного и почвенного покрова. В то же время особенностью строения техноземов является наличие двух резко отличающихся горизонтов, это отрицательно влияет на процессы почвообразования, которые преимущественно протекают в отсыпанном слое ПСП [8, 12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев В. А., Потапов В. П., Счастливцев Е. Л. Мониторинг состояния природной среды угледобывающих районов Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 312 с.
2. Потапов В. П., Мазикин В. П., Счастливцев Е. Л. и др. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса. Новосибирск: Наука, 2005. 660 с.
3. Чайкина Г. М., Объедкова В. А. Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 266 с.
4. Андроханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2004. 151 с.
5. Андроханов В. А., Лавриненко А. Т. Ускорение процессов рекультивации техногенных ландшафтов на угольных предприятиях КАТЭКа и Хакасии // Уголь. 2012. № 7. С. 62–64.
6. Семина И. С., Беланов И. П., Шипилова А. М. и др. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 396 с.
7. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
8. Шипилова А. М. Постмелиоративное развитие и почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий лесостепной зоны Кузбасса: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Барнаул, 2012. 22 с.
9. Xia Hanping, Cai Xi. Ying yong Sheng tai Xue bao // Chin. J. Appl. Ecol. 2002. Vol. 13, № 11. P. 71–77.
10. Шипилова А. М., Семина И. С., Беланов И. П. Почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий, расположенных в лесостепной зоне Кемеровской области // ГИАБ. Отд. статья. 2012. № 12. С. 25–31.
11. Семина И. С. Рациональное использование литогенных ресурсов рекультивации как основа для экологически безопасного развития техногенных ландшафтов // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 11. С. 36–38.
12. Шипилова А. М. Постмелиоративное развитие и почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий лесостепной зоны Кузбасса: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Новосибирск, 2012. 148 с.

REFERENCES

1. Kovalev V. A., Potapov V. P., Schastlivtsev E. L. 2013, *Monitoring sostoyaniya prirodnoy sredy ugledobyvayushchikh rayonov Kuzbassa* [Monitoring of the state of the natural environment of coal-mining regions of Kuzbass], Novosibirsk, 312 p.
2. Potapov V. P., Mazikin V. P., Schastlivtsev E. L. et al. 2005, *Geoekologiya ugledobyvayushchikh rayonov Kuzbassa* [Geoecology of coal-mining regions of Kuzbass], Novosibirsk, 660 p.
3. Chaykina G. M., Ob'edkova V. A. 2003, *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' v gornorudnykh rayonakh Urala* [Reclamation of disturbed lands in the mining regions of the Urals], Ekaterinburg, 266 p.
4. Androkhanov V. A., Kulyapina E. D., Kurachev V. M. 2004, *Pochvy tekhnogennykh landshaftov: genezis i evolyutsiya* [Soils of technogenic landscapes: genesis and evolution], Novosibirsk, 151 p.
5. Androkhanov V. A., Lavrinenko A. T. 2012, *Uskorenie protsessov rekul'tivatsii tekhnogennykh landshaftov na ugol'nykh predpriyatiyakh KATEKa i Khakasii* [Accelerating the processes of reclamation of man-made landscapes in coal enterprises of the Kansk-Achinsk fuel and energy complex and Khakassia]. *Ugol'* [Russian coal journal], no. 7, pp. 62–64.
6. Semina I. S., Belanov I. P., Shipilova A. M. et al. 2013, *Prirodno-tekhnogennye kompleksy Kuzbassa: svoystva i rezhimy funktsionirovaniya* [Natural and technogenic complexes of Kuzbass: properties and functioning regimes], Novosibirsk, 396 p.
7. Kurachev V. M., Androkhanov V. A. 2002, *Klassifikatsiya pochv tekhnogennykh landshaftov* [Classification of soils of technogenic landscapes]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Contemporary problems of ecology], no. 3, pp. 255–261.
8. Shipilova A. M. 2012, *Postmeliorativnoe razvitie i pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie rekul'tivirovannykh territoriy lesostepnoy zony Kuzbassa: avtoref. dis. … kand. s.-kh. nauk* [Postmeliorative development and soil-ecological state of recultivated territories of forest-steppe zone of Kuzbass: the author's abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences.], Barnaul, 22 p.
9. Xia Hanping, Cai Xi, 2002, Ying yong Sheng tai Xue bao. Chinese Journal of Applied Ecology, vol. 13, no. 11, pp. 71–77.
10. Shipilova A. M., Semina I. S., Belanov I. P. 2012, *Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie rekul'tivirovannykh territoriy, raspolozhennykh v lesostepnoy zone Kemerovskoy oblasti* [Soil-ecological condition of the reclaimed territory located in the forest-steppe zone of the Kemerovo region]. *GIAB* [Mining informational and analytical bulletin], no. 12, pp. 25–31.
11. Semina I. S. 2013, *Ratsional'noe ispol'zovanie litogennykh resursov rekul'tivatsii kak osnova dlya ekologicheski bezopasnogo razvitiya tekhnogennykh landshaftov* [Rational use of lithologic recultivation resources as a basis for ecologically safe development of technogenic landscapes]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Occupational safety in industry], no. 11, pp. 36–38.
12. Shipilova A. M. 2012, *Postmeliorativnoe razvitie i pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie rekul'tivirovannykh territoriy lesostepnoy zony Kuzbassa: dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Postmeliorative development and soil-ecological state of recultivated territories of forest-steppe zone of Kuzbass: the dissertation of the candidate of agricultural sciences], Novosibirsk, 148 p.

Ася Максимовна Шипилова,
Cardan@land.ru
Ирина Сергеевна Семина,
semina.i@mail.ru
Сибирский государственный индустриальный университет
Россия, Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Asya Maksimovna Shipilova,
Cardan@land.ru
Irina Sergeevna Semina,
semina.i@mail.ru
Siberian State Industrial University
Novokuznetsk, Russia

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 622.271 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-57-59

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

А. Ю. Чебан

Improving the extraction-and-loading process in the open mining operations

A. Yu. Cheban

Using the explosions is the main way to prepare solid rocks for the excavation, and that results in the formation of a rock mass of uneven granulometric composition, which makes it impossible to use a conveyor quarry transport without the preliminary large crushing of the rock mass obtained during the explosion. A way to achieve the greatest technical and economic effect is the full conveyorization of quarry transport, what, in this case, ensures the sequenced-flow of transport operations, automation of management and high labor productivity. The extraction-and-loading machines are the determining factor in the performance of mining and transport machines in the technological flow of the quarry. When extracting a blasted rock mass with single-bucket excavators or loaders working in combination with bottom-hole conveyors, one uses self-propelled crushing and reloading units of various designs to grind large individual parts to fractions of conditioning size. The presence of a crushing and reloading unit in the pit-face along with the excavator requires an additional space for its placement, complicates the maneuvering of the equipment in the pit-face, and increases the number of personnel and the cost of maintaining the extraction-and-reloading operations. The article proposes an improved method for carrying out the extraction-and-loading process, as well as the design of extraction-and-grinding unit based on a quarry hydraulic excavator. The design of the proposed unit makes it possible to convert the cyclic process of scooping the rock mass into the continuous process of its loading on the bottom-hole conveyor. Using the extraction-and-grinding unit allows one to combine the processes of excavation, preliminary crushing and loading of the rock mass, which ensures an increase in the efficiency of mining operations.

Keywords: excavation; rock mass; conditioning size; bucket; receiving hopper; crusher; automatic control system.

Подготовка прочных горных пород к выемке в основном ведется с применением взрыва, в результате которого происходит образование горной массы неравномерного гранулометрического состава, что делает невозможным применение конвейерного карьерного транспорта без предварительного крупного дробления полученной при взрыве горной массы. Наибольший технико-экономический эффект достигается при полной конвейеризации карьерного транспорта, в этом случае обеспечиваются поточность транспортных операций, автоматизация управления и высокая производительность труда. Выемочно-погрузочные машины являются определяющими по производительности в комплекте горных и транспортных машин технологического потока карьера. При выемке взорванной горной массы одноковшовыми экскаваторами или погрузчиками, работающими в комплекте с забойными конвейерами, используются самоходные дробильно-перегрузочные агрегаты различных конструкций для измельчения крупных отдельностей до фракций кондиционной крупности. Наличие в забое вместе с выемочной машиной дробильно-перегрузочного агрегата требует дополнительного места для его размещения, усложняет маневрирование техники в забое, увеличивает количество персонала и себестоимость ведения выемочно-перегрузочных работ. В статье предлагается усовершенствованный способ осуществления выемочно-погрузочного процесса, а также конструкция выемочно-дробильного агрегата, выполненного на основе карьерного гидравлического экскаватора. Конструкция предлагаемого агрегата позволяет преобразовывать циклический процесс черпания горной массы в непрерывный процесс ее погрузки на забойный конвейер. Применение выемочно-дробильного агрегата позволяет совместить процессы выемки, предварительного дробления и погрузки горной массы, что обеспечивает повышение эффективности ведения горных работ.

Ключевые слова: экскавация; горная масса; кондиционная крупность; ковш; приемный бункер; дробилка; автоматическая система управления.

Введение

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых, сложенных полускальными и скальными породами, в основном ведется с применением буровзрывных работ. Взрыв – быстрое химическое разложение вещества, сопровождающееся выделением большого количества энергии, сжатых газов и образованием ударной волны, оказывающими разрушающее действие на окружающую среду. Главное преимущество взрыва при разработке прочных горных пород – эффективное высокопроизводительное массовое дробление массива горных пород. Взрыв имеет ряд недостатков – в частности, образование горной массы неравномерного гранулометрического состава от пылевидных частиц до негабаритов, при этом также образуется большое количество отдельностей с крупностью выше 300–400 мм, в результате чего становится невозможным применение конвейерного карьерного транспорта без предварительного крупного дробления полученной при взрыве горной массы [1, 2].

Выемка из навала взорванной горной массы и ее погрузка в транспортные средства ведутся одноковшовыми экскаваторами и погрузчиками, наибольшее распространение на отечественных карьерах получили одноковшовые экскаваторы [3–5]. Выемочно-погрузочные машины являются определяющими по производительности в комплекте горных и транспортных машин технологического потока. В настоящее время в связи с завершением отработки многих месторождений или участков месторождений с относительно высокими содержаниями полезных компонентов в руде предприятиям приходится вести разработку запасов менее богатых руд, в результате чего для обеспечения необходимой производительности по полезным компонентам объемы перерабатываемой горной массы непрерывно возрастают. Кроме того, на крупных, давно разрабатываемых карьерах глубина ведения горных работ значительно понижается, в результате чего транспортные расходы в общих затратах на разработку месторождений порой достигают 60–70 % [6].

На открытых горных работах наиболее распространен автомобильный транспорт [7–8]. Однако все большее развитие получает конвейерный карьерный транспорт, который может использоваться как самостоятельно, так и в комплексе (комбинированные схемы карьерного транспорта) с автосамосвалами, колесными погрузчиками или выемочно-транспортирующими машинами (бульдозеры, колесные скреперы). При комбинированных схемах автосамосвалы, погрузчики и другие машины являются сборочным транспортом, доставляющим горную массу к перегрузочному пункту конвейерной линии на относительно небольшое расстояние, а конвейер является магистральным транспортом [9–10]. Наибольший технико-экономический эффект достигается при полной конвейеризации карьерного транспорта, в этом случае обеспечиваются поточность транспортных операций, автоматизация управления и высокая производитель-

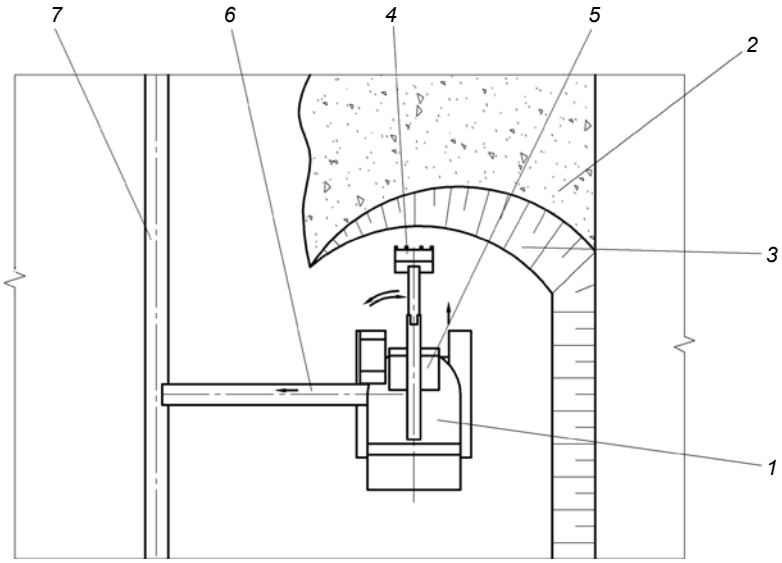


Рисунок 1. Схема работы выемочно-дробильного агрегата с конвейерным карьерным транспортом.

ность труда. Карьерный конвейерный комплекс в общем случае включает конвейеры различного назначения: забойные – расположенные на рабочих площадках уступов и предназначенные для транспортирования горной массы от выемочной машины до сборочного конвейера; сборочные (передаточные) – расположенные в торцевых частях карьера и перемещающие горную массу от одного или нескольких забойных конвейеров к подъемнику; подъемные конвейеры – осуществляющие доставку груза из рабочей зоны карьера на его дневную поверхность; магистральные – расположенные на дневной поверхности, перемещают полезное ископаемое на обогатительную фабрику или склад, а вскрышные породы – в отвал; и, наконец, отвальные конвейеры, задействованные на укладке вскрышных пород в отвалы [1]. Эффективным оборудованием, работающим совместно с конвейерным транспортом, являются выемочные машины непрерывного действия, в частности роторные экскаваторы или карьерные комбайны, однако данные машины не обеспечивают возможности экскавации прочных горных пород [11–12].

При выемке взорванной полускальной или скальной горной массы одноковшовыми экскаваторами или погрузчиками, работающими в комплекте с конвейерным комплексом, необходимо предварительно подготовить горную массу к транспортировке путем дробления крупных отдельностей до фракций кондиционной крупности, для чего используются самоходные дробильно-перегрузочные установки (агрегаты) различных конструкций [1]. Такие установки имеют в своем составе приемный бункер (накопительную емкость), дробилку, устройства для непрерывной подачи горной массы на конвейер, ленточный конвейер. Таким образом, в забое вместе с выемочной машиной работает еще один агрегат, что требует дополнительного места для его размещения, усложняет маневрирование техники в забое, увеличивает количество персонала и себестоимость ведения выемочно-перегрузочных работ. Кроме того, после черпания горной массы из забоя одноковшовый экскаватор для разгрузки горной массы в приемный бункер дробильно-перегрузочной установки вынужден разворачиваться на угол 90° и более, а после выгрузки ковша вновь поворачиваться к забою, что ведет к увеличению времени цикла работы одноковшового экскаватора и снижает его производительность.

Результаты работы и область их применения

Институтом горного дела ДВО РАН предлагается способ разработки месторождений твердых полезных ископаемых с применением конвейерного транспорта и выемочно-дробильного агрегата. Выемочно-дробильный агрегат *1* ведет черпание взорванной горной массы *2* из забоя *3* выемочным оборудованием *4* типа прямая лопата гидравлического экскаватора (рис. 1).

Из ковша горная масса выгружается в приемный бункер *5*, откуда поступает на дробильно-сортировочное оборудование выемочно-дробильного агрегата, где производится ее измельчение до кондиционного состава по крупности, после чего ленточным конвейером *6* кондиционная горная масса подается на забойный конвейер *7* карьерного конвейерного комплекса.

Основная часть оборудования выемочно-дробильного агрегата размещена на поворотной платформе *1* (рис. 2). Силовая установка *2*, кабина машиниста *3*, приемный бункер *4*, выемочное оборудование *5* в виде ковша *6*, рукояти *7* и стрелы *8* с приводными гидроцилиндрами размещены над поворотной платформой *1*, а грохот *9*, дробилка *10* и промежуточный бункер *11* установлены под поворотной платформой и вращаются вместе с ней внутри неподвижного корпуса *12*. Поворотная платформа *1* установлена на опорно-поворотном устройстве *13*. Внутри корпуса *12* также размещены питатель *14* и частично ленточный конвейер *15*. Выемочно-дробильный агрегат перемещается посредством гусеничной ходовой части *16*.

Для выемки взорванной горной массы из навала поворотная платформа *1* вместе с выемочным оборудованием *5* поворачивается к месту черпания, внедрение ковша *6* в забой и его наполнение горной массой (*положение I* выемочного оборудования *5*) осуществляется под управлением машиниста агрегата. Поскольку одновременно с поворотом выемочного оборудования *5* агрегата происходит поворот приемного *4* и промежуточного *11* бункеров, грохота *9* и дробилки *10*, то разгрузка горной массы из ковша *6* осуществляется в плоскости черпания в приемный бункер *4* (*положение II* выемочного оборудования *5*). В связи с этим не требуется разворота в плане ковша *6*, рукояти *7* и стрелы *8* к месту разгрузки, что значительно снижает длительность цикла работы выемочного оборудования *5*. Управление загруженным ковшом *6*, рукоятью *7*, стрелой *8* при движении ковша *6* под разгрузку в приемный бункер *4* производится системой управления выемочно-дробильного агрегата в автоматическом режиме.

Из приемного бункера *4* горная масса попадает на грохот *9*, где происходит отделение кондиционных фракций, направляемых через промежуточный бункер *11* на питатель *14*. Крупнокусковая (некондиционная) горная масса подается на дробилку *10*, где она измельчается до кондиционных размеров, необходимых для ее перемещения конвейерным транспортом, после чего также попадает на питатель *14*. Питатель *14* непрерывно подает кондиционную горную массу на ленточный конвейер *15* агрегата, который взаимодействует с забойным конвейером системы непрерывного транспорта карьера.

Подача горной массы ленточным конвейером *15* выемочно-дробильного агрегата при необходимости может вестись также в автомобильный или железнодорожный транспорт. Непрерывная подача горной массы ленточным конвейером *15* позволяет значительно снизить динамические нагрузки на загружаемые

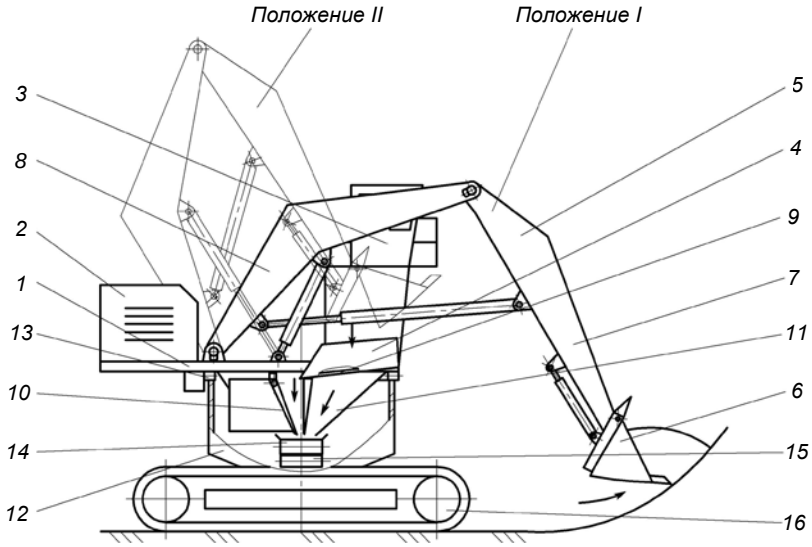


Рисунок 2. Конструкция выемочно-дробильного агрегата.

транспортные средства в сравнении с цикличной погрузкой горной массы ковшом экскаватора.

Применение выемочно-дробильного агрегата при работе с взорванной горной массой позволяет совместить процессы выемки, предварительного дробления и погрузки измельченной до кондиционных размеров горной массы на карьерный конвейерный транспорт, что обеспечивает нахождение минимально возможного количества производственного персонала и горного оборудования в карьере. Конструкция предлагаемого выемочно-дробильного агрегата позволяет преобразовывать циклический процесс черпания горной массы в непрерывный процесс ее погрузки. Поворот приемного бункера агрегата вслед за выемочным оборудованием обеспечивает возможность разгрузки ковша непосредственно в плоскости черпания горной массы, что исключает необходимость разворота выемочного оборудования в плане, сокращает время цикла и повышает производительность выемочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам: М.: НТЦ «Горное дело», 2010. 700 с.
2. Чебан А. Ю. Совершенствование технологий открытой разработки месторождений с использованием карьерных комбайнов и отвалообразователей // Записки Горного института. 2015. Т. 214. С. 23–27.
3. Щадов В. М. Открытая разработка сложноструктурных угольных месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока. 2-е изд., стереотип. М.: Изд-во МГГУ, 2004. 298 с.
4. Special equipment for quarry operations // Zement-Kalk-Gips Int. 2014. Vol. 67, № 10. P. 12–13.
5. Чебан А. Ю. Техническое оснащение предприятий по добыче нерудных строительных материалов в Хабаровском крае // Механизация строительства. 2017. № 2. С. 23–26.
6. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. I. Производственные процессы: М.: Недра, 1985. 509 с.
7. Сандригайло И. Н., Арефьев С. А., Мойсиев Х. С., Глебов И. А., Шлохин Д. А. Анализ эффективности применения шарнирно-сочлененных автосамосвалов при разработке месторождений с малыми запасами // Изв. УГГУ. 2015. № 2. С. 23–27.
8. Баланчук В. Р. Использование внутрибортового перегрузочного пункта для доработки глубоких карьеров АК «АЛРОСА» // Горное оборудование и электромеханика. 2011. № 9. С. 11–13.
9. Трубецкой К. Н., Жариков И. Ф., Шендеров А. И. Совершенствование циклично-поточной технологии при комплексном освоении месторождений // Маркшейдерия и недропользование. 2014. № 3. С. 22–31.
10. Яковлев В. Л., Бахтурин Ю. А., Журавлев А. Г. Основные аспекты формирования и новые научные направления исследований транспортных систем карьеров // Наука и образование. 2015. № 4. С. 67–72.
11. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus Russia // Zement-Kalk-Gips Int. 2014. Vol. 67, № 10. P. 18–19.
12. Cheban A. Yu., Sekisov G. V., Khrunina N. P., Shemyakin S. A. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining // Eurasian mining. 2014. № 1. P. 22–24.

REFERENCES

1. Anistratov Ju. I., Anistratov K. Ju., Shhadov M. I. 2010, *Spravochnik po otkrytym gornym rabotam* [Handbook for open-cast mining], Moscow, 700 p.
2. Cheban A. Ju. 2015, *Sovershenstvovanie tehnologiy otkrytoy razrabotki mestorozhdeniy s ispol'zovaniem kar'ernyh kombaynov i otvaloobrazovatelej* [Improvement of technologies for open development of deposits using quarry combines and spreaders]. *Zapiski Gornogo instituta* [Journal of Mining Institute], vol. 214, pp. 23–27.
3. Shhadov V. M. 2004, *Otkrytaja razrabotka slozhnostrukturnyh ugol'nyh mestorozhdeniy Vostochnoj Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Open development of complex-structural coal deposits in Eastern Siberia and the Far East], Mosow, 298 p.
4. 2014, Special equipment for quarry operations. Zement-Kalk-Gips Int, vol. 67, no. 10, pp. 12–13.
5. Cheban A. Ju. 2017, *Tehnicheskoe osnashhenie predpriyatiy po dobyche nerudnyh stroitel'nyh materialov v Habarovskom krae* [Technical equipment of enterprises for the extraction of non-metallic building materials in the Khabarovsk Territory]. Mehanizacija stroitel'stva [Mechanization of construction], no. 2, pp. 23–26.
6. Rzhevskij V. V. 1985, Otkrytye gornye raboty. Ch. I. *Proizvodstvennye processy* [Open mining operations. Part I. Production processes], Moscow, 509 p.
7. Sandrigailo I. N., Aref'ev S. A., Moysiev H. S., Glebov I. A., Shlohin D. A. 2015, *Analiz effektivnosti primeneniya sharnirno-sochlenennyh avtosamosvalov pri razrabotke mestorozhdeniy s malymi zapasami* [Analysis of the effectiveness of the application of articulated-dump trucks in the development of deposits with small reserves]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 2, pp. 23–27.
8. Balanchuk V. R. 2011, *Ispol'zovanie vnutribortovogo peregruzochnogo punkta dlya dorabotki glubokih kar'erov AK «ALROSA»* [Use of the inboard loading point for finishing the deep quarries of AK "ALROSA"]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika* [Mining equipment and electromechanics], no. 9, pp. 11–13.
9. Trubeckoy K. N., Zharikov I. F., Shenderov A. I. 2014, *Sovershenstvovanie ciklichno-potochnoy tehnologii pri kompleksnom osvoenii mestorozhdeniy* [Perfection of cyclic-flow technology in integrated development of deposits]. *Markshejderiya i nedropol'zovanie* [Mine survey and subsoil use], no. 3, pp. 22–31.
10. Jakovlev V. L., Bahturin Ju. A., Zhuravlev A. G. 2015, *Osnovnye aspekty formirovaniya i novye nauchnye napravleniya issledovaniy transportnyh sistem kar'erov* [Basic aspects of formation and new scientific directions of research of transport systems of quarries]. *Nauka i obrazovanie* [Nauka i Obrazovanie], no. 4, pp. 67–72.
11. 2014, Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus Russia. Zement-Kalk-Gips Int, vol. 67, no. 10, pp. 18–19.
12. Cheban A. Yu., Sekisov G. V., Khrunina N. P., Shemyakin S. A. 2014, Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining. Eurasian mining, no. 1, pp. 22–24.

Антон Юрьевич Чебан,
chebanay@mail.ru
Институт горного дела ДВО РАН
Россия, Хабаровск, ул. Тургенева, 51

Anton Yur'evich Cheban,
chebanay@mail.ru
Institute of Mining of Far East Branch of the RAS
Khabarovsk, Russia

УДК 53.083(430.1) DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-60-64

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

П. Б. Герике

Development of the testing procedure for units and elements of mining equipment

P. B. Gerike

The author considers in detail the stages of creating a testing procedure for mining equipment based on the complex implementation of principles of nondestructive testing and technical diagnostics. The author substantiates effectiveness of application of a complex diagnostic approach for assessing the state of metal structures and energy-mechanical equipment of mining machines. The opportunity for timely detection of defects, regardless of their type and degree of danger, presents itself only with a wide application of the modern methods of vibration diagnostics and nondestructive testing. The author substantiates the effectiveness of specific combination of methods of nondestructive testing, most optimally suited for solving given tasks. The article contains the developed complex of more than 120 diagnostic rules, suitable for performing automated analysis of vibroacoustic signal and revealing the main damages of energy-mechanical equipment based on selective groups of informative frequencies. The author formulates the main criteria that one can use as a basic platform for improving the methodology for normalizing the parameters of mechanical oscillations. The developed diagnostic criteria became a basis for the development of individual spectral masks suitable for performing the analysis of parameters of vibroacoustic waves generated during operation of mining equipment. The author proves necessity of transition of repair and maintenance divisions of industrial enterprises to the system of maintenance of machinery according to its actual technical state, and the developed complex of diagnostic rules for detecting defects can serve as a platform for the implementation of basic elements of this system. The author substantiates the principal validity of the developed methodology for testing mining machines equipment and its individual elements, such as the predictive modeling of degradation of technical state of mining equipment and the improvement of normalization using spectral masks and unified diagnostic criteria. Implementation of the principles of the developed testing methodology will increase reliability of mining equipment and minimize the number of emergency failures of complex expensive equipment, which in the end will generally have a positive impact on the safety of mining operations.

Keywords: vibrodiagnostics; mining equipment; testing procedure; residual resource; normalization of mechanical vibration parameters.

Подробно рассмотрены этапы создания методики проведения испытаний горно-шахтного оборудования, основанной на комплексной реализации принципов неразрушающего контроля и технического диагностирования. Обоснована эффективность применения комплексного диагностического подхода для оценки состояния металлоконструкций и энергомеханического оборудования горных машин. Показано, что только с широким применением современных методов вибрационной диагностики и неразрушающего контроля представляется возможность для своевременного выявления дефектов вне зависимости от их типа и степени опасности. Обоснована эффективность конкретного сочетания методов неразрушающего контроля, наиболее оптимально подходящих для решения поставленных в работе задач. Разработан комплекс более чем из 120 диагностических правил, пригодных для выполнения автоматизированного анализа виброакустического сигнала и выявления основных повреждений энергомеханического оборудования на базе селективных групп информативных частот. Сформулированы основные критерии, которые могут быть использованы в качестве базовой платформы для совершенствования методологии нормирования параметров механических колебаний. Разработанные диагностические критерии реализованы в качестве основы при разработке индивидуальных спектральных масок, пригодных для выполнения анализа параметров виброакустических волн, генерируемых при работе горно-шахтного оборудования. Доказана необходимость перехода ремонтных и обслуживающих подразделений промышленных предприятий на систему обслуживания техники по ее фактическому техническому состоянию, платформой для реализации базовых элементов которой может послужить разработанный комплекс диагностических правил выявления дефектов. Обоснована принципиальная состоятельность разрабатываемой методологии проведения испытаний оборудования горных машин и ее отдельных элементов, таких как прогностическое моделирование процессов деградации технического состояния горно-шахтного оборудования и совершенствование нормирования с использованием спектральных масок и единых диагностических критериев. Реализация принципов разрабатываемой методологии проведения испытаний позволит повысить надежность горной техники и минимизировать количество аварийных отказов сложного дорогостоящего оборудования, что в конечном итоге окажет положительное влияние на безопасность горных работ в целом.

Ключевые слова: вибродиагностика; горно-шахтное оборудование; методика испытаний; остаточный ресурс; нормирование параметров механических колебаний.

В рамках выполнения научно-исследовательских работ по разработке систем диагностирования горно-шахтного оборудования перед учеными Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН была поставлена задача создания методики испытаний узлов горно-шахтного оборудования для определения основных показателей их работоспособности. Для решения данной задачи в настоящее время выполняется цикл исследований по выявлению критериев предельного состояния, пригодных для оценки и прогнозирования процесса изменения фактического состояния горных машин. Кроме того, ведутся работы по созданию универсальной прогнозной адаптивной математической модели, описывающей процесс деградации технического состояния энергомеханического оборудования горных машин различного типа и конструкции.

Эффективное создание критериев предельного состояния диагностируемого оборудования, разработка адекватных математических моделей развития типовых дефектов, обоснование комплекса диагностических правил для энергомеханического оборудования угольной промышленности невозможно без выявления основных закономерностей изменения технического состояния оборудования горных машин по параметрам механических колебаний [1–3]. В мировой практике до сих пор отсутствует универсальный комплексный критерий оценки технического состояния горных машин по параметрам генерируемой ими вибрации, в соответствии с которым можно провести детальное нормирование отдельных составляющих сигнала и оценить степень их опасности [4]. Именно поэтому крайне трудно спрогнозировать скорость развития дефектов и момент перехода агрегата между группами оценки технического состояния. Основные причины этого заключаются в недостаточной проработке деградационных моделей и ограниченных возможностях практического применения критериев предельного состояния, разработанных для относительно небольшой группы горной техники. Таким образом, совершенствование методологии нормирования параметров механических колебаний, генерируемых оборудованием горных машин, является актуальной научной задачей, для решения которой необходимо проведение масштабных исследований процессов формирования, изменения и развития составляющих механических колебаний, содержащих признаки наличия дефектов обследуемого оборудования. Решение сформулированных задач является необходимым условием создания полноценной современной методики проведения испытаний, включающей элементы математического моделирования процессов деградации и прогнозирования изменения технического состояния сложных механических систем.

На **первом этапе** реализации методики испытаний узлов и элементов горно-шахтного оборудования необходимо осуществить анализ технической документации на объект проведения испытаний (в том числе нормативно-технической и конструк-

а б

Рисунок 1. Пример проведения визуально-измерительного контроля, выполненного для подтверждения результатов вибродиагностики. Диагностированы износ и наклеп сепаратора, предшествующие полному разрушению подшипника генератора тяги экскаватора ЭШ 10/70.

торской документации, статистической информации об аварийных отказах аналогичного оборудования). Целью проводимого на данном этапе анализа является установление номенклатуры параметров, определяющих отказы оборудования; а также осуществление поиска и выявление элементов металлоконструкций и агрегатов, внезапное повреждение которых может привести к ресурсному отказу.

Кроме того, неотъемлемой частью этапа проведения анализа документации является исследование взаимосвязи между возможными причинами возникновения отказов и их последствиями, а также установление причин скрытых и внезапных отказов, поиск зависимостей между ними.

Анализ статистических данных позволит осуществить распределение отказов горных машин по их типу, причинам и степени опасности для функционирования объекта в целом.

Результаты проведенного анализа технической документации на объект испытаний должны включать в себя:

1. Перечень проанализированной документации.

2. Схемы объекта с указанием элементов, наиболее подверженных возникновению отказов. Кроме того, данные схемы должны содержать локации измерительных точек для осуществления контроля параметров вибрации, проведения теплового и ультразвукового контроля. Для каждого типа, марки и модели испытуемого оборудования определяются свои уникальные измерительные точки, выбор которых обусловлен особенностями конструкции агрегатов и спецификой распространения виброакустических, ультразвуковых и других типов волн.

На **втором этапе** реализации методики осуществляется разработка программы функциональной диагностики и экспертного обследования, которая подготавливается с учетом всех особенностей конструкции и специфики эксплуатации объекта испытаний.

Алгоритм функциональной диагностики должен предусматривать дискретную регистрацию показателей, пригодных для описания фактического состояния объекта испытаний (температура, вибрация, мощность, расход и т. п.). Результаты диагностирования формируют базу данных измерений, анализ полученных данных позволяет создавать протоколы о фактическом состоянии объекта испытаний.

Программа диагностирования и экспертного обследования в обязательном порядке должна включать в себя обоснование выбора конкретных методов неразрушающего контроля в зависимости от конструктивных, кинематических и эксплуатационных особенностей исследуемого объекта. Комплекс методов неразрушающего контроля должен обеспечить эффективную реализацию принципов диагностирования и контроля [5], предусматривающую получение максимума ценной диагностической информации при минимальных временных и трудовых затратах (см. пример комплексного применения методов неразрушающего контроля на рис. 1).

Кроме того, целый ряд таких значащих факторов, как цикличность работы механизмов горных машин (например, циклы опускания и подъема ковша экскаватора, пуск и остановка питающего насоса и т. д.), изменяющаяся во время работы частоты вращения приводных двигателей, а также серьезные ударные нагрузки прямо указывают на невозможность использования только лишь какого-то одного метода вибродиагностики для эффективного выявления присущих конкретному типу энерго-механического оборудования дефектов, в том числе, находящихся на начальной стадии своего развития.

В мире сегодня не существует единого метода [6, 7], который мог бы одинаково эффективно применяться как при проведении экспресс-диагностики, так и при периодическом мониторинге технического состояния объекта диагностирования по параметрам вибрации и обладать при этом достаточной помехозащищенностью. Все это обуславливает необходимость реализации комплексного диагностического подхода, причем конкретное сочетание методов зависит только от типа объекта диагностирования и режимов его работы. Результатами осуществленных ранее исследований доказано [8], что на объектах угольной и горнорудной промышленности наилучших показателей удается достичь при реализации комплексного диагностического подхода, включающего в себя сразу группу методов вибродиагностики, среди которых обычно выделяют спектральный анализ, эксцесс, анализ огибающей, а также метод ударных импульсов. Иногда к указанной генеральной совокупности целесообразно добавить вейвлет-преобразование сигнала, анализ характеристики разгона/выбега и кепстральный анализ [9].

Помимо прочего, разрабатываемая программа диагностирования должна учитывать тот факт, что диагностические признаки наличия дефектов энергомеханического оборудования зачастую могут перекрывать друг друга в частотной плоскости, значительно затрудняя проводимый анализ по параметрам вибрации [10, 11]. В этом случае необходимо предусмотреть использование алгоритма фильтрации диагностической информации с учетом кинематических особенностей объекта испытаний.

Программа функциональной диагностики должна предусматривать реализацию в двух основных вариантах проведения измерений:

– диагностирование в условиях реальной эксплуатации объекта испытаний на производстве (in-situ);

– диагностика на специальном стенде в лабораторных условиях.

Приоритет при проведении полномасштабных диагностических измерений должен быть отдан именно промышленным условиям проведения испытаний (насколько это возможно), так как второй вариант реализации программы диагностирования

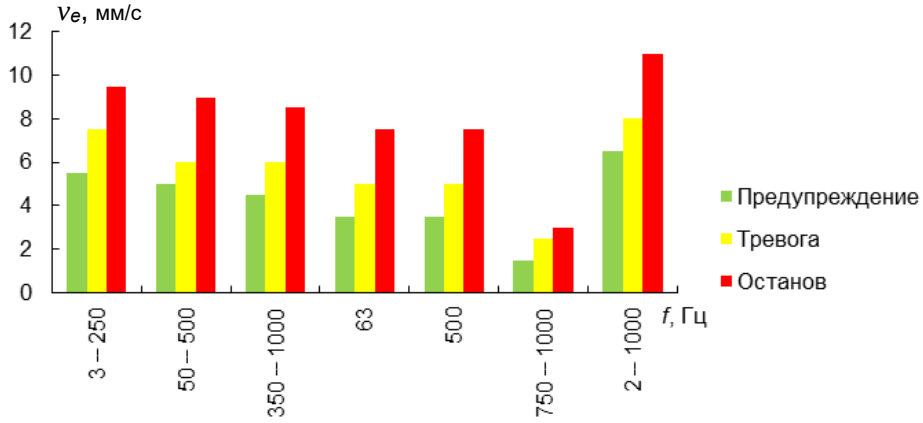


Рисунок 2. Пример нормирования спектрального состава полигармонической волны, записанной на редукторе подъемной лебедки экскаватора ЭШ 10/70.

подразумевает проектирование и строительство специализированного стенда, что значительно усложняет проект и увеличивает стоимость проводимых работ. Кроме того, натурные испытания, осуществляемые при эксплуатации объекта в промышленных условиях, позволяют получить значительно более полную диагностическую информацию, так как регистрируемые характеристики в этом случае содержат информацию, генерируемую при синхронной работе всех узлов и агрегатов оборудования в сборе. Если принять во внимание тот факт, что условия реальной длительной эксплуатации на предельных режимах значительно отличаются от лабораторных, то ценность получаемой диагностической информации сложно переоценить.

Ресурсные испытания в лабораторных условиях наилучшим образом подходят для диагностирования отдельных узлов и элементов горной техники, в частности: электрических двигателей и генераторов, редукторов различного типа и конструкции, соединительных муфт, приводных барабанов, подшипников и т. п.

На **третьем этапе** реализации алгоритма методики испытаний осуществляется экспертное обследование объекта. Все используемое для проведения контроля оборудование в обязательном порядке должно иметь действующие сертификаты поверки метрологических характеристик и лицензионное программное обеспечение.

Проводимые испытания должны базироваться на разработанной программе, в основе которой находится принцип комплексной реализации сразу нескольких методов неразрушающего контроля, а именно: визуально-измерительного (с использованием эндоскопии), теплового контроля, ультразвуковой дефектоскопии и вибродиагностики.

При необходимости экспертное обследование может быть дополнено результатами замеров твердости металла, толщинометрии, анализом состава металла, акустико-эмиссионного контроля.

Результаты обследования оформляются в виде заключения, в котором указывается фактическое состояние объекта испытаний (в том числе энергомеханического оборудования, сварных соединений и несущих металлоконструкций). Результаты анализа выявленных повреждений оформляются в виде, позволяющем осуществить их дальнейшее использование с целью изучения механизма возникновения и развития выявленных дефектов, а также для выявления характеристик предельного состояния объектов испытаний и поиска определяющих зависимостей между диагностическими критериями.

Четвертый этап реализации методики испытаний предусматривает разработку рекомендаций по применению методов восстановления работоспособности горно-шахтного оборудования с учетом выявленных особенностей формирования и развития дефектов, способных привести к ресурсному отказу объекта испытаний.

Согласно результатам проведенного неразрушающего контроля, в рекомендациях четко должны быть указаны конструктивные недочеты и основные проблемные места объекта испытаний, в частности, зоны нарушения жесткости опорной системы, сварочных соединений и основного металла. Методы восстановления сварочных соединений и основного металла должны предусматривать возможность использования новых высокоэффективных нанокомпонентных материалов для выполнения ремонта и/или восстановления поверхностного слоя контактирующих поверхностей.

Разрабатываемые рекомендации в случае необходимости могут включать решение задач виброналадки (в частности, динамической многоплоскостной балансировки тел вращения и прецизионной лазерной центровки валов агрегатов), а также должны содержать четкое описание проблемных узлов и элементов энергомеханического оборудования объекта испытаний (например, подшипников, соединительных муфт и других деталей) с указанием их конструктивного местоположения, причин возникновения и ускоренного развития дефектов, а также предлагаемых ремонтно-восстановительных мероприятий и рекомендаций по дальнейшей эксплуатации.

Кроме того, на данном этапе возможно осуществление расчета остаточного гарантийного минимального ресурса на основе реализации математического прогнозного моделирования с использованием полученных ранее диагностических данных. Остаточный ресурс объекта испытаний может быть определен на основе прогнозирования процесса изменения его технического состояния.

В условиях действующей сегодня на предприятиях топливно-энергетического комплекса России системы планово-предупредительных ремонтов все сроки проведения технического обслуживания и ремонтов технологического оборудования четко регламентированы. Максимальную ценность в таких условиях представляет наличие информации о гарантированной возможности безаварийной работы объекта исследования до момента проведения очередного ремонта [12]. Именно поэтому наибольший практический интерес представляют модели, способные осуществить эффективное краткосрочное прогнозирование процесса изменения параметров, характеризующих состояние сложной механической системы.

Доказано [3, 13], что наиболее эффективным решением данной задачи является использование принципов экспоненциального адаптивного краткосрочного прогнозирования. Адаптивность прогнозной модели подразумевает ее способность изменяться, приспосабливаясь к внешним условиям, что достигается путем коррекции параметров модели по результатам последних входных данных.

В рамках решения задачи осуществления эффективного моделирования и качественной оценки процессов деградации технического состояния важную роль играет совершенствование

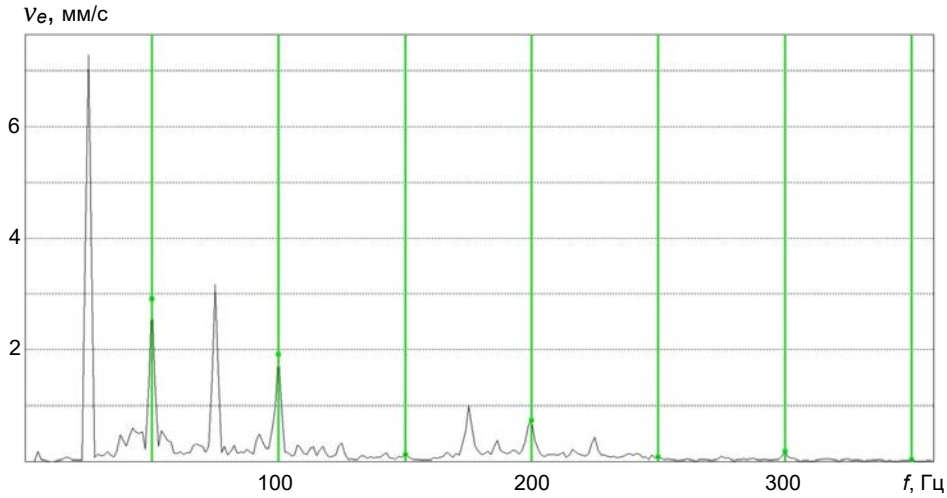


Рисунок 3. Пример спектра полигармонической волны, содержащей признаки межвиткового замыкания обмоток статора сетевого двигателя экскаватора ЭКГ-5А.

методологии нормирования составляющих полигармонических волн, генерируемых при работе энергомеханического оборудования объектов исследования [8].

Здесь как нельзя лучше зарекомендовало себя использование индивидуальных спектральных масок, разрабатываемых с учетом конструктивных и кинематических особенностей обследуемого оборудования (см. пример на рис. 2). Такое направление совершенствования методологии нормирования представляет гораздо большие возможности по сравнению с оценкой состояния объекта по общему уровню. Этот факт обусловлен значительной степенью индивидуализации разрабатываемых масок, что открывает широкие возможности для разработки математических моделей для прогнозирования изменения параметров, описывающих техническое состояние системы.

Основные сложности нормирования критериев для разработки спектральных масок заключаются в отсутствии четких рекомендаций по выбору конкретных частотных полос, пригодных для построения спектральных масок и слабой проработанности вопросов нормирования отдельных составляющих виброакустического сигнала для оборудования угольной промышленности [10]. Этот факт обусловлен, прежде всего, недостаточным количеством статистической информации по параметрам механических колебаний, генерируемых при работе оборудования горных машин. Кроме того, определенные затруднения при нормировании уровня отдельных составляющих спектра вызваны изменением частотного состава групп информативных гармоник в процессе работы ряда агрегатов горной техники. Для решения задачи совершенствования методологии нормирования параметров механических колебаний необходимо выявить основные закономерности изменения технического состояния диагностируемого оборудования [14]. Для этого необходимо рассмотреть всю совокупность диагностических признаков отдельно для каждого из основных дефектов, соответствующих данному типу агрегатов.

В рамках выполнения цикла исследований, связанных с поиском критериев предельного состояния и разработкой единых диагностических критериев для оценки состояния сложных механических систем по параметрам вибрации, удалось выявить наиболее информативные частотные диапазоны, пригодные для создания индивидуальных спектральных масок для оборудования угольной и горнорудной промышленности. Среди данного оборудования карьерные экскаваторы, буровые установки, дробильно-сортировочное и углеобогатительное оборудование. Для всех разрабатываемых спектральных масок были определены свои индивидуальные границы для зон оценки технического состояния – «хорошо», «удовлетворительно», «предупреждение», «тревога», «экстренная остановка оборудования».

Кроме того, разработка адекватных прогностических моделей изменения технического состояния невозможна без комплексного использования результатов анализа параметров виброакустических волн при помощи нескольких диагностических методов (классическое сочетание – прямой спектральный анализ в стандартном и расширенном частотном диапазонах, эксцесс, анализ огибающей спектра, иногда к указанной совокупности методов целесообразно добавить анализ ударных импульсов [8]). Для каждого отдельного элемента конструкции динамического оборудования объекта испытаний и/или группы сопутствующих дефектов должен быть предложен свой единый диагностический критерий оценки технического состояния, учитывающий результаты комплексной обработки исходных данных несколькими различными методами виброанализа.

В рамках выполненных ранее работ была осуществлена формализация более 120 базовых диагностических признаков, пригодных для выявления 7 основных групп дефектов энергомеханического оборудования горных машин, среди которых – нарушение жесткости системы, нарушение соосности валов агрегатов, неуравновешенность вращающихся деталей, дефекты подшипников качения, повреждения зубчатых передач, дефекты соединительных муфт, дефекты электрической природы (см. пример на рис. 3). Основная часть описываемых признаков сосредоточена в области спектрального анализа виброакустических волн; кроме того, формализации подверглись результаты анализа диагностических данных с применением эксцесса, принципов выделения огибающей, анализа характеристики выбега, вейвлет-анализа параметров исходной волны.

Разработка адекватных прогностических моделей развития дефектов узлов и агрегатов горной техники была бы невозможна без наличия устойчивой теоретической базы, учитывающей характер изменения спектрального состава исследуемых характеристик [3, 13]. Использование в рамках создаваемой методики математических моделей прогнозирования изменения технического состояния объекта испытаний и оценки его остаточного ресурса открывает новые возможности для совершенствования методики нормирования параметров механических колебаний, генерируемых при работе сложных механических систем. Универсальность предлагаемой деградационной модели заключается в возможности прогнозирования изменения состояния сложных механических систем, в состав которых входят самые разные по типу и конструкции узлы и агрегаты. Использование в качестве моделируемых параметров разрабатываемых единых критериев, основанных на результатах анализа вибрации, делает данную модель по-своему уникальной.

Таким образом, полученные в рамках настоящей работы результаты позволили доказать принципиальную состоятельность разрабатываемой методологии проведения испытаний оборудования горных машин, основанной на принципах реализации комплексного диагностического подхода и использования элементов системы обслуживания техники по ее фактическому состоянию, таких как прогностическое моделирование процессов деградации технического состояния и совершенствование нормирования с использованием спектральных масок и единых диагностических критериев. Реализация принципов настоящей методологии проведения испытаний позволит повысить надежность горной техники и минимизировать количество аварийных отказов сложного дорогостоящего оборудования, что в конечном итоге окажет положительное влияние на безопасность горных работ в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Trebuna F., Šimcak F., Bocko J., Hunady R., Pastor M. Complex approach to the vibrodiagnostic analysis of excessive vibration of the exhaust fan // Engineering Failure Analysis. 2014. Vol. 37. P. 86–95.
2. Puchalski A. A technique for the vibration signal analysis in vehicle diagnostics // Mechanical Systems and Signal Processing. 2015. Vol. 56–57. P. 173–180.
3. Сушко А. Е. Разработка специального математического и программного обеспечения для автоматизированной диагностики сложных систем: дис. … канд. техн. наук. М.: МИФИ, 2007. 170 с.
4. Balducchi F., Arghir M., Gaudillere S. Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings // Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition GT2014 (June 16–20, 2014). Düsseldorf, Germany, 2014. 12 p.
5. Неразрушающий контроль: справочник / под ред. чл.-корр. РАН В. В. Клюева. М., 2005. Т. 7. 828 с.
6. Skeinik R., Petersen D. Automated fault detection via selective frequency band alarming in PC-based predictive maintenance systems. CSI, Knaxville, TN 37923, USA.
7. Лукьянов А. В. Классификатор вибродиагностических признаков дефектов роторных машин. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. 230 с.
8. Герике П. Б. Опыт создания моделей деградации технического состояния динамического оборудования экскаваторов-драглайнов на основе анализа параметров механических колебаний // Вестник Науч. центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2015. № 3. С. 66–73.
9. Герике П. Б. Неразрушающий контроль оборудования гидромеханизации на угольных разрезах Кузбасса // Изв. УГГУ. 2013. № 4. С. 72–76.
10. Pozhidaeva V. Determining the roughness of contact surfaces of the rolling bearings by the method of shock pulses // World Tribology Congress III, September 12–16, 2005, Washington, D. C., USA.
11. Liu G., Parker R. Dynamic Modeling and Analysis of Tooth Profile Modification for Multimesh Gear Vibration // Journal of Mechanical Design. 2008. Vol. 130. P. 121402/1–121402/13. DOI: 10.1115/1.2976803.
12. Клишин В. И., Зворыгин Л. В., Лебедев А. В. и др. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений. Новосибирск, 2011. 524 с.
13. Ещеркин П. В. Разработка методики диагностирования и прогнозирования технического состояния дизель-гидравлических буровых станков: автореф. дис. … канд. техн. наук. Кемерово, 2012. 18 с.
14. Bently D. E., Hatch C. T. Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics. Minden: Bently Pressurized Bearing Press, 2002. 726 p.

REFERENCES

1. Trebuna F., Šimcak F., Bocko J., Hunady R., Pastor M. 2014, Complex approach to the vibrodiagnostic analysis of excessive vibration of the exhaust fan. Engineering Failure Analysis. vol. 37, pp. 86–95.
2. Puchalski A. 2015, A technique for the vibration signal analysis in vehicle diagnostics. Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 56–57, pp. 173–180.
3. Sushko A. E. 2007, *Razrabotka spetsial'nogo matematicheskogo i programmnogo obespecheniya dlya avtomatizirovannoy diagnostiki slozhnykh sistem: dis. … kand. tekhn. nauk* [Development of special mathematical and software for automated diagnostics of complex systems: the dissertation of the candidate of technical sciences], Moscow, 170 p.
4. Balducchi F., Arghir M., Gaudillere S. 2014, Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings. Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition GT2014 (June 16–20, 2014), Düsseldorf, Germany, 12 p.
5. Klyuev V. V. 2005, *Nerazrushayushchiy kontrol': spravochnik* [Non-destructive testing: reference book], Moscow, vol. 7, 828 p.
6. Skeinik R., Petersen D. Automated fault detection via selective frequency band alarming in PC-based predictive maintenance systems. CSI, Knaxville, TN 37923, USA.
7. Luk'yanov A. V. 1999, *Klassifikator vibrodiagnosticheskikh priznakov defektov rotornykh mashin* [Classifier of vibrodiagnostic features of defects of rotary machines], Irkutsk, 230 p.
8. Gerike P. B. 2015, *Opyt sozdaniya modeley degradatsii tekhnicheskogo sostoyaniya dinamicheskogo oborudovaniya ekskavatorov-draglaynov na osnove analiza parametrov mekhanicheskikh kolebaniy* [Experience in creating models of degradation of technical condition of dynamic equipment of dragline excavators on the basis of analysis of mechanical vibration parameters]. *Vestnik Nauch. tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti* [Industial Safety], no. 3, pp. 66–73.
9. Gerike P. B. 2013, *Nerazrushayushchiy kontrol' oborudovaniya gidromekhanizatsii na ugol'nykh razrezakh Kuzbassa* [Non-destructive monitoring of hydromechanization equipment at coal mines of Kuzbass]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4, pp. 72–76.
10. Pozhidaeva V. 2005, Determining the roughness of contact surfaces of the rolling bearings by the method of shock pulses. World Tribology Congress III, Washington, USA.
11. Liu G., Parker R. 2008, Dynamic Modeling and Analysis of Tooth Profile Modification for Multimesh Gear Vibration. Journal of Mechanical Design. vol. 130, pp. 121402/1–121402/13.
12. Klishin V. I., Zvorygin L. V., Lebedev A. V. et al. 2011, *Problemy bezopasnosti i novye tekhnologii podzemnoy razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy* [Security problems and new technologies for underground mining of coal deposits], Novosibirsk, 524 p.
13. Eshcherkin P. V. 2012, *Razrabotka metodiki diagnostirovaniya i prognozirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya dizel'-gidravlicheskikh burovykh stankov: avtoref. dis. … kand. tekhn. nauk* [Development of methods for diagnosing and forecasting the technical condition of diesel-hydraulic drilling rigs: the author's abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences], Kemerovo, 18 p.
14. Bently D. E., Hatch C. T. 2002, Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics, Minden, 726 p.

Павел Борисович Герике,
am_besten@mail.ru
Федеральный Исследовательский Центр
угля и углехимии СО РАН
Россия, Кемерово, просп. Ленинградский, 10

Pavel Borisovich Gerike,
am_besten@mail.ru
Federal Research Centre of Coal and Coal Chemistry
of Siberian Branch of RAS
Kemerovo, Russia

УДК 621.928.83 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-65-68

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПУЛЬП, ОСНОВАННОГО НА ДЕЙСТВИИ БЕГУЩЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А. В. Угольников, И. Л. Шеклеина, А. Е. Горелова

Economic efficiency of the dehydration device for ferromagnetic pulps based on the action of a traveling magnetic field

A. V. Ugol'nikov, I. L. Shchekleina, A. E. Gorelova

The objective of any enterprise is a reduction of production costs, encouraging investments for implementation of new advanced technologies for extraction, processing and transportation of raw materials, reproduction of an effective mineral and raw materials base. At concentrating plants, the final process of minerals processing is the dehydration of pulps. This process has large economic costs due to the expenses on electricity and filter cloth of vacuum filters. The most promising is the replacement of vacuum filters by such devices that dehydrate the pulp using a running magnetic field effect. Using such a device will significantly improve the quality of iron ore concentrate, reduce the loss of useful component and the cost of electrical energy, exclude the costs of filter cloth and thereby reduce the production cost. The principle of operation of such dehydration devices is that the magnetic particles, getting into the range of running magnetic field, begin to move against the direction of this field. In this paper, the authors propose to replace the vacuum filter with a dehydration device for ferromagnetic pulps based on the action of running magnetic field. This device allows reducing capital costs, repair costs and consumables costs. The calculation shows that the replacement of existing equipment with a new one leads to an annual economic effect in operating costs. Based on purely economic considerations, replacing to the dehydration device is a reliable investment.

Keywords: dehydration; vacuum filter; dehydration device; economic efficiency; capital costs; repair costs; minerals processing.

Задачей любого предприятия является: снижение издержек производства, привлечение инвестиций для внедрения новых прогрессивных технологий по добыче, переработке и транспортировке сырья, воспроизводство эффективной минерально-сырьевой базы. На обогатительных фабриках заключительным процессом обогащения полезных ископаемых является обезвоживание пульп. Данный процесс имеет большие экономические затраты за счет расходов на электроэнергию и фильтроткань вакуум-фильтров. Наиболее перспективным является замена вакуум-фильтров на устройства, в которых пульпа обезвоживается под воздействием на нее бегущего магнитного поля. Использование такого устройства позволит существенно повысить качество железорудного концентрата, снизить потери полезного компонента и расходы на электрическую энергию, исключить затраты на фильтроткань и тем самым снизить себестоимость продукции. Принцип работы подобных устройств обезвоживания заключается в том, что магнитные частицы, попадая в зону действия бегущего магнитного поля, начинают перемешаться против направления этого поля. В данной работе предлагается заменить вакуум-фильтр на установку обезвоживания ферромагнитных пульп на основе действия бегущего магнитного поля. Данная установка позволяет уменьшить капитальные затраты, затраты на ремонт и затраты на расходные материалы. В произведенном расчете видно, что замена имеющегося оборудования на новое приводит к годовому экономическому эффекту в эксплуатационных издержках. Это указывает, что если основываться на соображениях исключительно экономического порядка, то замена на устройство обезвоживания является надежным капиталовложением.

Ключевые слова: обезвоживание; вакуум-фильтр; устройство обезвоживания; экономическая эффективность; капитальные затраты; затраты на ремонт; обогащение полезных ископаемых.

Важнейшими задачами предприятий добывающей отрасли являются: снижение издержек производства, привлечение инвестиций для внедрения новых прогрессивных технологий по добыче, переработке и транспортировке сырья, воспроизводство эффективной минерально-сырьевой базы. Сегодня предприятия добывающей отрасли стремятся достичь максимальной производительности труда и отдачи капиталовложений.

В процессах обогащения полезных ископаемых вода в определенном соотношении к массе твердого материала проходит через весь технологический цикл обогатительной фабрики. Для получения высоких показателей обогащения каждую технологическую операцию проводят при оптимальном соотношении жидкого к твердому (Ж:Т).

Потребление воды при обогащении полезных ископаемых зависит от технологической схемы их переработки, характеристик исходного сырья, конечной крупности перерабатываемых продуктов. В среднем расход воды только на технологические нужды изменяется в пределах 3–6 м^3 на 1 т обогащаемой руды, достигая 15 м^3 на 1 т и более на фабриках с развитой гравитационной технологией [1].

Процессы обезвоживания являются заключительными на обогатительных фабриках с мокрым обогащением. Цена продукции зависит от содержания в ней влаги; на себестоимость также влияют потери продукта при обезвоживании, расходы на электроэнергию и фильтроткань вакуум-фильтров (рис. 1).

Технологические требования к работе отделения обезвоживания заключаются в следующем [2, 3]:

– обеспечение требуемого количества выходного продукта;

– снижение потерь полезного компонента (железа) со сливом сгустителя;

– повышение производительности отдельных агрегатов отделения обезвоживания;

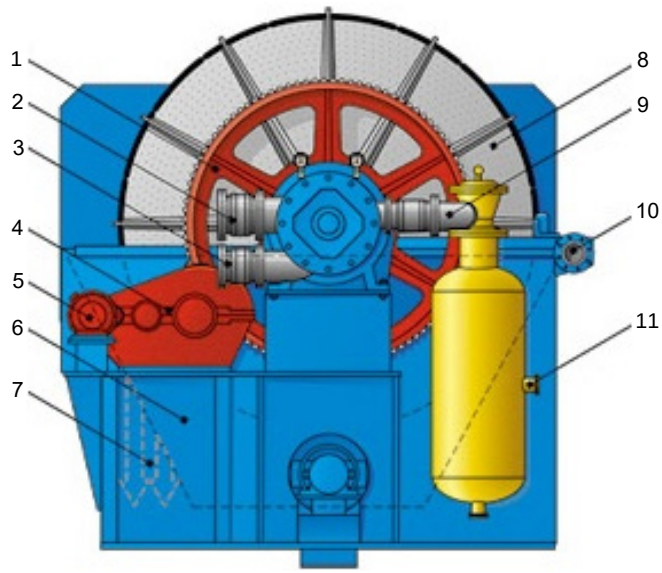


Рисунок 1. Дисковый вакуум-фильтр ДУ-100. 1 – шестерня привода; 2 – отдувка (съем осадка); 3 – отвод фильтрата; 4 – редуктор привода; 5 – двигатель; 6 – корыто; 7 – выгрузка осадка; 8 – фильтровальные диски; 9 – сушка осадка; 10 – труба подачи суспензии; 11 – к вакуум-насосу.

– снижение затрат электроэнергии и материалов;

– поддержание производительности отделения обезвоживания на уровне не ниже уровня производительности основных пределов обогащения;

– получение концентрата с содержанием влаги, не превышающим норм технологического процесса.

Недостатком данной технологии обезвоживания является влажность кека выше нормы – 9,8 %. Одно из несовершенных устройств в традиционной технологии обезвоживания – вакуум-фильтр, который также имеет недостатки:

– большое количество вспомогательного оборудования на один фильтр (вакуум-насос – 1 шт.; турбовоздуходувка – 1 шт.), что обуславливает большие затраты на электроэнергию;

– в процессе фильтрации происходит повреждение фильтроткани, забивка пор ткани частицами, химическая цементация волокон, что требует периодической замены фильтроткани и дополнительных затрат;

– для нормальной работы вакуум-фильтров необходимо стабилизировать плотность питания на уровне 55–60 %, вакуум – на максимальном уровне.

Все это обуславливает большие эксплуатационные расходы на данный фильтр и сложную систему управления. С учетом всех перечисленных недостатков вакуум-фильтра становятся актуальными разработка и расчет новых устройств, позволяющих заменить сложные в эксплуатации вакуум-фильтры.

Наиболее перспективным является замена вакуум-фильтров на устройства, в которых пульпа обезвоживается под воздействием на нее бегущего магнитного поля. Использование такого устройства позволит существенно повысить качество железорудного концентрата, снизить потери полезного компонента и расходы на электрическую энергию, исключить затраты на фильтроткань и тем самым снизить себестоимость продукции [4, 5, 6].

Принцип работы подобных устройств обезвоживания заключается в том, что магнитные частицы, попадая в зону действия бегущего магнитного поля, начинают перемещаться против направления этого поля. Наиболее распространены два способа получения бегущего магнитного поля: с помощью трехфазных линейных индукторов и с помощью перемещающихся постоянных магнитов. Первый способ получения бегущего магнитного поля отличается высокой конструктивной надежностью, поскольку не содержит подвижных рабочих частей и более приемлем для устройств обезвоживания, основанных на принципе бегущего магнитного поля.

Общий вид устройства изображен на рис. 2.

Устройство включает рабочий орган в виде короба *1* из немагнитного материала, установленный под углом к горизонту α с образованием зон сгущения *2* и сушки *3* (участок короба в зоне сгущения выполнен с меньшим углом наклона к горизонту, чем угол наклона короба в зоне сушки), магнитную систему *4*, сливной порог *5*, установленный в торцовой части короба в зоне сгущения, приемник обезвоженного продукта *6* и водосборник *7*.

Магнитная система содержит также фильтр верхних частот и фильтр импульсов. Благодаря фильтру верхних частот, не пропускающему переменный ток, включенному в цепь импульсного тока, достигается прохождение трехфазного переменного тока по всем обмоткам и тем самым создание бегущего магнитного поля под всем днищем короба.

При прохождении тока, создаваемого источником импульсного поля, в обмотках магнитной системы, расположенной под зоной сушки, создается магнитное поле импульсного тока большой амплитуды и скважности. По остальным обмоткам импульсный ток не проходит благодаря фильтру импульсов, включенному в цепь трехфазного переменного тока. В качестве фильтра верхних частот возможно использование типовых схем, например, схем типовых RC- и LC-фильтров, активных фильтров, в качестве фильтра импульсов – схем типовых полосовых фильтров. Для формирования импульсного тока большой амплитуды и малой скважности используются типовые схемы генераторов сигналов, например, на базе триггеров Шмидта [7].

Устройство работает следующим образом: тонкоизмельченную ферромагнитную пульпу с содержанием влаги 30–60 % подают в короб *1* на границу раздела зон сгущения *2* и сушки *3*. Ввиду того, что угол наклона к горизонтали зоны *3* больше угла наклона зоны *2*, пульпа попадает в зону сгущения *2*, где происходит осаждение ферромагнитных частиц и перемещение их вверх по днищу короба *1* встречно направлению бегущего поля. Вода удаляется из короба через сливной порог *5*. При перемещении ферромагнитных частиц вверх по днищу короба *1* в зоне сушки *3* происходит удаление влаги из осадка под действием собственной силы тяжести вниз по днищу. Для удаления остаточной влаги в обезвоживаемом материале на него в зоне сушки воздействуют дополнительно магнитным полем импульсного тока большой амплитуды и скважности, создаваемого посредством подключения источника и фильтра к обмоткам, размещенным под зоной сушки *3*. Обезвоженный продукт поступает в приемник *6* [8].

При замене вакуум-фильтра ДУ-100 на устройство обезвоживания, основанное на принципе бегущего магнитного поля, возможно высвобождение из рабочего цикла вакуум-насоса ВН-120 и турбовоздуходувки ТВ-80.

Рассмотрим вариант замены на установку только вакуум-фильтра ДУ-100. Базовый вариант – вакуум-фильтр ДУ-100, рас-

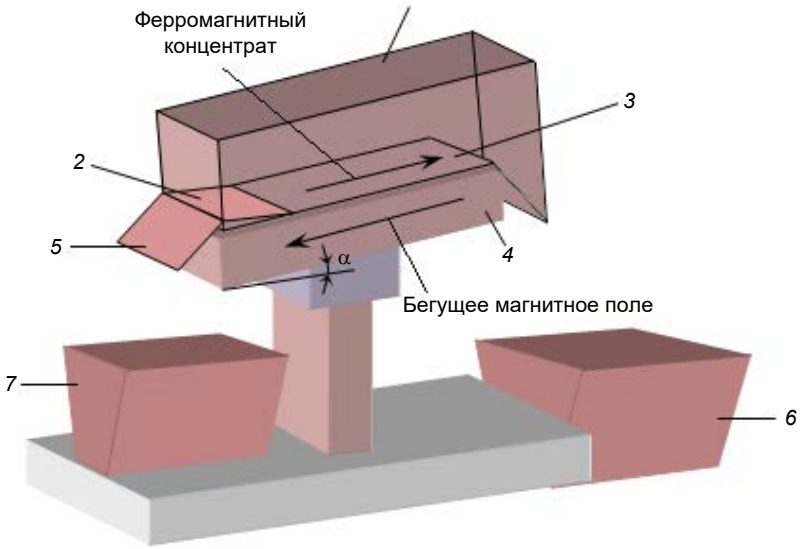


Рисунок 2. Общий вид устройства обезвоживания ферромагнитных пульп.

четный вариант – устройство обезвоживания на основе действия бегущего магнитного поля.

Капитальные затраты на вакуум-фильтр ДУ-100.

Наименование затрат	Стоимость, тыс. руб.
Фильтр ДУ-100 …….....	1350
Фильтроткань …….....	770
Транспортные расходы …….....	71,58
Стоимость монтажных работ …….....	568,2
Общая сумма капитальных затрат ……..	2759,78

Капитальные затраты на устройство обезвоживания.

Наименование затрат	Стоимость, тыс. руб.
Стоимость установки (металл, обмоточный провод, электротехническая сталь, оргстекло) ……..	355
Стоимость монтажных работ …….	50
Общая сумма капитальных затрат ……..	405

Расчет расходов на электроэнергию

$$C_э = PT_{вр}k_м C,$$

где P – мощность объекта; $T_{вр}$ – годовой фонд рабочего времени; $k_м$ – коэффициент использования по мощности; C – стоимость электроэнергии.

Базовый вариант:

$$C_э = 11 \times 8760 \times 0{,}8 \times 1{,}75 = 134\,904 \text{ руб.}$$

Расчетный вариант:

$$C_э = 34{,}5 \times 8760 \times 0{,}8 \times 1{,}75 = 423\,108 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы

Основная зарплата рабочих:

$$C_{ос} = tT_{тар} \times 1{,}808,$$

где $T_{тар}$ – тарифная ставка рабочего 1-го разряда – 59 руб.; 1,49 – коэффициент для рабочих 4-го разряда; t – годовой фонд рабочего времени; 1,808 – коэффициент, учитывающий: 40 % – премия; 20 % – уральский коэффициент; 35,8 % – единый социальный налог.

Расчет заработной платы по основному и базовому вариантам:

$$C_{ос} = 8760 \times 87{,}9 \times 1{,}808 = 1\,392\,167 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт

$$C_{ос} = t_р nT_{тар} \times 1{,}808,$$

где $t_р$ – единицы ремонтной сложности; n – коэффициент сложности ремонта.

Ниже представлены затраты на ремонт вакуум-фильтра и устройства обезвоживания.

Затраты на ремонт.

Параметр	ДУ-100	Устройство обезвоживания
$t_р$, чел/ч ……..	146	55
Капитальный ремонт, руб. ……	9490	1300
Средний ремонт, руб. …….	1460	950
Текущий ремонт, руб. …….	630	250
$t_{общ}$, чел/ч ……	1304	305
Общие затраты на ремонт, руб……	311 200	72 790

В смете годовых эксплуатационных расходов, расходы на вспомогательный материал составляют 2 % от суммы капитальных вложений $K_з$.

Базовый вариант:

$$C_{в.\,м} = 0{,}02\,K_з = 0{,}02 \times 2\,758\,200 = 55\,164 \text{руб.}$$

Расчетный вариант:

$$C_{в.\,м} = 0{,}02\,K_з = 0{,}02 \times 405\,000 = 8100 \text{ руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений

По мере износа основные фонды утрачивают не только потребительские свойства, но и стоимость, т. е. воплощенный в них прошлый труд. Однако благодаря производительному использованию основных фондов их первоначальная стоимость не исчезает бесследно, а переносится постепенно трудом рабочих на создаваемую продукцию. Этот процесс называется амортизацией.

Годовые амортизационные отчисления по каждому варианту определяются по формуле:

$$A_о = \frac{H_а K}{100},$$

где $H_а$ – норма амортизационных отчислений; K – стоимость объекта.

Для базового варианта норма отчислений составляет 5,5 %.

Для новой установки норма отчислений составляет 5 %.

Базовый вариант:

$$A_о = \frac{5{,}5 \cdot 2\,120\,000}{100} = 116\,600 \text{ руб.}$$

Расчетный вариант:

$$A_о = \frac{5 \cdot 355\,000}{100} = 17\,750 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов приведены ниже.

Анализ затрат.

Наименование расходов	Базовый вариант $C_{б.\,в}$	Расчетный вариант $C_{р.\,в}$
Капитальные затраты, руб. ……..	2 758 200	405 000
Амортизация, руб. ……	116 600	17 750
Электроэнергия, руб. ……..	134 904	423 108
Основная зарплата, руб. ……	1 392 167	1 392 167
Затраты на ремонт, руб. ……	311 200	72 790
Затраты на материалы, руб. …….	55 164	8100
Общие затраты, руб. ……	4 768 235	2 318 915

Годовая экономия

$$Э_г = C_{б.\,в} - C_{р.\,в} = 4\,768\,235 - 2\,318\,915 = 2\,449\,320 \text{ руб.}$$

Выпускать больше продукции и лучшего качества – это цель каждого предприятия. При наличии на рынке современных, модернизирующих производство машин любому предприятию становится все труднее обходиться со старым изношенным оборудованием, особенно в том случае, когда конкуренты фирмы стали на путь модернизации производства. Установка нового оборудования обычно приводит к значительному снижению издержек на труд, на некоторых автоматизированных предприятиях заработная плата производственных рабочих составляет почти ничтожный процент от общих издержек. Даже на предприятиях с

Рисунок 3. Сравнение финансовых затрат базового и расчетного вариантов.

большим количеством ручного труда новое оборудование резко повышает производительность, улучшает моральное состояние рабочих и снижает себестоимость единицы продукции (рис. 3).

Перед руководством предприятия также остро встают проблемы непрерывного использования основного оборудования в режиме эксплуатации при снижении стоимости технического обслуживания.

В произведенном расчете видно, что при замене имеющегося оборудования на новое получится 2 449 320 руб. годовой экономии в эксплуатационных издержках; это указывает, что если основываться на соображениях исключительно экономического порядка, то замена на устройство обезвоживания явится надежным капиталовложением.

В рассмотренном варианте посчитана экономия только при замене вакуум-фильтра. При замене вакуум-насоса и турбовоздуходувки экономия будет значительно больше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суслина Л. А. Обогащение полезных ископаемых. КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева, Кемерово, 2012 г. 193 с.
2. Кармазин В. В. Некоторые закономерности магнитной флокуляции тонкодисперсных сильномагнитных материалов // Электрические и магнитные методы сепарации. М.: Наука, 1965. С. 79–93.
3. Кармазин В. В. Зависимость эффективности процессов сухой центробежной магнитной сепарации от частоты магнитного поля // Электрические и магнитные методы сепарации. М.: Наука, 1965. С. 68–79.
4. Ломовцев Л. А., Нестеров Н. А. Магнитное обогащение сильномагнитных руд. М.: Недра, 1979. 235 с.
5. Щеклеина И. Л., Леонов Р. Е. Перемещение железорудной пульпы линейным индуктором // Электрические машины и машиновентильные системы: сб. науч. тр. Свердловск: Свердл. инж.-пед. ин-т, 1989. С. 114–121.
6. Стрелкин Н. А. Взаимодействие магнетитовых частиц и сростков с бегущим магнитным полем // Обогащение руд черных металлов. М.: Недра, 1975. С. 168–174.
7. Веселовский О. Н., Коняев А. Ю., Сарапулов Ф. Н. Линейные асинхронные двигатели. М.: Энергоатомиздат, 1991. 256 с.
8. Черных И. В., Сарапулов Ф. Н. Основы теории и моделирование линейного асинхронного двигателя как объекта управления. Екатеринбург: УГТУ, 1999. 229 с.

REFERENCES

1. Suslina L. A. 2012, *Obogashchenie poleznykh iskopaemykh* [Enrichment of natural resources]. Kemerovo, 193 p.
2. Karmazin V. V. 1965, *Nekotorye zakonomernosti magnitnoj flokuljacii tonkodispersnyh sil'nomagnitnyh materialov* [Some regularities of magnetic flocculation of finely dispersed highly magnetic materials]. *Elektricheskie i magnitnye metody separacii* [Electrical and magnetic separation methods], Moscow, pp. 79–93.
3. Karmazin V. V. 1965, *Zavisimost' effektivnosti processov suhoy centrobezhnoy magnitnoy separacii ot chastoty magnitnogo polya* [Dependence of the efficiency of processes of dry centrifugal magnetic separation on the frequency of the magnetic field]. *Elektricheskie i magnitnye metody separacii* [Electrical and magnetic separation methods], Moscow, pp. 68–79.
4. Lomovtcev L. A., Nesterov N. A. 1979, *Magnitnoe obogashchenie sil'nomagnitnykh rud* [Magnetic enrichment of strongly magnetic ores], Moscow, 235 p.
5. Shhekleina I. L., Leonov R. E. 1989, *Peremeshhenie zhelezorudnoj pul'py lineynym induktorom* [The transfer of iron ore pulp by a linear inductor]. *Elektricheskie mashiny i mashinoventil'nye sistemy: sb. nauch. tr.* [Electric machines and machine-centric systems: a collection of scientific papers], Sverdlovsk, pp. 114–121.
6. Strelkin N. A. 1975, *Vzaimodeystvie magnetitovykh chastits i srostkov s begushchim magnitnym polem* [Interaction of magnetite particles and intergrowths with a traveling magnetic field]. *Obogashchenie rud chernykh metallov* [Enrichment of ores of ferrous metals], Moscow, pp. 168–174.
7. Veselovskiy O. N., Konyaev A. Yu., Sarapulov F. N. 1991, *Lineynye asinkhronnye dvigateli* [Linear induction motors], Moscow, 256 p.
8. Chernykh I. V., Sarapulov F. N. 1999, *Osnovy teorii i modelirovanie lineynogo asinkhronnogo dvigatelya kak ob'ekta upravleniya* [Fundamentals of the theory and modeling of a linear induction motor as a control object]. Ekaterinburg, 229 p.

Александр Владимирович Угольников,
ugolnikov@yandex.ru
Ирина Леонтьевна Щеклеина,
Анастасия Евгеньевна Горелова
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Aleksandr Vladimirovich Ugol'nikov,
ugolnikov@yandex.ru
Irina Leont'evna Shchekleina,
Anastasiya Evgen'evna Gorelova
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

УДК 621.928.622.273, 622.44 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-69-75

АДДИТИВНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АЭРАЦИОННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛА В СЕПАРАТОРАХ

В. Я. Потапов, В. Н. Макаров, Н. В. Макаров, Е. Е. Франюк

Статья посвящена уточнению механизма аэрационной классификации в барабанно-полочных фрикционных сепараторах материалов, компоненты которых отличаются широким спектром парусности, с целью повышения их эффективности и качества готового продукта в технологии разделения компонентов рудных и нерудных материалов. С использованием аэродинамики тел произвольной формы в направленном воздушном потоке получена математическая модель аэрационной классификации частиц компонентов материалов в зависимости от их физических свойств, объединенных интегральным критерием парусности и параметров управляемого воздушного потока с раздельным учетом влияния скорости движения частиц и потока. Получены уравнения расчета геометрических параметров узла аэрационной классификации фрикционного барабанно-полочного сепаратора в зависимости от интегрального критерия парусности, определяемого формой, размерами, плотностью исходного сырья и вязкостью воздуха, обеспечивающих максимальное качество стратификации исходного сырья и как результат – повышение эффективности получения качественного разделенного материала. Подтверждены эффективность аэрационной классификации с использованием управляемого воздушного потока, достаточная сходимость экспериментальных и расчетных данных. Аддитивная математическая модель подтвердила высокую эффективность применения аэрационной классификации материала в барабанно-полочных фрикционных сепараторах для повышения качества стратификации применительно к исходному сырью, компоненты которого отличаются широким спектром парусности.

Ключевые слова: скорость витания; парусность; физические характеристики; фрикционный сепаратор; аэродинамический эффект.

Современное горное производство характеризуется интенсификацией технологических режимов, требующей создания и внедрения наукоемкого, высокотехнологичного оборудования. В значительной степени это касается технологических переделов подготовки, классификации исходного сырья, существенно влияющих на качество конечных продуктов разделения. Без постоянного повышения качества и эффективности работы технологии обогащения и оборудования невозможно совершенствование материально-технической базы предприятий, в том числе горной промышленности.

В зависимости от технологической и производственной структуры подготовка и классификация компонентов исходной горной массы характеризуются высокой энергоемкостью и недостаточной эффективностью [1].

Одним из путей повышения эффективности классификации и как результат повышения качества перерабатываемых руд является создание ресурсоэффективных разделительных аппаратов, совершенствование структуры и технологии подготовки и разделения исходного сырья [2–5].

При разработке и проектировании аппаратов необходимо учитывать конструктивные особенности их структурных единиц, способствующие качественному разделению и классификации исходного сырья по его физическим характеристикам, возможность целенаправленного управления внешними факторами, влияющими на эффективность процесса разделения его компонентов в зависимости от их изменения [6–9].

С позиции совершенствования разделения и классификации многокомпонентного исходного сырья, включающего в себя частицы с широким разбросом парусности, наиболее перспективно использование аэрационной классификации [10–12].

Аэрационная классификация – это разделение частиц многокомпонентного материала в спектральном интервале парусности под воздействием плотности энергии, необходимой для формирования траектории движения частиц, определяемой кинетической энергией направленного потока воздуха.

Конструктивно аэрационная классификация реализована в барабанно-полочном фрикционном сепараторе, имеющем устройство для создания направленного управляемого аэродинамического потока воздуха (БПФСА) [1, 4, 7].

БПФСА представляет собой классический сепаратор со встроенными в торцы барабана радиальными вентиляторами с асимметричными коллекторами и амплитудно-частотными регуляторами, обеспечивающими требуемую плотность энергии, направление, амплитуду и частоту колебания воздушного потока (рис. 1).

Таким образом, БПФСА состоит из четырех структурированных устройств, каждое из которых предназначено для разделения частиц исходного материала по соответствующим структуре признакам (рис. 1).

В соответствии с четырьмя структурированными устройствами в БПФСА выделяются четыре фазы движения исходного многокомпонентного сырья, соответствующие четырем этапам его классификации (рис. 1, 2).

Первая фаза – движение материала по наклонной полке, где происходит формирование потока перед вводом в камеру сепаратора. *Вторая фаза* – распределение сепарируемого материала по граничащим друг с другом потокам с преобладанием в каждом из них однородных по форме и плотности частиц, происходящее в воздушной камере с момента отрыва частиц от нижней кромки наклонной полки. *Третья фаза* – распределение компонентов под действием потока воздуха, создаваемого радиальными вентиляторами. *Четвертая фаза* – разделение компонентов на поверхности вращающегося барабана, на торцах которого установлены радиальные вентиляторы, обеспечивающие целенаправленный поток воздуха.

Наклонная полка *1* подготавливает к разделению частицы с различными коэффициентами трения. Чем меньше коэффици-

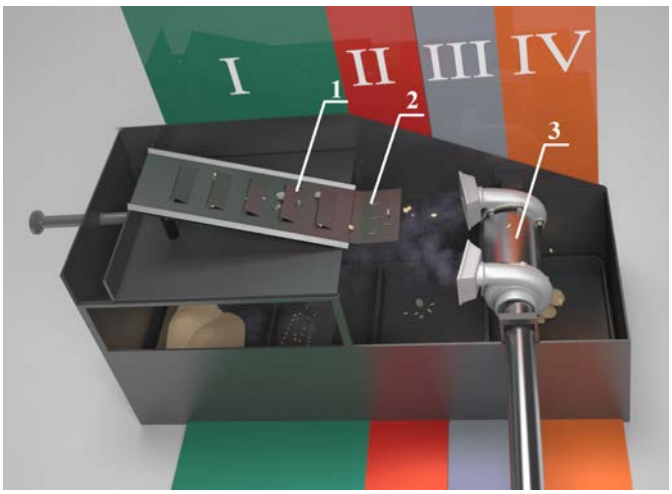


Рисунок 1. Принципиальная схема сепаратора БПФСА.

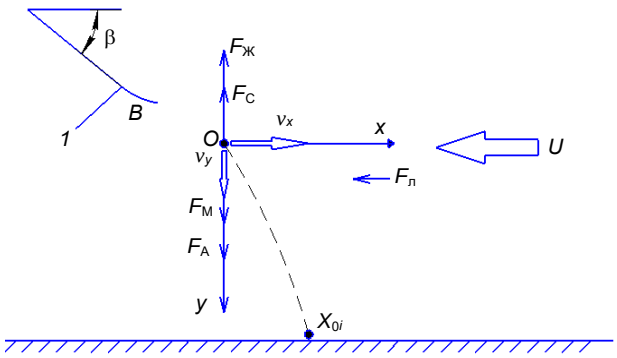


Рисунок 2. Схема движения частицы и действующих на нее сил на третьей фазе движения в БПФСА.

ент трения частицы о плоскость, тем выше скорость выхода ее с полки *1*. Наклон плоскости должен обеспечивать непрерывное движение частиц, что накладывает определенные ограничения на угол β. Угол наклона полки β должен быть больше наибольшего из возможных значений углов трения для частиц обогащаемого материала с различным содержанием полезного компонента.

Криволинейный трамплин *2* обеспечивает вторую стадию подготовки к разделению частиц с различными коэффициентами трения. Сила трения на этом участке меняется в зависимости от места нахождения частицы, так как в различных точках вогнутой траектории нормальное давление частицы на криволинейную поверхность различное. Следовательно, при выходе частиц на участок свободного полета они имеют существенно различные скорости, а вылет частиц происходит по настильным траекториям. Таким образом, образуется веер разделения, благодаря которому возможно формирование продуктов частиц с различным содержанием полезного компонента.

На третьей стадии разделение исходных материалов происходит за счет воздействия направленного аэродинамического потока воздуха, создаваемого радиальными вентиляторами, встроенными в торцы вращающегося барабана.

Для частиц средней части веера в БПФСА предусмотрена четвертая стадия разделения. На обечайке вращающегося барабана *3* разделение частиц исходного сырья происходит вследствие различия их коэффициентов восстановления при ударе об нее. Поскольку поверхность обечайки вращающегося барабана *3* шероховатая, то в точке контакта с ней на частицу кроме нормальной реакции действует еще и сила трения, направленная в сторону, противоположную относительной скорости частицы. В зависимости от направления этой силы отскок частицы может происходить как в сторону вращения барабана, так и в противоположную сторону.

Механизм разделения исходного сырья на указанных фазах движения за исключением аэрационной классификации подробно описан в [5].

В силу отсутствия в литературе аналитических материалов по изучению процесса аэрационной стратификации многокомпонентного исходного сырья с различной парусностью путем его взаимодействия с направленным потоком воздуха необходимо наиболее актуально исследовать аэродинамику процесса движения двухфазной среды с целью повышения эффективности разделения твердых компонентов в воздушном потоке.

Таким образом, данная статья посвящена разработке аддитивной математической модели аэрационной классификации многокомпонентного исходного сырья на третьей фазе его движения в БПФСА. Решение этой задачи позволит повысить качество разделения сырья за счет эффективного использования влияния парусности частиц компонентов на величину действующих на них сил аэродинамического сопротивления Стокса, Архимеда и Магнуса с целью управления спектром траектории их движения.

Решение задачи математического описания процесса аэрационной классификации основано на использовании метода перехода от микроуровня движения отдельной частицы к макроуровню, т. е. исследованию многофазной среды.

Математическая модель движения отдельных частиц на микроуровне в зависимости от действующих на нах сил, величина и направление которых зависит от парусности частиц, позволяет установить зависимость траектории движения двухфазной среды с заданным спектральным интервалом парусности от плотности энергии, направления, амплитуды и частоты пульсации управляемого воздушного потока. Указанная модель позволяет рассчитывать параметры плотности энергии воздушного потока в зависимости от спектра парусности частиц для обеспечения максимальной эффективности их классификации с минимальными затратами энергии.

Для интегральной оценки влияния парусности на траекторию движения частиц наиболее целесообразно ввести критерии аэрационного подобия:

– коэффициент аэрационного притяжения, характеризующий вертикальную перегрузку *i*-й частицы, либо двухфазной среды под действием аэродинамических сил:

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} F_{\text{в}i}^{j}}{F_{\text{A}i}}; \qquad (1)$$

– коэффициент аэрационной инерции, характеризующий горизонтальную перегрузку *i*-й частицы, либо двухфазной среды под действием аэродинамических сил:

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} F_{\text{г}i}^{j}}{F_{\text{A}i}}, \qquad (2)$$

где $F_{\text{в}i}^{j}$, $F_{\text{г}i}^{j}$ – вертикальная и горизонтальная составляющие *j*-й аэродинамической силы, действующей на *i*-ю частицу многокомпонентного исходного сырья в фазе аэрационной классификации; $F_{\text{A}i}$ – сила Архимеда, направленная вниз, действующая на *i*-ю частицу, являющаяся аналогом силы тяжести.

Обладая кинетической энергией, *i*-я частица исходного многокомпонентного сырья под воздействием энергии управляемого направленного потока воздуха перемещается по соответствующей траектории, определяемой плотностью указанной энергии.

Для построения аддитивной модели аэрационной классификации было важно установить зависимости между энергией частицы в точке схода криволинейного трамплина *B*, энергией направленного потока воздуха и геометрическими параметрами приемных бункеров БПФСА. Также было необходимо составить уравнения движения частицы в зависимости от действующих на нее сил с учетом введенных критериев подобия, причем ключевую роль в предложенной математической модели играет ее аддитивность как аналог принципа суперпозиции, представляющего собой раздельный учет и последующее суммирование абсолютной скорости движения частиц и скорости направленного потока воздуха, позволяющее оптимизировать энергетические затраты процесса классификации в сепараторах.

Свободный полет частицы многокомпонентного исходного сырья на третьей стадии его движения в БПФСА начинается из точки *B* со скоростью v_{Bi} (рис. 2). При этом скорость движения частицы зависит от ее физических свойств: плотности, состояния поверхности, размеров, формы, петрографического состава, взаимного трения и столкновения частиц между собой и со стенками аппарата. В точке *B* *i*-я частица будет иметь скорость v_{Bi}.

Таким образом, движение *i*-й частицы с кинетической энергией, соответствующей скорости v_{Bi}, из точки *B* будет происходить под действием силы аэродинамического сопротивления, подъемной аэродинамической силы Жуковского, силы Магнуса, обусловленной перепадом сил аэродинамического давления на поверхность частицы вследствие ее вращения, силы Архимеда, связанной с ускорением свободного падения и силой Стокса, обусловленной вязкостью воздуха. При этом, поскольку наибольшее влияние на траекторию движения частицы на данной фазе ее движения оказывают аэродинамические силы, характер движения частицы будет определяться ее парусностью, которая численно зависит от указанных коэффициентов аэрационного притяжения и инерции.

При движении *i*-й частицы в направлении оси *Ox* на нее действует сила аэродинамического лобового сопротивления $F_{\text{л}i}^{j}$, обусловленная как скоростью собственного движения частицы, так и скоростью направленного аэродинамического потока воздуха, что учитывается аддитивной моделью движения.

Уравнение движения *i*-й частицы компонентов исходного сырья в проекции на ось *Ox*, совпадающего с направлением аэродинамического потока воздуха под воздействием вентиляторов, запишем в виде:

$$F_{\text{л}i}^{j} = m_i \frac{\partial v_{xi}}{\partial t} = -k_i \pi r_i^2 \rho_{\text{в}} (v_{xi} + U)^2, \qquad (3)$$

где k_i – коэффициент лобового сопротивления i-й частицы; r_i – радиус i-й частицы, м; $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3; v_{xi} – составляющая скорости i-й частицы, м/с; U – скорость потока воздуха, м/с; m_i – масса i-й частицы, кг, $m_i = 4/3\pi r_i^3\rho_i$; ρ_i – плотность i-й частицы, кг/м^3.

Уравнение движения i-й частицы в проекции на ось Oy имеет вид:

$$m_i\frac{\partial v_{yi}}{\partial t} = -F^i_{Жi} + F^i_{Аi} - F^i_{Сi} + F^i_{Мi}, \quad (4)$$

где $F^i_{Жi}$ – сила Жуковского, направленная вертикально вверх, действующая на i-ю частицу, $F^i_{Жi} = c_i\pi r_i^2\rho_в(v_{xi}+U)^2$; $F^i_{Аi}$ – сила Архимеда, направленная вниз, действующая на i-ю частицу, $F^i_{Аi} = 4/3\pi r_i^3(\rho_i-\rho_в)g$; $F^i_{Сi}$ – сила сопротивления Стокса, обусловленная вязкостью воздуха и физическими свойствами компонентов исходного сырья, $F^i_{Сi} = \varphi_i\rho_в\pi\eta r_i v_{yi}$; $F^i_{Мi}$ – сила Магнуса, обусловленная вращением i-той частиц компонентов исходного сырья, $F^i_{Мi} = \pi\rho_i\pi r_i^3\Omega_i(v_{xi}+U)$; c_i – коэффициент подъемной силы Жуковского, действующей на i-ю частицу; g – ускорение свободного падения м/с^2; φ_i – коэффициент формы частицы в законе Стокса; η – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м^2/с; Ω_i – угловая скорость вращения i-й частицы, с$^{-1}$, $\Omega_i = v_{вi}/2\pi r_i$.

Таким образом, уравнение вертикального перемещения в проекции на ось Oy i-й частицы компонентов исходного сырья под действием направленного аэродинамического потока воздуха с учетом действия сил Стокса, Магнуса, Архимеда и Жуковского может быть представлено в виде:

$$m_i\frac{\partial v_{yi}}{\partial t} = -c_i\pi r_i^2\rho_в(v_{xi}+U)^2 + \rho_в m_i g - \varphi_i\pi\eta_i r_i v_{yi} + \pi\rho_в r_i^3\Omega_i(v_{xi}+U). \quad (5)$$

Имея в виду, что при $V_{yi} \langle\langle (V_{xi}+U)$ в уравнениях (4)–(5) аэродинамическая сила лобового сопротивления в проекции на ось Oy не учитывается, то с учетом уравнения баланса сил Жуковского, Архимеда, Стокса и Магнуса скорость вертикального перемещения v_{yi} i-й частицы компонентов исходного сырья получим в виде:

$$v_{yi} = \frac{r_i\left[-\frac{4}{3}r_i\left(\frac{\rho_i}{\rho_в}-1\right)q + r_i\Omega_i\left(v_{xi}+U\right)^2\right]}{\varphi_i\eta_i}. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что при скорости направленного аэродинамического потока воздуха U_0 вниз те частицы компонентов будут перемещаться по направлению оси Oy, размеры которых определяются зависимостью:

$$r_{0i} = \frac{c_i\left(v_{xi}+U_0\right)^2}{-\frac{4}{3}\left(\frac{\rho_i}{\rho_в}-1\right)g + \left(v_{xi}+U_0\right)\Omega_i}. \quad (7)$$

Энергия i-й частицы при сходе с нижней кромки B наклонной полки определяется по формуле:

$$E_i = \frac{2}{3}\pi r_i^3\rho_i v_{Bi}^2. \quad (8)$$

Таким образом, с учетом формулы (8), горизонтальная скорость движения i-й частицы становится равной нулю (v_{xi} = 0) в точке на горизонтальной поверхности приемного бункера БПФСА, определяемой из условия:

$$X_{0i} = \frac{E_i}{F^i_л}. \quad (9)$$

С учетом формул (1), (7), (9) получим:

$$X_{0i} = \frac{2cv_{Bi}^2 r_i}{3\rho_в U_0^2 c_i}. \quad (10)$$

С учетом формул (1)–(3), (5) выражения для коэффициентов аэрационного притяжения и инерции примут вид:

$$\alpha_{0i} = \frac{F^i_{Мi} - F^i_{Жi}}{F^i_{Аi}}; \quad (11)$$

$$\beta_{0i} = -\frac{F^i_{ni}}{F^i_{Аi}}. \quad (12)$$

Уравнение для расчета вертикальной скорости перемещения соответствующей i-й частицы в функции коэффициента аэрационного притяжения с учетом формулы (12) после преобразования получим в виде:

$$v_{yi} = \frac{(1+\alpha_{0i})}{\varphi_i\eta_i\rho_в}. \quad (13)$$

В итоге формулу для расчета положения приемного бункера в зависимости от коэффициента аэрационного притяжения с учетом формулы (13) получим в виде:

$$X_{0i} = \frac{\rho_i v_{Bi}^2}{2\beta_{0i}(\rho_i-\rho_в)g}. \quad (14)$$

Аддитивная математическая модель 3-й фазы процесса классификации многокомпонентных материалов, включающая уравнения (3), (6), (7), (10), (13)–(14), позволила всесторонне исследовать механизм разделения частиц под действием аэродинамических сил направленного воздушного потока с учетом их физических свойств, а также осуществить оптимизацию геометрических параметров и режимов работы БПФСА, при относительно небольших затратах на экспериментальные исследования, изготовление макетов и опытных образцов. Максимальные отклонения экспериментальных данных от расчетных составляют, в частности: для асбеста 4–7 %, для кварца 2,3–2,9 %, для глинозема 1,9–2,2 % и аппроксимируются нелинейной зависимостью с корреляционным отношением η = 0,95–0,97.

Использование аэродинамического эффекта от направленного воздушного потока в БПФСА позволяет повысить результативность разделения многокомпонентных материалов, в частности, обеспечить максимальное извлечение свободного асбестового волокна из руды, сохранить природную длину и текстуру волокна, освободить асбестовое волокно от пыли, а также случайных посторонних включений.

Таким образом, установка радиальных вентиляторов на торцевых поверхностях вращающегося барабана, позволяющая использовать аэродинамические силы для разделения минералов за счет эффекта парусности, способствует повышению эффективности и качества классификации материалов.

Предложенная модель классификации компонентов технологических смесей позволяет осуществлять их разделение на необходимые по качеству фракции за счет образования веера разделения, благодаря которому возможно получение продуктов частиц с различным содержанием полезного компонента.

Выводы

1. Полученная аддитивная математическая модель аэрационного класса в полочном сепараторе с трамплином достаточно точно отражает реальный рабочий процесс.

2. Эффективность разделения частиц зависит от разности скоростей и углов схода частиц минералов с полки, что позволяет получить больший веер распределения частиц. В точке схода частицы с трамплина в зависимости от коэффициента трения f = 0,3; f = 0,5 ее скорость составила v_B = 1,93–2,28; v_B = 1,33–1,56 м/с.

3. Использование потока воздушной струи, направленного под полку перпендикулярно вектору скорости движения разделяемых компонентов, позволяет отклонять траекторию частиц, обладающих парусностью, и выводить их в одноименные продукты. Скорость воздушного потока зависит от скоростей витания разделяемых компонентов и составляет 3,5–6 м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов М. А., Дябин Н. В., Копосов Ю. Б. и др. Практика обогащения асбестовых руд. М.: Недра, 1975. 224 с.
2. Келина И. М., Цыпин Е. Ф, Александрова Е. П. О коэффициентах трения минералов при обогащении слюдосодержащих сланцев на полочном воздушном сепараторе // Изв. вузов. Горный журнал. 1983. № 1. С. 126–129.
3. Ляпцев С. А., Цыпин Е. Ф., Потапов В. Я., Иванов В. В. Математическое моделирование разделения частиц в барабанно-полочном фрикционном сепараторе // Изв. вузов. Горный журнал. 1996. № 7. С. 147–150.
4. Ляпцев С. А., Потапов В. Я., Давыдов С. Я., Потапов В. В., Семериков Л. А., Васильев Е. А. Классификация материалов при ударе о разделительную поверхность // Новые огнеупоры. 2014. № 12. С. 27–30. (*In Russian, in English*).
5. Makarov V. N., Davydov S. Ya. Theoretical basis for increasing ventilation efficiency in technological processes at industrial enterprises // Springer science + business media. 2015. № 2. С. 59–63.
6. Потапов В. Я., Тимухин С. Я., Потапов В. В. и др. Использование аэродинамического эффекта во фрикционных сепараторах для разделения минеральных комплексов, обладающих парусностью // Изв. УГГУ. 2011. Вып. № 25-26. С. 84–89.
7. Шалюгина В. А., Бергер Г. С. Исследование скорости витания волокна антофиллит-асбеста в воздушной среде // Новые достижения в технологии обогащения асбестовых руд. 1972. Вып. 13. С. 122–129.
8. Щедринский М. Б., Волегов А. В., Мюллер Э. К. Обогащение асбестовых руд. М.: Госгортехиздат, 1962. 234 с.
9. Келина И. М., Цыпин Е. Ф., Александрова Е. П. О коэффициентах трения минералов при обогащении слюдосодержащих сланцев на полочном воздушном сепараторе // Изв. вузов. Горный журнал. 1983. № 4. С.126–129.
10. Александрова Е. П., Тихонов О. Н. Анализ закономерностей разделения минералов и выбор оптимальных режимов для полочного воздушного сепаратора // Цветные металлы. 1986. № 6. С. 12–17.
11. Урбан Я. Пневматический транспорт: пер. с чеш. / под ред. Л. М. Шведова. М.: Машиностроение, 1967. 256 с.
12. Малевич И. П., Серяков В. С., Мишин А. В. Транспортировка и складирование порошкообразных строительных материалов. М.: Стройиздат, 1984. 184 с.

Валентин Яковлевич Потапов,
2c1@inbox.ru
Владимир Николаевич Макаров,
Николай Владимирович Макаров,
Екатерина Евгеньевна Франюк
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

УДК 621.928.622.273, 622.44 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-69-75

ADDITIVE MATHEMATICAL MODEL OF MATERIALS AERATION CLASSIFICATION IN SEPARATORS

V. Ya. Potapov, V. N. Makarov, N. V. Makarov, E. E. Franyuk

The article is devoted to confirmation of a mechanism of aeration classification in drum-shelf friction separators of materials, the components of which are distinguished by a wide range of "sailage" in order to increase the separators efficiency and the quality of finished products in technology of components separation of ore and non-ore materials.
Using aerodynamics of bodies of arbitrary shape in a directed air flow, a mathematical model is obtained of aeration classification of particles of material components, depending on their physical properties, unified by an integral criterion of "sailage", and controlled airflow parameters with separate accounting of influence of particles velocity and flow.
Equations are obtained for calculation of geometric parameters of a unit of aeration classification friction drum – shelf separator depending on integral criterion of "sailage" determined by shape, size, density of initial raw material and air viscosity providing for maximum quality of stratification of the feedstock and, as a result, increasing the production efficiency and the quality of the separated material.
The efficiency of aeration classification with the use of a controlled air flow is confirmed, as well as sufficient convergence of experimental and calculated data.
The additive mathematical model has confirmed the high efficiency of application of aeration classification in drum-type friction separators to improve the quality of stratification with reference to initial raw materials, components of which differ in a wide range of "sailage".

Keywords: speed of being in the air; "sailage"; physical characteristics; frictional separator; aerodynamic effect.

Modern mining is characterized by intensification of processing methods, which require creation and implementation of high technology, high-tech equipment. To a large extent, it concerns technological redistribution of preparation and classification of raw materials significantly affecting the quality of final separation products. Without a constant improvement of quality and efficiency of operation of enrichment technology and equipment, it is impossible to improve material-technical base of enterprises, including the mining industry.

Depending on the technological and production structure, the preparation and classification of components of initial rock mass is characterized by high power consumption and not high efficiency [1].

One of the ways of improvement of classification efficiency and the quality increase of processed ores may be creation of resource-efficient separation devices and perfecting the structure and technology of preparation and separation of feedstock [2–5].

When designing and developing the devices, it is necessary to take into account construction features of their structural units, facilitating to qualitative separation and classification of raw materials according to their physical characteristics, and also the possibility of more purposeful control of external factors affecting the efficiency of the process of separation of components, depending on their change [6–9].

From the standpoint of improving the separation and classification of multicomponent feedstock, including particles with a wide dispersion of "sailage", it is more perspective to apply aeration classification [10–12].

Aeration classification is the separation of particles of multicomponent material in the spectral interval of "sailage" under the influence of the energy density, necessary to form the trajectory of particles determined by the kinetic energy of the directed air flow.

Structurally, the aeration classification is realized in a drum-shelf friction separator with a device for creating a directed controlled aerodynamic air flow (DSFSA) [1, 4, 7].

DSFSA is a classic separator with radial fans built into the ends of the drum with asymmetric collectors and amplitude-frequency regulators, providing the required energy density, direction, amplitude and frequency of airflow fluctuations (see Fig. 1).

Thus, the DSFSA consists of four-structured devices, each of which is designed to separate the particles of the initial material according to the relevant structure indications (Fig. 1).

In accordance with four structured devices, four phases of movement of the initial multicomponent raw material are distinguished in DSFSA, corresponding to four stages of its classification (Fig. 1, 2).

At the *first* phase the material moves along an inclined shelf, where a flow is formed before entering the separator chamber. At the *second* phase the separated material is distributed along the streams adjoining each other, with predominance in each of them the particles having uniform shape and density taking place in the air chamber from the moment of detachment of particles from the lower edge of the inclined shelf. At the *third* phase the components are distributed under the influence of the air flow created by the radial fans. At the *fourth* phase the components are separated on the surface of the rotating drum, at the ends of which the above-mentioned radial fans are installed to provide a targeted air flow.

The inclined shelf *1* prepares separation of particles having different friction coefficients. The smaller the coefficient of friction of a particle on the plane, the higher the speed of its escape from the shelf *1*. The slope of the plane must provide continuous motion of particles, which imposes certain restrictions on the angle β. The angle of inclination of the flange β should be greater of the greatest possible values of the friction angles for the particles of the material being enriched with different contents of the useful component.

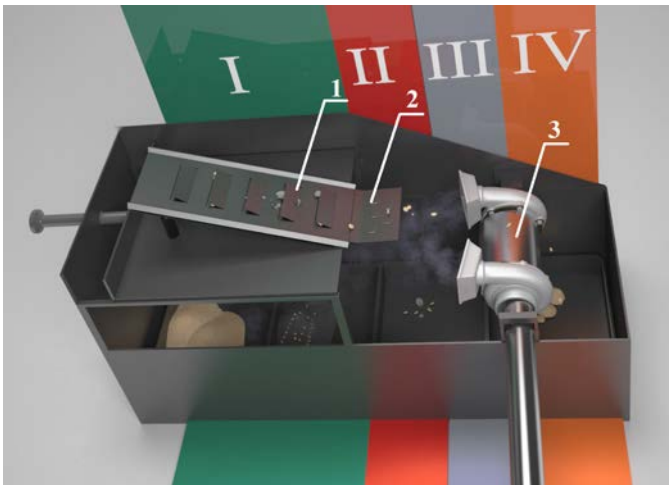


Figure 1. Principal scheme of DSFSA separator.

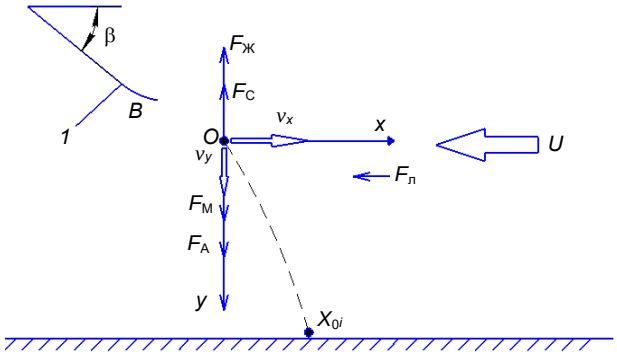


Figure 2. Scheme of a particle movement and forces acting on it at the 3rd phase in DSFSA.

Curvilinear springboard *2* provides the second stage of preparation to separation of particles with different coefficients of friction. The friction force in this section varies depending on the location of the particle, since at different points of the concave trajectory the normal pressure of the particle onto the curvilinear surface is different. As a result, when particles exit onto the free flight area, they have essentially different velocities, and the particles escape along flat trajectories. Thus, a separation fan is formed, thanks to which it is possible to form products of particles with different contents of the useful component.

At the third stage the separation of raw materials occurs due to the action of the directed aerodynamic airflow created by the radial fans built into the ends of the rotating drum.

For the particles of the middle part of the fan in DSFSA the fourth stage of separation is provided. On the shells of the rotating drum *3*, the separation of feedstock particles occurs due to the difference in their recovery coefficients after impact. Since the surface of the shell of the rotating drum *3* is rough, at the point of contact with it the particle, in addition to the normal reaction, is subjected to the friction force directed to the side opposite to the relative velocity of the particle. Depending on the direction of this force, the particle rebound can occur both in the direction of rotation of the drum and in the opposite direction.

The mechanism of separation of the feedstock at the above-mentioned phases of motion, with the exception of the aeration classification, is described in detail in [5].

Due to the lack of analytical materials in literature about studies of the process of aeration stratification of multicomponent feedstock with different "sailage", through its interaction with a directed air flow, it is most actual to investigate aerodynamics of the movement process of two-phase environment to increase the separation efficiency of solid components in the air stream.

Thus, this article is devoted to development of an additive mathematical model of aeration classification of multicomponent feedstock at the third phase of its movement in DSFSA. Solution of this task will improve the quality of feedstock at the account of effective use of the influence of "sailage" of particles components onto the amount of acting on them aerodynamic resistance forces of Stokes, Archimedes and Magnus, in order to control the spectrum of their movement trajectory.

The solution of the problem of mathematical description of the process of aeration classification is based on the use of the method of transition from a microlevel of an individual particle motion to a macrolevel, that is, to investigation of a multiphase environment.

The mathematical model of the motion of individual particles at the microlevel, depending on the forces acting on the forces, the magnitude and direction of which depends on the "sailage" of the particles, makes it possible to establish the dependence of the trajectory of motion of the two-phase environment with the given spectral interval of "sailage" on the energy density, direction, amplitude and pulsation frequency of controlled air flow. This model allows to calculate parameters of the energy density of the air flow in dependence on the particles "sailage" spectrum to provide the maximum efficiency of their classification with minimal energy expenditure.

For integral assessment of the effect of "sailage" onto the trajectory of particles motion, it is most desirable to introduce criteria for aeration similarity:

– a coefficient of aeration attraction, characterizing the vertical overload of the *i*-th particle, or a two-phase environment under the action of aerodynamic forces:

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} F_{\text{в}i}^{j}}{F_{\text{A}i}}; \qquad (1)$$

– the coefficient of aeration inertia characterizing the horizontal overload of the *i*-th particle, or two-phase environment under the action of aerodynamic forces:

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} F_{\text{г}i}^{j}}{F_{\text{A}i}}, \qquad (2)$$

were $F_{\text{в}i}^{j}$, $F_{\text{г}i}^{j}$ – vertical and horizontal components of the *j*-th aerodynamic force acting on the *i*-th particle of a multicomponent feedstock at the phase of aeration classification; $F_{\text{A}i}$ – Archimedes' force directed downward, acting on the *i*-th particle, which is an analog of gravity.

Possessing kinetic energy, the *i*-th particle of the initial multicomponent raw material under the influence of the energy of the controlled directed air flow moves along the corresponding trajectory determined by the density of the above energy.

To construct an additive model of the aeration classification, relationships must be determined between the energy of the particle at the point of curvilinear springboard *B* descent, the energy of the directed air flow and the geometric parameters of receiving hoppers of DSFSA. It is necessary to formulate equations of particles motion depending on the forces acting on them, taking into account the similarity criteria introduced above. The key role in the proposed mathematical model is played by its additivity, as an analogue of the superposition principle, meaning a separate accounting and subsequent summation of the absolute velocity of particles motion and velocity of the directed air flow, allowing to optimize the power consuming of classification processes in separators.

The free flight of a particle of multicomponent feedstock at the third stage of its movement in DSFSA starts from the point *B* at a speed v_{Bi} (Fig. 2). The velocity of the particle depends on its physical properties: density, surface state, size, shape, petrographic composition, mutual friction and collision of particles with each other and with walls of the apparatus. At the point *B*, the *i*-th particle will have v_{Bi} velocity.

Thus, the movement of the *i*-th particle with kinetic energy corresponding to v_{Bi} velocity from the point *B* will happen under the influence of aerodynamic resistance, elevating aerodynamic Zhukovsky force, Magnus force due to differential aerodynamic pressure forces acting on the particle surface as a consequence of its rotation, the Archimedes force connected with acceleration of free fall and Stokes force due to air viscosity. In this case, since aerodynamic forces have the greatest impact on the trajectory of motion of a particle at this phase of its movement, the nature of the particle motion will be determined by its "sailage", which numerically depends on the abovementioned coefficients of aeration gravity and inertia.

When the *i*-th particle moves in the direction of the *Ox*-axis, the force of aerodynamic drag $F_{\text{л}i}^{j}$ acts on it, due to the particle own movement velocity and the velocity of the directed aerodynamic air flow, taking into account the additive model of motion.

The equation of motion of the *i*-th particle of feedstock components in the projection on the *Ox*-axis, which coincides with the direction of aerodynamic air flow from the action of the fan may be written as:

$$F_{\text{л}i}^{j} = m_i \frac{\partial v_{xi}}{\partial t} = -k_i \pi r_i^2 \rho_{\text{в}} (v_{xi} + U)^2, \qquad (3)$$

where k_i – drag coefficient resistance of the *i*-th particle; r_i – the radius of the *i*-th particle, m; $\rho_{\text{в}}$ – air density, kg/m^3; v_{xi} – velocity constituent of the *i*-th particle, m/s; *U* – the air flow velocity, m/s; m_i – mass of the *i*-th particle in kg; $m_i = 4/3\pi r_i^3 \rho_i$; ρ_i – density of the *i*-th particle, kg/m^3.

The equation of the i-th particle movement in the projection onto Oy-axis is as follows:

$$X_{0i} = \frac{E_i}{F_л^i}. \quad (9)$$

Accounting the formulas (1), (7), (9), we obtain:

$$X_{0i} = \frac{2cv_{Bi}^2 r_i}{3\rho_в U_0^2 c_i}. \quad (10)$$

Taking into account (1)–(3), (5) formulas, the equations for coefficients of aeration attraction and inertia will be as follows:

$$\alpha_{0i} = \frac{F_{Mi}^i - F_{ЖKi}^i}{F_{Ai}^i}; \quad (11)$$

$$\beta_{0i} = -\frac{F_{лi}^i}{F_{Ai}^i}. \quad (12)$$

The equation for calculation of a vertical velocity of displacement of a corresponding i-th particle in a function of the coefficient of aeration attraction, taking into account formula (12), after transformation, we obtain in the form:

$$v_{yi} = \frac{(1+\alpha_{0i})}{\varphi_i \eta_i \rho_в}. \quad (13)$$

As a result, taking into account formula (13), the formula for calculation of a receiving hopper position depending on the coefficient of aeration attraction is obtained as:

$$X_{0i} = \frac{\rho_i v_{Bi}^2}{2\beta_{0i}(\rho_i - \rho_в)g}. \quad (14)$$

The additive mathematical model of the third phase of the process of classification of multicomponent materials, including equations (3), (6), (7), (10), (13)–(14), made it possible to investigate comprehensively the mechanism of particles separation under the action of aerodynamic forces of a directed air flow taking into account their physical properties. It also became possible to optimize geometric parameters and modes of operation of DSFSA, with relatively low expenses on experimental research, manufacturing of models and prototypes. Maximum deviations of experimental data from the calculated ones total in particular: for asbestos 4–7 %, for quartz 2.3–2.9 %, for alumina 1.9–2.2 % and are approximated by a nonlinear dependence with a correlation ratio η = 0.95–0.97.

Application of the aerodynamic effect of directed air flow in DSFSA enables to increase the results of separation of multicomponent materials, to maximize the extraction of free asbestos fibers from the ore, to preserve the natural length and texture of the fiber, to release asbestos fiber from dust, as well as, from random impurities.

Thus, installation of radial fans on the end surfaces of a rotating drum, allowing using aerodynamic forces for separation of minerals due to the effect of "sailage", contributes to increasing the efficiency and quality of material classification.

The proposed model for classification of components of technological mixtures makes it possible to separate them onto necessary fractions on quality, due to formation of a separation fan, thanks to which the products of particles with different contents of useful components are obtained.

Conclusions

1. The developed additive mathematical model of aeration class in a shelf separator with a springboard adequately reflects a real operational process.

2. The efficiency of particles separation depends on the difference in velocities and angles of mineral particles descent from the shelf, which allows obtaining a wider fan of particles distribution. At the point of a particle escape from the springboard, depending on the coefficient of friction f = 0.3; f = 0.5, its speed was v_B = 1,93–2,28; v_B = 1,33–1,56 m/s.

3. Using a directed flow of an air jet under the shelf perpendicular to the vector of motion speed of separated mineral components, allows to deflect trajectory of particles having "sailage" and channel them to similar products. The speed of the air flow depends on velocities of separated components, being in the air, and it totals 3.5–6 m/s.

REFERENCES

1. Belov M. A., Dyabin N. V., Koposov Yu. B., et al. 1975, *Praktika obogashcheniya asbestovykh rud* [The practice of asbestos ores enriching], ed. by F. P. Sofronov, Moscow, 224 pp.
2. Kelina I. M., Tsypin E. F, Aleksandrova E. P. 1983, *O koeffitsiyentakh treniya mineralov pri obogashchenii slyudosoderzhashchikh slantsev na polochnom vozdushnom separatore* [About friction coefficients of minerals in enrichment of micaceous shales in shelf air separator]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 1, pp. 126–129.
3. Lyaptsev S. A., Tsypin E. F., Potapov V. Ya., Ivanov V. V. 1996, *Matematicheskoe modelirovanie razdeleniya chastits v barabanno-polochnom friktsionnom separatore* [Mathematical modeling of particles separation in a drum-shelf friction separator]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 7, pp.147–150.
4. Lyaptsev S. A., Potapov V. Ya., Davydov S. Ya., Potapov V. V., Semerikov L. A., Vasil'ev E. A. 2014, *Klassifikatsiya materialov pri udare o razdelitel'nuyu poverkhnost'* [Classification of granular materials in impact with separation surface]. *Novye ogneupory* [Refractories and industrial Ceramics], no. 12, pp. 27–30. (*In Russian, in English*).
5. Makarov V. N., Davydov S. Ya. 2015, Theoretical basis for efficiency increasing in technological processes. Springer science + business media, no. 2, pp. 59–63.
6. Potapov V. Ya., Timukhin S. Ya., Potapov V. V., et al. 2011, *Ispol'zovanie aerodinamicheskogo effekta vo friktsionnykh separatorakh dlya razdeleniya mineral'nykh kompleksov, obladayushchikh parusnost'yu* [The use of aerodynamic effect in friction separators for separation of mineral complexes possessing "sailage"]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 25–26, pp. 84–89.
7. Shalyugina V. A, Berger G. S. 1972, *Issledovanie skorosti vitaniya volokna antofillit-asbesta v vozdushnoy srede* [Investigation of suspension velocity of antifillite-asbestos fiber in the air]. *Novye dostizheniya v tekhnologii obogashcheniya asbestovykh rud* [New achievements in the technology of asbestos ore enrichment], no.13, pp. 122–129.
8. Shchedrinskiy M. B., Volegov A. V., Muller E. K. 1962, *Obogashcheniye asbestovykh rud* [Enrichment of asbestos ores]. Moscow, 234 p.
9. Kelina I. M., Tsypin E. F., Aleksandrova E. P. 1983, About a coefficient of minerals friction in enrichment of mica-containing shales in a shelf air separator *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 4, pp. 126–129.
10. Aleksandrova E. P., Tikhonov O. N. 1986, Analysis of regularities of mineral separation and selection of optimal regimes for shelf air separator. *Tsvetnye metally* [Non-ferrous metals], no. 6, pp. 12–17.
11. Urban J. 1967, *Pnevmaticheskiy transport* [Pneumatic transport]. *In Russian, translation from Czech*. Ed. by L. M. Shvedova. Moscow, 256 p.
12. Malevich I. P., Seryakov V. S., Mishin A. V. 1984, *Transportirovka i skladirovanie poroshkoobraznykh stroitel'nykh materialov* [Transportation and storage of powdery building materials]. Moscow, 184 p.

Valentin Yakovlevich Potapov,
2c1@inbox.ru
Vladimir Nikolaevich Makarov,
Nikolay Vladimirovich Makarov,
Ekaterina Evgen'evna Franyuk
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

УДК 622.235 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-76-79

СХЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЦИКЛИЧНОГО ЗВЕНА ЦПТ

С. Н. Жариков, В. А. Кутуев

Charge initiation schemes for ensuring high-performance operation of cyclic-flow technology cyclic link

S. N. Zharikov, V. A. Kutuev

The authors consider the issue of ensuring the quality of crushing rock mass by drilling and blasting method for high productivity of a cyclic link of a cyclic-flow technology complex. The article contains recommendations for calculating certain parameters of drilling and blasting operations, such as the width of the retaining wall $B_{p.s}$, the collapse with account for the retaining wall Br, the width of the collapse of the rock mass B_f when blasting onto a free surface (for the first row of vertical wells and for the first series of inclined wells), the width of the collapse from the first series of wells B_1, the deceleration time τ, the coefficient k_β that takes into account the incline angle of wells β to the horizon. The authors prove the expediency of using a retaining wall in explosions of technological blocks. The authors raise the question about the management of detonation characteristics of explosives produced in the field of application for the most rational impact of an explosion on a rock massif. Since the technological schemes for preparing the rock mass to the excavation, which ensure the high-performance operation of the cyclic link of the cyclic-flow technology, can be different, then the choice of a specific drilling and blasting circuit is depends on the geological conditions and elements of the development system. As a preliminary method of breaking, one can consider the explosion of charges along the diagonal (diagonal blasting schemes) on the retaining wall. This method provides sufficient reliability of technological explosions, and with the development of modern means of blasting with decelerations between charges of more than 67 ms, there are nearly no back emissions.

Keywords: mining technology; drilling and blasting operations; explosion; charge initiation schemes; explosives.

Рассмотрен вопрос обеспечения качества дробления горной массы буровзрывным способом для высокой производительности цикличного звена комплекса циклично-поточной технологии. Приведены рекомендации по расчету некоторых параметров буровзрывных работ, таких как ширина подпорной стенки $B_{п.с}$, развал с учетом подпорной стенки $B_р$, ширина развала горной массы $B_ф$ при взрывании на свободную поверхность (при первом ряде вертикальных скважин и при первом ряде наклонных скважин), ширина развала от первого ряда скважин B_1, время замедления τ, коэффициент k_β, учитывающий угол наклона скважин β, град, к горизонту. Отражена целесообразность применения подпорной стенки при взрывах технологических блоков. Поставлен вопрос об управлении детонационными характеристиками взрывчатых веществ, изготовляемых в местах применения, для наиболее рационального воздействия взрыва на горный массив. Так как технологические схемы подготовки горной массы к выемке, обеспечивающие высокопроизводительную работу цикличного звена циклично-поточной технологии, могут быть различны, то выбор конкретной схемы буровзрывной отбойки определяется геологическими условиями и элементами системы разработки. В качестве предварительного способа отбойки можно рассматривать взрывание зарядов по диагонали (диагональные схемы взрывания) на подпорную стенку. Данный способ обеспечивает достаточную надежность технологических взрывов, а с развитием современных средств взрывания при замедлениях между зарядами более 67 мс обратные выбросы в большинстве случаев исключены.

Ключевые слова: технология горных работ; буровзрывные работы; взрыв; схемы инициирования зарядов; взрывчатые вещества.

Для высокой производительности циклично-поточной технологии (ЦПТ) буровзрывные работы должны обеспечивать достаточное качество дробления горной массы при минимальном сейсмическом эффекте. Указанная задача на практике решается применением при отбойке выемочных блоков короткозамедленного взрывания (КЗВ), при нем сейсмический эффект значительно снижается, а схемы последовательности подрыва зарядов обеспечивают направленное действие взрыва в зависимости от условий расположения забоев. При этом применяются следующие основные схемы взрывания, указанные в таблице [1].

Выбор схемы взрывания для конкретных условий зависит от технологических требований к результатам взрыва и связан с решением следующих основных задач взрывной отбойки: организация дополнительных свободных поверхностей для нормальной работы зарядов (врубовые схемы); создание взрывом зарядов первой серии по контуру выемочного блока экрана из взорванной горной массы для снижения техногенного воздействия на законтурный массив; закрытие (схлопывание) естественных трещин для организации наиболее равномерного радиуса работы зарядов (наилучший эффект достигается при подвижке массива вкрест простирания трещин) [2].

Следует отметить, что, как правило, выбор схем взрывания осуществляется при отсутствии информации о естественном состоянии горного массива в границах выемочных блоков (коэффициент структурного ослабления горных пород, направление трещин). Поэтому для снижения повышенного выхода энергии в направлении откоса уступа применяют подпорную стенку из ранее взорванной горной массы. Однако при этом способе возможен обратный выброс горной породы на вышележащий уступ. В связи с этим оптимальным вариантом при подпорной стенке являются диагональные схемы, которые обеспечивают четкую линию отрыва за последним рядом скважин и минимальное заколообразование в тыл массива. Обратные выбросы в этом случае исключаются путем подбора оптимального времени замедления между зарядами.

Ширину подпорной стенки можно определить согласно:

$$B_{п.с} = k_р W \left(\frac{\sqrt{2k_{и.в} q_{п.с} eE}}{\sigma_{сж}} \right),$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления горной массы (1,05–1,2); W – линия сопротивления по подошве, м; $k_{и.в}$ – эмпирический коэффициент, учитывающий использование энергии взрыва на дробление и перемещение горной массы. В зависимости от величины удельного расхода ВВ этот коэффициент колеблется в пределах 0,04–0,2; e – удельная теплота взрыва, Дж/кг; E – модуль упругости взрываемой горной массы, Па; $\sigma_{сж}$ – предел прочности пород при одноосном сжатии, Па.

Развал с учетом подпорной стенки:

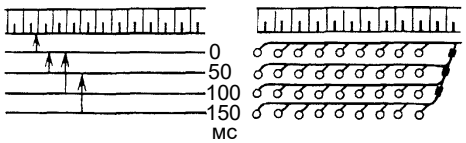
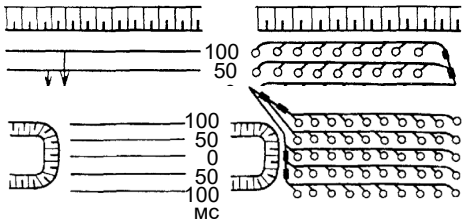
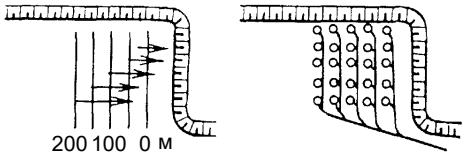
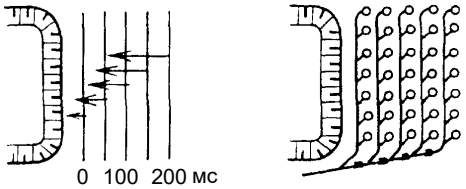
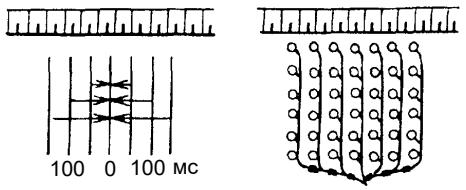
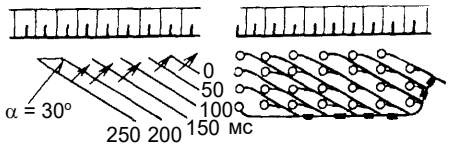
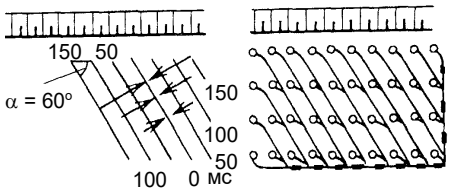
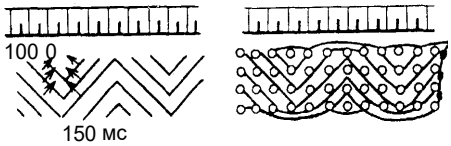
$$B_р = \left(1 - \frac{(B_{п.с})^{3/2}(k_р W + B_{п.с\,max})}{(B_{п.с\,max})^{3/2}(k_р W + B_{п.с})} \right) B_ф,$$

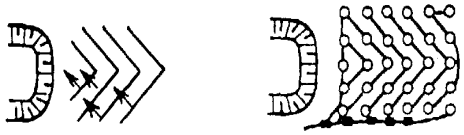
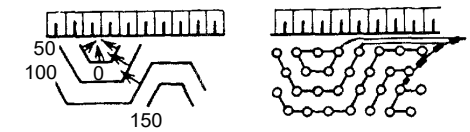
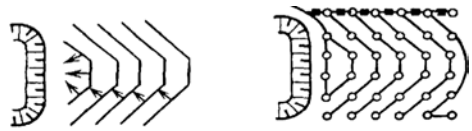
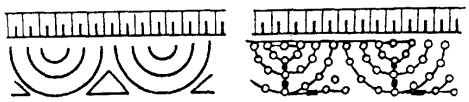
где $B_{п.с\,max}$ – предельная ширина подпорной стенки, при которой отсутствует развал горной массы. На основании опытных данных ее величина зависит от крепости пород и принята равной:

Коэффициент крепости	17–20	10–17	4–10
Предельная ширина подпорной стенки, м	45	40	30

Ширина развала горной массы $B_ф$ при взрывании на свободную поверхность:

Основные схемы короткозамедленного взрывания [1].

Группы и варианты схем	Условия применения	Схемы
	Продольные	
Порядные последовательные	Фронтальный забой, подобранный откос уступа, легковзрываемые породы	
Порядные врубовые	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, не менее трех рядов скважин, породы средней и ниже средней взрываемости, необходимость уменьшения развала	
	Траншейный забой, легковзрываемые породы	
	Поперечные	
Порядные последовательные	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, не менее четырех рядов скважин, породы средней и ниже средней взрываемости, откос уступа обнажен во фланге	
	Траншейный забой, подобранный откос уступа, небольшая протяженность взрываемого блока, породы средней и ниже средней взрываемости	
Порядные врубовые	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы средней и ниже средней взрываемости, не менее четырех рядов скважин, необходимость уменьшения развала	
	Диагональные	
Порядные последовательные	Фронтальный забой, подобранный и неодобранный откосы уступа, сложное строение массива, не менее четырех рядов скважин, имеется ограничение по сейсмическому эффекту	
Порядные врубовые	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, сложное строение массива, не менее четырех рядов скважин, имеется ограничение по сейсмическому эффекту	
Треугольные	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, трудновзрываемые породы сложной структуры	Схемы с ломаной и кривой линиями одновременно взрываемых зарядов 

Треугольные	Те же породы, но траншейный забой и подобранный откос уступа	
Трапециевидные	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, трудновзрываемые породы сложной структуры	
Трапециевидные	То же, но траншейный забой	
Трапециевидные	Фронтальный забой, неподобранный откос уступа, значительное число скважинных зарядов. Трудновзрываемые горные породы	

при первом ряде вертикальных скважин

$$B_ф = B_1 + (n_р - 1)b;$$

при первом ряде наклонных скважин

$$B_ф = B_1 + n_р b,$$

где B_1 – ширина развала от первого ряда скважин; $n_р$ – количество рядов вертикальных скважин;

$$B_1 = k_з k_в k_β H_у \sqrt{q_{пр}},$$

где $k_з$ – коэффициент дальности отброса горной массы, зависящий от принятого интервала замедления.

Время замедления, мс	25	50	75
Коэффициент дальности отброса	0,9	0,85	0,8

Время замедления может быть ориентировочно рассчитано по выражению

$$τ = W k_τ,$$

где $k_τ$ – коэффициент, учитывающий категорию пород по трещиноватости (I – 6, II – 5, III – 4, IV – 3, V – 1,5–0,5); $k_в$ – коэффициент, характеризующий взрываемость пород, $k_в$ = 2–2,5; 2,5–3; 3,0–3,5 для трудновзрываемых, средневзрываемых, и легковзрываемых пород соответственно; $H_у$ – высота уступа; $k_β$ – коэффициент, учитывающий угол наклона скважин (β, град) к горизонту;

$$k_β = 1 + 0,5\sin(90^\circ - β).$$

Таким образом, при диагональной схеме взрывания на подпорную стенку задача управления качеством подготовки горной массы в основном может быть решена достаточно быстро. Значительное повышение эффективности буровзрывных работ в этом случае может быть достигнуто за счет научных исследований в следующих перспективных направлениях. В ИГД УрО РАН разработана методика экспрессного получения информации о прочностных свойствах горных пород, основанная на данных энергоемкости бурения взрывных скважин. Согласно этой методике, по трудности бурения взрывных скважин можно определять свойства горных пород по высоте уступа [3–7], что позволяет уточнять параметры скважинных зарядов и корректировать направления отбойки для лучшего

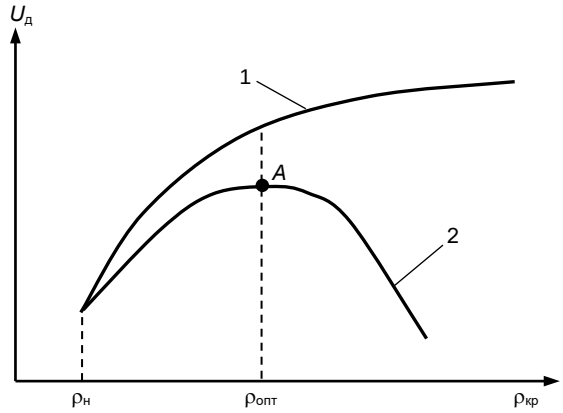


Рисунок 1. Зависимость скорости детонации от плотности. 1 – для индивидуальных ВВ, 2 – для смесевых ВВ.

схлопывания естественных трещин. Также перспективу имеют исследования в области детонационных характеристик ВВ, изготовляемых в местах потребления [8–12]. Наглядно это можно продемонстрировать зависимостью скорости детонации от плотности ВВ (рис. 1).

При увеличении плотности смесевого ВВ до определенной оптимальной величины скорость детонации растет. При дальнейшем увеличении плотности в сторону критической величины скорость детонации начинает снижаться. В принципе описание явления представляется верным, однако форма кривой *2* для разных смесевых ВВ может значительно различаться. Тем не менее из рис. 1 следует, что для достижения наиболее высоких детонационных характеристик смесевых ВВ необходимо знать оптимальную плотность заряжания, которая определяется экспериментально. Таким образом, управляя детонационными характеристиками смесевых ВВ, можно добиться наиболее рационального воздействия взрыва на горный массив.

Технологические схемы подготовки горной массы к выемке, обеспечивающие высокопроизводительную работу цикличного звена ЦПТ, могут быть различны. Выбор конкретной схемы буровзрывной отбойки определяется геологическими условиями и элементами системы разработки. В качестве предварительного способа отбойки можно рассматривать взрывание зарядов по диагонали на подпорную стенку. Данный способ обеспечивает достаточную надежность технологических взрывов, а с развитием современных средств взрывания при замедлениях между зарядами более 67 мс обратные выбросы в большинстве случаев исключены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Открытые горные работы: справочник / К. Н Трубецкой [и др.]. М.: Горное бюро, 1994. 590 с.
2. Жариков С. Н., Матухно Н. С. О шахматных сетках расположения скважин при ведении взрывных работ на карьерах // Взрывное дело. 2015. № 113-70. С. 218–223.
3. Исследование методов манипулирования горно-геологической информацией: отчет о НИР/ ИГД УрО РАН; рук. В. М. Аленичев. Екатеринбург, 2010. 208 с.
4. Жариков С. Н. Зависимость энергоемкости взрывания горных пород от энергоемкости их бурения // Горный журнал. 2009. № 6. С. 60–62.
5. Жариков С. Н. Определение крепости горных пород по параметрам процесса шарошечного бурения технологических скважин на карьерах // Горный журнал. 2010. № 7. С. 50–51.
6. Жариков С. Н., Шеменев В. Г., Кутуев В. А. Способы уточнения свойств горных пород при производстве буровзрывных работ // Устойчивое развитие горных территорий. 2017. Т. 9, № 1. С. 74–80.
7. Жариков С. Н., Шеменев В. Г. Методология оценки энергоемкости технологических процессов в цикле «буровзрывное дробление–механическое дробление–измельчение» при открытой разработке рудных месторождений // Горный журнал. 2013. № 10. С. 83–85.
8. Кутуев В. А. Изучение детонационных характеристик промышленного эмульсионного взрывчатого вещества порэмит-1А с использованием регистратора данных «DATATRAPII™» // ГИАБ. 2016. № S21. С. 101–109.
9. Меньшиков П. В., Синицын В. А., Маторин А. С., Котяшев А. А., Шеменев В. Г. Определение детонационных характеристик гранулитов и эмульсионных ВВ, изготавливаемых в условиях горных предприятий // ГИАБ. 2010. № 7. С. 298–301.
10. Кутуев В. А., Меньшиков П. В., Жариков С. Н. О методах исследования детонационных характеристик ВВ // Взрывное дело. 2015. № 113-70. С. 166–182.
11. Скорость детонации взрывчатых веществ. Методика измерений реостатным методом с использованием измерителя скорости детонации VOD Mate. СТО 01.01.004–2011. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2011. 17 с.
12. Кутуев В. А. Выявление зависимости скорости детонации от времени газификации для промышленного эмульсионного взрывчатого вещества порэмит // Маркшейдерия и недропользование. 2017. Т. 1, № 3 (89). С. 42–45.

REFERENCES

1. Trubetskoy K. N. 1994, *Otkrytye gornye raboty: spravochnik* [Open pit mining: A Handbook], Moscow, 590 p.
2. Zharikov S. N., Matuhno N. S. 2015, *O shahmatnyh setkah raspolozhenija skvazhin pri vedenii vzryvnyh rabot na kar'erah* [About the chess grids of the location of wells during blasting operations on the quarries]. *Vzryvnoe delo* [Explosion technology], no. 113-70, pp. 218–223.
3. Alenichev V. M. 2010, *Issledovanie metodov manipulirovaniya gorno-geologicheskoy informaciey: otchet o NIR* [Research of methods for manipulating mining and geological information: a report on research work], Ekaterinburg, 208 p.
4. Zharikov S. N. 2009, *Zavisimost' energoemkosti vzryvaniya gornyh porod ot energoemkosti ih bureniya* [Dependence of energy consumption of rock blasting on energy intensity of drilling]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], no. 6, pp. 60–62.
5. Zharikov S. N. 2010, *Opredelenie kreposti gornyh porod po parametram processa sharoshechnogo bureniya tehnologicheskih skvazhin na kar'erah* [Determination of the strength of rocks according to the parameters of the process of roller drilling of technological wells in quarries]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], no. 7, pp. 50–51.
6. Zharikov S. N., Shemenev V. G., Kutuev V. A. 2017, *Sposoby utochneniya svoistv gornykh porod pri proizvodstve burovzryvnyh rabot* [Methods for specifying the properties of rocks in the production of drilling and blasting operations]. *Ustoychivoe razvitie gornykh territoriy* [Sustainable mountain development], vol. 9, no. 1, pp. 74–80.
7. Zharikov S. N., Shemenev V. G. 2013, *Metodologiya otsenki energoemkosti tehnologicheskih processov v tsikle «burovzryvnoe droblenie–mekhanicheskoe droblenie–izmel'chenie» pri otkrytoy razrabotke rudnykh mestorozhdeniy* [Methodology for estimating the energy intensity of technological processes in the cycle "drilling and explosive crushing-mechanical crushing-grinding" with open development of ore deposits]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], no. 10, pp. 83–85.
8. Kutuev V. A. 2016, *Izuchenie detonatsionnykh kharakteristik promyshlennogo emul'sionnogo vzryvchatogo veshhestva poremit-1A s ispol'zovaniem registratora dannyh «DATATRAPII™»* [Study of detonation characteristics of industrial emulsion explosive pore emit-1A using data logger "DATATRAPII ™"]. *GIAB* [Mining Informational and Analytical Bulletin], no. S21, pp. 101–109.
9. Men'shikov P. V., Sinitsin V. A., Matorin A. S., Kotyashev A. A., Shemenev V. G. 2010, *Opredelenie detonacionnykh kharakteristik granulitov i emul'sionnyh VV, izgotavlivaemykh v usloviyah gornykh predpriyatiy* [Determination of detonation characteristics of granulites and emulsion explosives produced in mining enterprises]. *GIAB* [Mining Informational and Analytical Bulletin], no. 7, pp. 298–301.
10. Kutuev V. A., Men'shikov P. V., Zharikov S. N. 2015, *O metodakh issledovaniya detonacionnykh kharakteristik VV* [On methods for studying detonation characteristics of explosives]. *Vzryvnoe delo* [Explosion technology], no. 113–70, pp. 166–182.
11. 2011, *Skorost' detonatsii vzryvchatyh veshhestv. Metodika izmereniy reostatnym metodom s ispol'zovaniem izmeritelya skorosti detonatsii VOD Mate. STO 01.01.004–2011* [Detonation velocity of explosives. Method of measurement by rheostat method using the VOD Mate detonation velocity meter. STO 01.01.004-2011], Ekaterinburg, 17 p.
12. Kutuev V. A. 2017, *Vyyavlenie zavisimosti skorosti detonatsii ot vremeni gazifikatsii dlya promyshlennogo emul'sionnogo vzryvchatogo veshhestva poremit* [Detection of the dependence of the detonation velocity on the gasification time for an industrial emulsion explosive]. *Marksheyderiya i nedropol'zovanie* [Mine survey and subsoil use], vol. 1, no. 3(89), pp. 42–45.

Сергей Николаевич Жариков,
333vista@mail.ru
Вячеслав Александрович Кутуев
slavik1988@mail.ru
Институт горного дела УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58

Sergey Nikolaevich Zharikov,
333vista@mail.ru
Vyacheslav Aleksandrovich Kutuev
slavik1988@mail.ru
Institute of Mining of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Ekaterinburg, Russia

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 338.24 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-80-84

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ ФИНАНСОВОЙ СТРАТЕГИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

И. В. Наумов

Methodical tools for assessing the implementation of the financial strategy of the territorial system

I. V. Naumov

The aim of this study is the development of methodological approaches for assessing the implementation of the financial strategy of the territorial system. The study reflects the methodological approaches used in practice to assess the implementation of financial strategies for territorial development, and their advantages and disadvantages. The author substantiates the necessity of using the tool of creating a balance model for obtaining accurate assessment of the implementation of the financial development strategy of the territory. This model shows the fullest reflection of the financial flows between the institutional sectors and financial institutions of the territorial system. The given tool allows to reveal the basic problems of financial development of public sector of economy, sector of house economy, commercial corporations, financial institutions and foreign organizations and to correct the financial strategy of territorial development according to the revealed problems. The novelty of the proposed methodological approach to assessing the implementation of the financial strategy for the development of the territorial system consists in, firstly, the ability to identify potential threats to the financial stability by the institutional sectors of the economy, through the study of the financial flows between them. Secondly, it consists in the possibility of justified formation of specific measures for stabilizing the financial development of institutional sectors and adjusting the financial strategy of the development of the territorial system, through using economic and mathematical tools for studying and forecasting the financial flows.

Keywords: financial strategy; matrix of financial flows; institutional sectors; regional system.

Целью работы является развитие методических подходов к оценке реализации финансовой стратегии территориальной системы. В работе отражены использующиеся на практике методические подходы к оценке реализации финансовых стратегий территориального развития, выявлены их преимущества и недостатки. Обоснована необходимость использования инструмента построения балансовой модели для получения более точных оценок реализации стратегии финансового развития территории, который позволяет наиболее полно отразить процессы движения финансовых потоков между институциональными секторами и финансовыми учреждениями территориальной системы. Данный инструмент позволяет выявить основные проблемы финансового развития государственного сектора экономики, сектора домашних хозяйств, коммерческих корпораций, финансовых учреждений и зарубежных организаций и скорректировать в соответствии с выявленными проблемами финансовую стратегию территориального развития. Новизна предложенного методического подхода к оценке реализации финансовой стратегии развития территориальной системы заключается в возможности выявления потенциальных угроз потери финансовой устойчивости институциональными секторами экономики благодаря исследованию процессов движения финансовых потоков между ними, а также в возможности обоснованного формирования конкретных мероприятий по стабилизации финансового развития институциональных секторов и внесения корректировок в финансовую стратегию развития территориальной системы в результате использования экономико-математического инструментария при исследовании и прогнозировании процессов движения финансовых потоков.

Ключевые слова: финансовая стратегия; матрица финансовых потоков; институциональные сектора; региональная система.

На сегодняшний день проблеме формирования стратегий социально-экономического и финансового развития территориальных систем различного уровня уделяется огромное внимание со стороны научных сообществ, органов государственной власти и местного самоуправления, бизнеса, жителей данных территориальных систем. Наряду со стратегиями регионов активно разрабатываются стратегии развития муниципалитетов. Большое внимание в последнее время уделяется формированию и финансовых стратегий территориальных систем. Уже наработаны теоретико-методологические и методические подходы к формированию данных стратегий и программ их реализации. Однако совершенно непроработанными остаются вопросы оценки реализации финансовых стратегий. Несмотря на достаточно большое количество исследований в данной области у научного сообщества до сих пор не сложилось единого методического подхода к оценке реализации финансовой стратегии развития территориальной системы. В научной литературе представлены на данный момент два методических подхода к оценке реализации стратегии: экспертный и статистический. Рассмотрим особенности данных подходов, их преимущества и недостатки.

Представители ***первого методического подхода*** (О. В. Берданова, В. М. Вакуленко, В. В. Тертичка и др. [1]) предлагают оценивать реализацию стратегии территориального развития с помощью методов экспертных оценок. Данный методический подход сводится к балльной оценке достигнутых результатов развития территориальной системы в рамках реализации стратегических проектов и программ. Такой подход требует значительных затрат на проведение оценки, поскольку для ее осуществления привлекаются эксперты в данной области. К тому же получаемые в результате использования данного метода оценки являются достаточно субъективными, так как привлекаемые к такой работе эксперты должны обладать должной квалификацией, знаниями процессов, протекающих на территории, должны уметь правильно расставлять приоритеты ее социально-экономического и финансового развития. Экспертные оценки является неизбежно субъективными, поэтому не дают точной оценки реализации стратегии развития территориальной системы.

Представители ***второго методического подхода*** (О. А. Карлова, В. В. Зиновчук, Н. В. Зиновчук, О. В. Скидан и др.) предлагают проводить оценку реализации стратегий территориального развития через степень достижения стратегических целей, что, в свою очередь, определяется с помощью критериев управления территорией [2]. Для измерения результатов реализации стратегии они используют следующие инструменты:

– базовые секторальные индикаторы (индикаторы уровня экономического развития, индикаторы уровня социального развития, индикаторы уровня экологической безопасности);

– индикаторы межсекторального развития;

– интегральные индикаторы качества жизни;

– дополнительные показатели и дополнительные качественные характеристики [3].

Преимуществом данного подхода является исследование реально достигнутых результатов стратегического развития территории, возможность сравнения различных территориальных

систем, реализующих стратегию на основе официально публикуемой статистической информации. Однако оценка стратегии, основанная только на показателях результативности, получается недостаточно полной из-за практики сбора неточных, а зачастую недостоверных статистических данных органами Госкомстата. Необходимо также отметить и тот факт, что не всегда анализируемые в рамках оценки реализации стратегии индикаторы социально-экономического и финансового развития территории достигаются в результате реализации стратегических программ и проектов. Достигнутые результаты территориального развития могут быть обусловлены и проводимой социально-экономической и финансовой политикой государства, результатами развития хозяйствующих субъектов на территории и др. Поэтому при оценке реализации стратегии территориальных систем при таком подходе необходимо выявлять, каким образом реализуемые программы и проекты оказали влияние на достигнутые результаты, что представляет собой достаточно сложную задачу.

Отдельные авторы в рамках данного подхода при оценке реализации стратегии рассматривают вопросы оценки результативности стратегического управления. В данной области известны работы С. А. Глазьева, Б. С. Жихаревича, С. Н. Юрковой, В. Е. Рохчина, В. Б. Зотова, М. В. Васильевой, Е. Л. Чеклауковой, О. В. Середы и др. В качестве одного из главных критериев результативности стратегического управления ими рассматривается экономичность работы аппарата управления, реализующего стратегию. В частности, О. В. Середа отмечает важность проведения комплексной оценки эффективности стратегического управления развитием территориальной системы, а для этого необходимо, по мнению автора, исследование затрат на стратегическое управление [4].

При оценке реализации стратегий развития территориальных систем многими исследователями делались попытки объединения двух представленных методических подходов. В частности, для комплексного исследования стратегий развития российских городов МЦСЭИ «Леонтьевский центр» (Б. С. Жихаревичем, Н. Б. Жунда, И. А. Корелиной, Л. Э. Лимоновым, О. В. Русецкой) и Институтом экономики города (Г. Ю. Ветровым, Д. В. Визгаловым, Д. В. Шаниным, Н. И. Шеверовым) была использована методика на основе методов статистического анализа и экспертной оценки. Основным преимуществом данной методики является ее комплексность. В методике учитывается множество факторов, оказывающих влияние на финансовое и социально-экономическое развитие территориальной системы. При этом исследовались только «наиболее общие для территорий параметры. Она не предусматривала более детального и глубокого анализа, насколько реализация стратегического плана повлияла на уровень финансового и социально-экономического развития территории и уровень жизни населения, предполагалось, что данный информационный анализ должен проводиться согласно системе индикаторов, определенной в каждом отдельно взятом стратегическом плане» [5]. К тому же в данной методике делался упор на экспертную оценку по исследуемым индикаторам, в результате чего оценка результатов реализации стратегии носит весьма субъективный характер.

Для получения объективных результатов оценки реализации стратегии необходимо, по мнению автора, выполнять анализ статистических показателей и использовать экономико-математический инструментарий, в частности корреляционный анализ и множественный регрессионный анализ по методу наименьших квадратов. Данный инструмент позволит оценить именно те результаты, что обусловлены реализацией стратегических программ и проектов.

Автор разделяет взгляды ученых о необходимости определения результативности стратегического управления при оценке реализации стратегии территориального развития и считает, что оценка эффективности принимаемых решений, а также оценка последствий социально-экономического и финансового развития территориальной системы должны быть просчитаны органами власти еще до утверждения стратегического плана. Поэтому предлагаемый методический подход заключается в выявлении с помощью методов экономико-математического моделирования зависимостей между параметрами финансового и социально-экономического развития территории и управляющими воздействиями органов власти в рамках стратегических программ и проектов. Установленные взаимосвязи, а также их направление (положительное или отрицательное) позволят делать вывод об эффективности принятых управленческих решений органами власти и намечать ряд дальнейших мероприятий по реализации стратегии.

Необходимо также при оценке реализации финансовых стратегий территориального развития использовать прежде всего балансовые методы (методы межотраслевого баланса, методы формирования матрицы движения финансовых потоков и т. д.). Они позволяют выявить тенденции ослабления финансовой устойчивости территориальных систем различного уровня, обострения диспропорций распределения финансовых потоков между институциональными секторами, сопровождающиеся массовым вывозом капитала за рубеж, снижением поступлений налоговых платежей в бюджеты разных уровней, нарастанием просроченной задолженности юридических и физических лиц, снижением объемов инвестиций для реализации важнейших государственных проектов и социальных программ и т. д.

Выявленные в результате использования такого подхода к оценке реализации финансовой стратегии диспропорции помогут выработать механизмы их регулирования, своевременного принятия управленческих решений по доработке стратегических программ и проектов. Формирование балансовых моделей при оценке финансовых стратегий развития территорий позволит анализировать взаимосвязи различных институциональных секторов, выявлять сдвиги и диспропорции в их развитии, а также определять возможные механизмы их сглаживания. Главное преимущество такого метода состоит в возможности оценки последствий управляющих воздействий федерального и регионального правительств по стабилизации социально-экономических процессов [6].

В соответствии с предлагаемым методическим подходом к оценке реализации финансовой стратегии **алгоритм формирования балансовой модели** – матрицы финансовых потоков между институциональными секторами в территориальной системе – включает следующие этапы:

1. ***Сбор статистических данных оборотной ведомости по счетам бухгалтерского учета по форме 101*** кредитных учреждений, зарегистрированных на территории региона. Как показали ранние исследования [7, 8], наиболее оптимальным подходом к формированию матрицы движения финансовых потоков является подход «снизу», при котором на основе систематизации и обработки первичной информации бухгалтерского учета, отражающей взаимодействия кредитных учреждений с другими институциональными секторами (финансовыми и нефинансовыми корпорациями, государственным управлением, домашними хозяйствами и остальным миром) формируется равновесная модель движения финансовых потоков между секторами, которая в дальнейшем позволит выявить диспропорции движения финансовых потоков.

2. ***Систематизация собранных данных по активам и пассивам (обязательствам) институциональных секторов и по исследуемым направлениям движения финансовых потоков***:

– монетное золото и драгоценные металлы;

– наличная валюта;

– краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные депозиты;

– акции и другие формы участия в капитале;

– долговые ценные бумаги (облигации, векселя, права требований); кредитование различных институциональных секторов, в том числе зарубежных;

– производные финансовые инструменты; дебиторская и кредиторская задолженность, в том числе просроченная;

– различные хозяйственные операции по управлению имуществом, материалами, запасами и т. д. (рис. 1, 2).

Даже формируемая статистическая база данных по методологии Системы национальных счетов, которая используется ис-

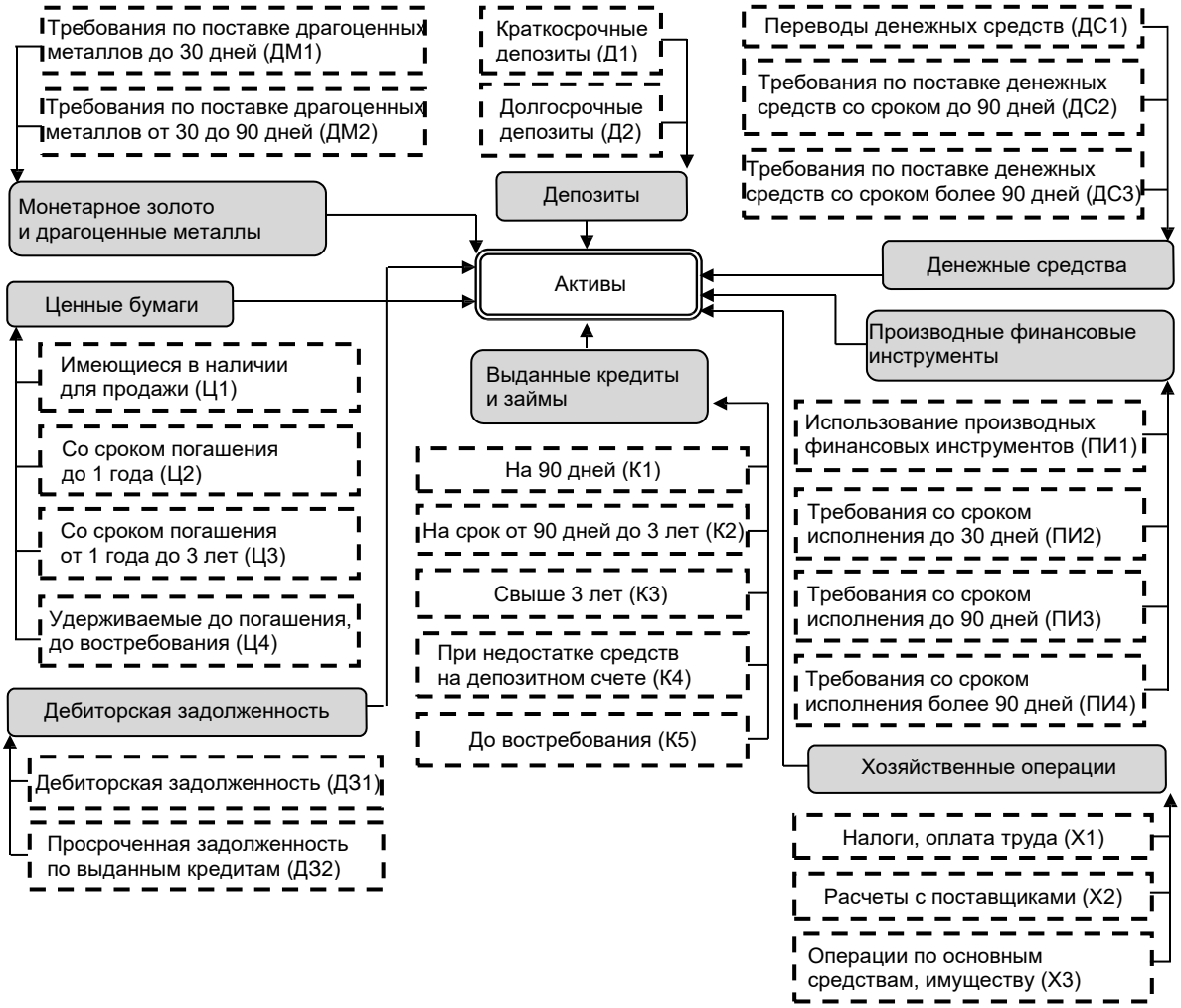


Рисунок 1. Структура финансовых активов институционального сектора.

следователями для анализа развития данных институциональных секторов, не позволяет оценить итоги их финансового развития из-за непроработанного в методологии СНС финансового счета, характеризующего движение финансовых потоков между секторами. Необходимость исследования финансового развития институциональных секторов территориальной системы обусловлена прежде всего тем, что данные секторы тесно взаимосвязаны друг с другом и угроза потери финансовой устойчивости одного сектора может привести к финансовому кризису других. Именно поэтому при оценке реализации финансовых стратегий территориальных систем должна исследоваться сбалансированность развития каждого сектора. Представленный методический подход, в основу которого заложено формирование балансовой модели (матрицы) движения финансовых потоков между институциональными секторами, позволяет не только анализировать сбалансированность данных секторов, но и выявлять негативные тенденции их финансового развития в результате реализации финансовой стратегии.

Согласно формируемой матрице движения финансовых потоков, изменения финансовых активов одного сектора приводят к пропорциональному изменению активов других секторов в рамках инструмента, по которому происходит движение финансовых потоков. Так, отрицательные значения в движении финансовых активов по сектору означают отток денежных средств по данному институциональному сектору, связанный с приобретением финансовых активов других секторов. Приток же средств по финансовым обязательствам по сектору означает, с одной стороны, приток денежных средств данному сектору, а с другой – рост его обязательств перед другими секторами. В результате такого представления матрицы движения финансовых потоков на территории вскрываются основные проблемы финансового развития институциональных секторов, которые были скрыты при простом статистическом анализе динамики финансово-экономических показателей развития территориальной системы.

3. ***Выявление взаимосвязей между институциональными секторами, участвующими в распределении финансовых потоков на территории*** с использованием методов вероятностно-статистического, эконометрического моделирования. Предполагаемым результатом данного этапа должно стать формирование системы взаимосвязанных уравнений, отражающих особенности распределения финансовых потоков по каждому финансовому активу и обязательству между финансовыми учреждениями региона и другими его институциональными секторами.

В результате регрессионного анализа с использованием метода наименьших квадратов должна сформироваться многоуровневая иерархическая модель движения финансовых потоков с установленными причинно-следственными взаимосвязями между секторами, изменение которых станет основой для выявления необходимых доработок стратегических программ и проектов финансовой стратегии.

4. ***Исследование реализованных стратегических проектов и программ финансового развития территориальной системы***, анализ затраченных на реализацию стратегических проектов и программ финансовых ресурсов, анализ достигнутых результатов, индикаторов выполнения намеченных стратегией планов.

5. ***Формирование экономико-математической модели***, описывающей взаимосвязь затраченных на реализацию стратегии финансовых ресурсов и сформированной в результате систе-

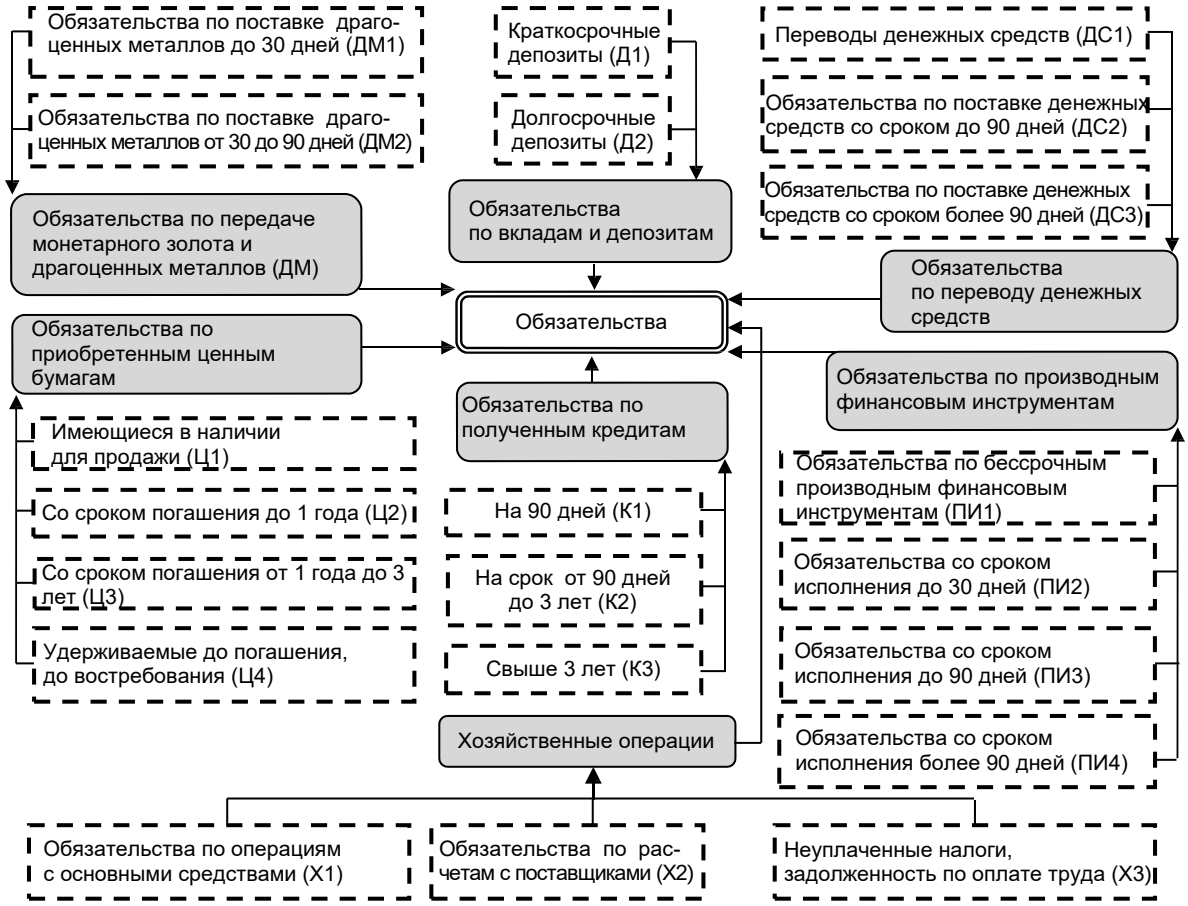


Рисунок 2. Структура обязательств институционального сектора.

мы распределения финансовых потоков между институциональными секторами.

6. ***Оценка точности и достоверности построенной модели, тестирование ее адекватности наблюдаемым тенденциям*** в процессах движения финансовых потоков между институциональными секторами на исследуемой территории. Предполагаемым результатом данного этапа должны стать корректировка разработанной экономико-математической модели и выявление связи между сформировавшейся системой распределения финансовых потоков и принятыми управленческими решениями по реализации финансовой стратегии [9, 10].

С помощью регрессионного анализа на данном этапе:

– исследуются управленческие воздействия по реализации стратегических программ, оказавшие наибольшее влияние на процессы движения финансовых потоков между институциональными секторами;

– отсекаются управленческие воздействия, оказавшие незначительное влияние;

– выявляются управленческие воздействия, которые привели к нежелательным последствиям при реализации финансовой стратегии. Это необходимо для дальнейшей корректировки стратегических проектов и программ реализации финансовой стратегии территориального развития и исключения данных управленческих решений.

7. ***Имитационное моделирование*** – прогнозирование возможных вариантов трансформации матрицы финансовых потоков между институциональными секторами на территории в результате предполагаемой корректировки принимаемых управленческих решений по корректировке реализуемых стратегических проектов и программ.

Предполагаемым результатом данного этапа должно стать формирование прогнозных сценариев перераспределения финансовых потоков между институциональными секторами в территориальной системе. Процедура имитационного моделирования заключается:

– в прогнозировании всевозможных изменений в движении финансовых потоков как внутри сектора, так и между секторами;

– в оценке последствий от данных изменений, предполагает формирование самых разнообразных сценариев возможной трансформации матрицы финансовых потоков и выявление основополагающих факторов, генерирующих такие изменения, т. е. управленческих решений по реализации стратегических проектов и программ.

В результате на данном этапе осуществляется не только оценка реализации финансовой стратегии территориальной системы, достижение ее основных параметров и индикаторов, но и определяются направления ее корректировки и, главное, оптимальные управленческие решения, способные более эффективно реализовать намеченные стратегией планы финансового развития территории.

В зарубежной литературе при оценке реализации стратегий любого хозяйствующего объекта, будь то территориальная система или предприятие, наибольшее внимание уделяется исследованию управляющих воздействий, которые оказывают влияние на ход реализации стратегии, а также многовариантному прогнозированию процессов реализации стратегии, которые часто реализовываются с помощью сценарного моделирования. Данный подход развивали Д. Медоуз, Й. Рандерс, Ф. Звиски, П. Вак, П. Шварц, Кис ван дер Хайден, Годэ, Хаукен, Огилви, К. Ч. Абт, Р. Н. Фостер и Р. Г. Ри, Т. Л. Саати, Д. Е. Белл, Меркхофер, Киней, А. Тверски, Д. Канеман, Д. Мерсе, Буржуа, Шумахер, М. Портер и др. Еще в 1980-х гг. представители Стенфордской школы – П. Вак, П. Шварц, Кис ван дер Хайден и др. – при разработке стратегий и их дальнейшей оценке рассматривали проектирование альтернативных вариантов развития ситуации в будущем, с учетом которых стало бы возможным принятие правильных и ответствен-

ных управленческих решений. Ими были предложены переменные, изменение которых оказывало бы влияние на реализацию стратегий («управляемые переменные») [11, 12].

Поиск оптимальных управленческих решений является важным результатом оценки реализации финансовой стратегии территориальной системы, поскольку позволяет наиболее эффективно скорректировать реализуемые стратегические программы и проекты и повысить сбалансированность финансового развития институциональных секторов на территории.

Таким образом, предложенный методический подход к оценке реализации финансовой стратегии территориальной системы позволяет глубже оценить результаты реализации финансовой стратегии территориальной системы, представить целиком картину движения финансовых ресурсов между институциональными секторами домашних хозяйств, финансовых и нефинансовых корпораций, сектором государственного управления и иностранных учреждений и в результате использования принципа балансового распределения финансовых потоков оценить угрозы развития данных секторов. Такой подход позволяет не только оценить финансовую стратегию территориальной системы, но и скорректировать реализуемые стратегические программы и проекты с учетом выявленных оптимальных управленческих решений.

Новизна предложенного методического подхода к оценке реализации финансовой стратегии развития территориальной системы заключается в возможности выявления потенциальных угроз потери финансовой устойчивости институциональными секторами экономики благодаря исследованию процессов движения финансовых потоков между ними, а также в возможности обоснованного формирования конкретных мероприятий по стабилизации финансового развития институциональных секторов и внесения корректировок в финансовую стратегию развития территориальной системы в результате использования экономико-математического инструментария при исследовании и прогнозировании процессов движения финансовых потоков. Предложенный подход позволит оценить диспропорции финансового развития институциональных секторов территориальной системы, спрогнозировать их дальнейшую динамику и выработать механизмы сглаживания выявленных проблем, корректировки финансовой стратегии территориального развития.

Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН на 2017–2019 гг., номер темы 0404-2015-0013 в ИСГЗ ФАНО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берданова О. В., Вакуленко В. М., Тертичка В. В. Стратегическое планирование. Киев: ПАУСИ, 2007. С. 72–73.
2. Карлова О. А. Формирование стратегии социально-экономического развития города. URL: http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/vestnik/Технічний прогрес та ефективність виробництва/2012/5/13karkov.pdf
3. Стратегия развития г. Житомир на период до 2020 г. (проект) / под ред. В. Зиновчука. Житомир: Фонд Заславского, 2010. 64 с.
4. Середа О. В. Исследование подходов к оценке стратегического управления развитием городов // Молодой ученый. 2013. № 2. С. 182–185.
5. Маковкина С. А. Методические подходы к оценке городского стратегического планирования // Муниципалитет: экономика и управление. 2012. № 2 (3). С. 39–47.
6. Татаркин Д. А., Сидорова Е. Н., Трынов А. В. Теория построения и перспективы использования балансовой модели финансовых потоков // Журнал экономической теории. 2015. № 3. С. 62–75.
7. Наумов И. В. Основные диспропорции движения финансовых потоков в региональных территориальных системах // Изв. УрГЭУ. 2016. № 5 (67). С. 29–39.
8. Наумов И. В. Теоретико-методологический подход к формированию матрицы финансовых потоков региональной территориальной системы // Журнал экономической теории. 2016. № 3. С. 171–188.
9. Кочкина Е. М., Радковская Е. В., Дроботун М. В. Многомерные статистические методы в исследовании показателей конкурентоспособности территории // Изв. УрГЭУ. 2016. № 2 (64). С. 87–98.
10. Радковская Е. В. Математические методы в современных экономических исследованиях // Вестник ЮГУ. 2015. № S2 (37). С. 37–40.
11. Peter Schwartz. The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World. URL: http://www.amazon.com/Peter Schwartz/e/B000APCEM2/ref=ntt_athr_dp_pel_1
12. Wack P. Scenarios: shooting the rapids // Harvard business review. 1985. № 63(5). P. 139–150.

REFERENCES

1. Berdanova O. V., Vakulenko V. M., Tertichka V. V. 2007, *Strategicheskoe planirovanie* [Strategic planning], Kiev, pp. 72–73.
2. Karlova O. A. *Formirovanie strategii social'no-ekonomicheskogo razvitiya goroda* [Formation of the strategy of social and economic development of the city]. Available at: http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/vestnik/Технічний прогрес та ефективність виробництва/2012/5/13karkov.pdf
3. Zinovchuk V. 2010, *Strategiya razvitiya goroda Zhitomir na period do 2020 g. (proekt)* [Strategy of development of the city of Zhitomir for the period until 2020 (draft)], Zhitomir, 64 p.
4. Sereda O. V. 2013, *Issledovanie podhodov k otsenke strategicheskogo upravleniya razvitiem gorodov* [Study of approaches to assessing the strategic management of urban development]. *Molodoy uchenyi* [Young Scientist], no. 2, pp. 182–185.
5. Makovkina S. A. 2012, *Metodicheskie podhody k otsenke gorodskogo strategicheskogo planirovaniya* [Methodical approaches to the evaluation of urban strategic planning]. *Municipalitet: ekonomika i upravlenie* [Municipality: economics and management], no. 2 (3), pp. 39–47.
6. Tatarkin D. A., Sidorova E. N., Trynov A. V. 2015, *Teoriya postroeniya i perspektivy ispol'zovaniya balansovoy modeli finansovykh potokov* [Theory of construction and prospects for using the balance model of financial flows]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii* [Russian Journal of Economic Theory], no. 3, pp. 62–75.
7. Naumov I. V. 2016, *Osnovnye disproporcii dvizhenija finansovyh potokov v regional'nyh territorial'nyh sistemah* [Main disproportions in the financial flows in regional territorial systems]. *Izv. UrGEU* [Journal of the Ural State University of Economics], no. 5(67), pp. 29–39.
8. Naumov I. V. 2016, *Teoretiko-metodologicheskiy podhod k formirovaniyu matritsy finansovykh potokov regional'noy territorial'noy sistemy* [Theoretical and methodological approach to the formation of the matrix of financial flows of the regional territorial system]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii* [Russian Journal of Economic Theory], no. 3, pp. 171–188.
9. Kochkina E. M., Radkovskaya E. V., Drobotun M. V. 2016, *Mnogomernye statisticheskie metody v issledovanii pokazateley konkurentosposobnosti territorii* [Multidimensional statistical methods in the study of competitiveness indicators of the territory]. *Izv. UrGEU* [Journal of the Ural State University of Economics], no. 2(64), pp. 87–98.
10. Radkovskaya E. V. 2015, *Matematicheskie metody v sovremennykh ekonomicheskikh issledovaniyah* [Mathematical methods in modern economic research]. *Vestnik YuGU* [Bulletin of Ugra State University], no. S2(37), pp. 37–40.
11. Peter Schwartz. The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World. Available at: http://www.amazon.com/Peter Schwartz/e/B000APCEM2/ref=ntt_athr_dp_pel_1
12. Wack P. 1985, Scenarios: shooting the rapids. Harvard business review, no. 63(5), pp. 139–150.

Илья Викторович Наумов,
Ilia_naumov@list.ru
Институт экономики УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29

Il'ya Viktorovich Naumov,
Ilia_naumov@list.ru
Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS
Ekaterinburg, Russia

УДК 338.2:502 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-85-92

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В НАПРАВЛЕНИЯХ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

М. С. Кубарев

Рассматривается этапность во взаимоотношениях человека (общества) и природы с позиции формирования направлений природопользования. Предлагается выделение пяти этапов. Для каждого этапа обосновываются тип (модель) развития экономики, характер взаимодействия человека (общества) и природы, институциональное обеспечение и направление природопользования. На первом этапе (древнекаменный век) имеет место нравственное отношение человека к природе, ее обожествление, гармонизация взаимоотношений, наличие одного направления – ресурсопотребления. На втором этапе человек выделяется из мира естественной природы, антропогенное воздействие возрастает, появляются отдельные ограничительные меры по защите фауны и флоры, ресурсопотребление и ресурсопользование дополняются отдельными фактами защиты природных ресурсов. На третьем этапе наблюдается функционирование фронтальной экономики, человек считает себя творцом природы, появляются первые природоохранные акты по заповедованию. Использование природных ресурсов дополняется расширением сферы защиты природных ресурсов и возобновления. На четвертом этапе фронтальная экономика сменяется природоохранной моделью экономики. Человек продолжает покорять природу, считая ее кладовой природных ресурсов, создаются специальные органы управления, активизируется законотворческая деятельность, расширяется финансирование и выполнение научных исследований. В числе направлений природопользования – использование природных ресурсов, преобразование, возобновление (восстановление), охрана природы, в том числе заповедование. На пятом этапе реализуется переход на модель устойчивого развития, объектом управления становится эколого-экономическая система, человечество осознает значимость природы, (механизма биотической регуляции), необходимости биосферосовместимости, развития институционального обеспечения. Самостоятельную роль начинает играть заповедование.

Ключевые слова: этапы; взаимодействие; человек (общество); природа; направления природопользования.

Модель взаимодействия человеческого общества и природы была и остается предметом многочисленных исследований как со стороны географов, экологов, ландшафтоведов, так и со стороны экономистов, социологов, философов. Подобный подход к предмету исследования объясняется тем, что изучению подлежат не только естественные свойства и генезис природной среды, но и социально-экономические аспекты ее использования, при этом признак этапности изменения взаимодействий чаще всего определяется целевой направленностью исследования.

Автор рассматривает этапность взаимодействия в системе *общество–природа* с позиции формирования направлений природопользования. Обобщение и анализ имеющегося наследия исторической периодизации позволяют использовать комплексный подход к выделению этапов, учитывающий как естественнонаучные, так и социально-экономические тенденции (таблица).

Первый этап связан с появлением первобытного предка человека (около 4,5 млн лет назад), формированием первобытнообщинного строя, для которого характерна гармония во взаимодействиях в системе *природа–общество*. Древнейшим представителям человеческой популяции был присущ присваивающий характер деятельности: рыбалка, охота, собирательство. Культовая система того периода предусматривала одухотворение сил природы (гром, тучи, солнце и т. д.), обожествление и поклонение ей. Нравственно-эстетическое понимание сущности природы не позволяло нарушить ее целостность. Цель использования природных ресурсов в условиях древнекаменного века – удовлетворение первичных жизненных потребностей. Имеет место ресурсопотребление (собирательство, охота и рыболовство) с элементами естественного воспроизводства природных ресурсов.

Развитие скотоводства и земледелия началось 7 тыс. лет назад. Данный этап как этап сельскохозяйственной цивилизации представлял собой переход от «присваивающего» хозяйства к «производящему». Для данного этапа (новокаменный век–неолит) основным продолжает оставаться природный фактор, а главной формой взаимодействия общества с природой – пользование земельными ресурсами. Сельскохозяйственная революция неолита рассматривается исследователями и как социальная революция, изменившая взгляды человека на мир, что позволило ему считать себя независимым от природы, освобожденным от преклонения перед ней. Именно с неолита начинается процесс разрушения биосферы, продолжающийся до настоящего времени.

Для периода 4,5–1,5 тыс. лет назад характерно появление рабовладельческих государств и определенная деградация принципов использования природных ресурсов в силу «утраты общинных начал в ведении хозяйства» [1] Природа, которая еще недавно была предметом обожествления, теряет эти свойства. Философские учения проповедуют рационалистический подход к природе, что предполагает рассмотрение последней в качестве источника эксплуатации и обогащения при наличии соответствующих прав собственности. Переход человека на новые отношения с природой, когда он стал чувствовать себя хозяином и рассматривать природу как неисчерпаемый источник ресурсов, продолжается. Общество стало развиваться быстрее природы в силу развития производительных сил.

В результате поступательного развития общество вступило в противоречие с природой (расширились масштабы пустынь, площади выжигания растительности и т. д). Как считает ряд исследователей, результатом этих противоречий явилась гибель шумерской цивилизации, цивилизации майи, жителей островов Пасхи [2]. Основным направлением природопользования является ресурсопользование без изъятия из природной среды (земледелие), помимо этого имеет место ресурсопотребление (использование природных ресурсов с изъятием их из природной среды) и отдельные случаи – защиты некоторых видов биологических ресурсов.

Увеличение численности населения, вырубка лесов, развитие ремесел и т. д. продолжается и в эпоху феодализма. Начинается применение простых машин, растет антропогенное воздействие на окружающую среду. Правда, учитывая, что биосфера справляется с последствиями этого воздействия, кризисные ситуации не носят глобального характера. Следует отметить также, что феодализм не принес особо сильных разрушений природе, так как владея землей, феодалы стремились передать ее наследникам, что требовало сохранности земельных владений и их качества. Именно этот период исследователи связывают с переходом к осознанному подходу в защите природной среды. Об этом свидетельствует регламентация ответственности в ряде документов за «недостаточное отношение к землям, лесам, диким животным» [3]. О необходимости рационального отношения к природе повествуют и правила поведения «Домостроя» (XV–XVI вв.). Существенная роль в развитии государственной охраны природы этого периода принадлежит Петру I. Им были изданы указы об охране рек от загрязнения, о сохранении водоохранных зон вдоль рек, об укреплении берегов, регламентации охоты и рыболовства, охране и посадке лесов, создании «аптекарских огородов», садов и парков в Москве и Петербурге [4]. Таким образом, помимо традиционного для природопользования направления – использования природных ресурсов – для этого периода характерно расширение сферы защиты природной среды, а также возобновления природных ресурсов в виде организации лесопосадок, создания парков и садов.

С развитием эпохи капитализма технические возможности человека резко возрастают, покорение природы начинает осуществляться с использованием сил пара, двигателей внутреннего сгорания, электричества, формируется господствующий взгляд на природу, которая воспринимается как источник сырья и не более. Подобному отношению к природе способствовала

Эволюционные изменения в направлениях природопользования.

Этап	Уровень развития производительных сил	Тип (модель) развития экономики	Взаимодействие человека (общества) с природой	Институциональное обеспечение	Направления природопользования
1	Древнекаменный век, присваивающий тип хозяйства	Доаграрная экономика	Нравственное отношение к природе, ее обожествление	–	Ресурсопотребление
2	Новокаменный век (неолит), переход к производящему типу хозяйствования. Развитие земледелия, скотоводства, постепенное нарастание антропогенного воздействия	Аграрная экономика	Выделение человека из мира естественной природы. Создание новой идеологии, в которой боги стали похожи на людей, переход к единому богу	Отдельные ограничительные меры по защите фауны и флоры	Ресурсопотребление и ресурсопользование, отдельные факты защиты природных ресурсов
3	Переход к машинному производству. Рост объема используемых ПР, нарастание загрязнений и истощения ПР, локальные экологически кризисные ситуации Зарождение капиталистических отношений, завоевание и заселение новых земель	Аграрная экономика, переход к фронтальной экономике Фронтальная (ковбойская) экономика	Идеология господства человека над природой, человечество считает себя творцом «рая на земле»	Первые природоохранные акты по заповедованию на Руси XI–XIII вв. и в Европе, в середине XVI в. первые заповедники в Западной Европе	Использование ПР, расширение сферы защиты природных ресурсов и возобновления ПР
4	Развитие капитализма, растущие потребности в минеральных ресурсах, преобразовании ПР в целях улучшения их качественных характеристик, опора на машинную технику Формирование природоохранной отрасли хозяйствования, возникновение промышленных густонаселенных районов Локальные и региональные экологические кризисные ситуации	Фронтальная экономика, переход к природоохранной экономике Природоохранная экономика	Восприятие природы как кладовой ресурсов для человека. Человек – покоритель природы, который «не ждет милостей от природы»	Создание государственных органов управления природоохранной деятельностью, активизация законотворческой деятельности (экологическое право), специальное финансирование, научные исследования по природоохранной тематике, новые инструменты государственного управления	Использование ПР, возобновление (восстановление) ПР, преобразование ПР, охрана природы (охрана ПР и природных условий), в том числе заповедование
5	Эпоха научно-технического прогресса, огромные технологические достижения. Гигантские масштабы, воздействия на окружающую среду, угрозы глобального экологического кризиса, рост населения и отток его в города, растущие потребности, постепенный переход к постиндустриальной экономике, противоречие между природной и социально-экономической системой, неконтролируемое разрушение биосферы. Признание необходимости смены модели мирового развития и предпринимаемые усилия по обеспечению гармонизации взаимодействия природы и общества	Природоохранная экономика, переход к эколого-экономической модели устойчивого развития Эколого-экономическая модель устойчивого развития	Индустриальный модернизм, составной частью которого является антропоцентризм. Человек господствует на земле, считая, что он устанавливает законы и может управлять биосферой. Переход к признанию человечеством необходимости изучения законов биосферы и осуществления антропогенной деятельности в пределах биосферного (энергетического) коридора. Осознание значимости механизма биотической регуляции, значимости природы и ее первоосновы в жизни человека	Развитие сети органов управления природоохранной деятельностью, развитие экономического механизма управления, совершенствование экологического права, создание специальных институтов финансирования, широкое развитие международного сотрудничества (договоры, стандарты, программы и т. д.)	Использование ПР, возобновление (восстановление) ПР, преобразование ПР, охрана природы, заповедование

идеология модернизма, начало которой было положено в XVII в. – трактат «Новый Органон» (1620) Данная идеология провозглашала господство человека над природой и предполагала необходимость исследования природных процессов с целью увеличения этой власти человека над природой. В рамках идеологии модернизма человек ставит своей целью покорение природы, которая воспринимается как неисчерпаемая кладовая природных ресурсов.

Экологическая ниша человека все в большей степени определяется социальными, а не биологическими критериями, что приводит к нарушению экосистемных законов в процессе его деятельности, ориентированной на подчинение природы своим интересам. В результате наблюдается все большее отчуждение его от природы. Оставаясь компонентом биосферы Земли, человек в своих действиях игнорирует законы природы, забывая о том, что «человеческое общество может жить лишь при условии своего подчинения общим законам материального мира природы … и что как часть природы общество всегда будет подчинено ее законам» [4].

Для рассматриваемого технологического уклада характерен экстенсивный подход к природопользованию без какого-либо учета экологических ограничений. Однако предел воздействия на природу, превышение которого провоцирует деградацию окружающей среды, существует, и согласно исследованиям российских и зарубежных ученых, он превышен человечеством еще на рубеже XIX–XX вв., что и спровоцировало появление не только локальных, но и региональных экологических кризисных ситуаций [5].

Первыми ощутили на себе последствия изменений природной среды развитые страны в 1950–1960 гг. Антропогенные преобразования растительного покрова охватили не менее 55 млн км^2 суши, из них на долю вырубленных лесов приходилось около 40 млн км^2 . Так, в Японии к началу 1970-х гг. по сравнению с 1950-ми гг. концентрация оксидов азота увеличилась в 28 раз, оксидов серы – в 6,6 раза, вода в обследованных водоемах превысила экологический стандарт на 38,3 %. Площадь естественных лесов за десятилетие (1970–1980 гг.) сократилась на 10,2 % и т. д. [6] В России после установления капиталистических отношений (после реформы 1861 г.) резко сократились площади лесов, усилились процессы эрозии, усилилась опасность наводнений, исчезли многие представители дикой фауны и т. д. В Испании, территория которой ранее была сплошь покрыта лесом, леса сохранились на 1/8 территории. В США к середине XX в. из 170 млн га леса осталось всего 5–6 % [7].

В почвах и растениях происходит постоянное накопление химических элементов и их соединений. Изменения состояния окружающей среды способствовали росту онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний. В течение первой половины XX в. в США смертность от рака возросла на 87 %, от сердечно-сосудистых заболеваний – на 211,5 %. Смоги в Англии, отравления в Японии – все это в целом свидетельствует об ответной реакции измененной природной среды на человека (общество). В Токио в обследованных районах 35 % жителей страдали от тяжелых легочных заболеваний, обусловленных в основном загрязнениями воздуха [8]. Осознание проблемности момента подстегнуло развитие деятельности в области охраны окружающей среды и заставило изменить отношение к природопользованию. Во всех странах в середине XX в. появляются государственные органы по охране окружающей среды, организуется всеобъемлющая система учета состояния окружающей среды, расширяется международное сотрудничество в этой сфере.

Признание необходимости охраны природы [9], о чем свидетельствуют многочисленные публикации по этой проблеме, освещающие положительный опыт охраны воды, почвы, лесных ресурсов, дикой фауны и др., привело к тому, что отдельные исследователи стали придавать понятию «охрана природы» всеобъемлющее значение, т. е. она почти отождествляется с природопользованием. Однако именно благодаря осуществлению природопользования возникают изменения в природной среде и появляется потребность в природоохранной деятельности, т. е. охрана природы должна рассматриваться в качестве одного из направлений природопользования, ибо использование природных ресурсов должно непременно учитывать возможное преобразование природной среды и предотвращать отрицательные воздействия, т. е. предусматривать меры по охране природных ресурсов и природных условий. Подобной точки зрения придерживается на сегодня большинство исследователей. Выделившись в отдельную научно-практическую отрасль деятельности в 1970–1980 гг. охрана природы, в результате стала обязательной, взаимодополняющей «использование природных ресурсов».

Масштабность и значимость деятельности по охране природы предопределили выделение двух самостоятельных направлений природопользования. Первое из них – это возобновление использованных и восстановление разрушенных (загрязненных) природных ресурсов. Второе – сохранение природной среды, которое в научной литературе получило название охраны природных ресурсов и природных условий или охраны окружающей среды, в том числе заповедование. Для этого периода характерно также признание самостоятельности направления природопользования, определяемого как преобразование, направленное на более эффективное и масштабное использование природных ресурсов за счет активного вмешательства в природные процессы на основе достижений научно-технического прогресса. В сферу природопользования включаются также такие направления деятельности, как изучение, разведка, извлечение и первичная переработка природных ресурсов [10].

Ощущение надвигающейся беды в силу противостояния природы и общества, которое привело к обратной реакции природы и поставило под угрозу условия жизнедеятельности человека, потребовало изменений в социально-экономической ситуации, изменений во взаимодействиях человека и природы. Стало ясно, что предпринимаемые меры по охране природы не изменили положения дел. Потребление продолжало расти, природа продолжала разрушаться. Развитие человечества подошло к точке бифуркации, когда продолжение взаимодействия общества и природы по прежнему сценарию может привести к гибели человечества как экологического вида.

Поворотным пунктом явилась конференция в Рио-де-Жанейро (1992), на которой мировое сообщество было призвано к переходу на модель устойчивого развития. Принятая на конференции декларация Рио предусматривала разрешение экологического и социального конфликта для жизни нынешнего и будущего поколений. Для этого общество в своем развитии должно придерживаться следующих основных принципов:

– скорость восстановления возобновимых ресурсов должна быть не ниже скорости их потребления;

– потребление невозобновимых ресурсов не должно превышать скорости отыскания их замены;

– интенсивность выбросов загрязняющих веществ не должна превышать скорости их разложения или ассимиляции природной среды [11].

Все представители стран одобрили концепцию перехода мирового сообщества к устойчивому развитию, в том числе и Россия. Великобритания разработала стратегию устойчивого развития к 1994 г., США – к 1996 г., в Австралии национальная стратегия по экологически устойчивому развитию была разработана еще в 1992 г., в Нидерландах в 1992 г. был разработан «План действий – устойчивые Нидерланды», в России – Концепция перехода РФ к устойчивому развитию (1996). В ряде стран принимались специальные законы, создавались национальные комиссии по устойчивому развитию, проводились международные конференции по ряду вопросов мирового развития. Направления природопользования остались прежними, но изменилась их приоритетность. Усилилась значимость возобновления (восстановления) использованных, нарушенных и загрязненных природных ресурсов, а также природоохранных мер по ликвидации и предотвращению отрицательных последствий. При использовании природных ресурсов усилилась необходимость в установлении ограничений, обусловленных законами биосферы. Казалось бы, что человечество задумалось о будущем, однако в действительности изменений не произошло. Воздействие на природу продолжило возрастать, последствия антропогенного воздействия становились все более угрожающими. С учетом роста народонаселения и прежней культуры потребления положительных сдвигов в ближайшем будущем ожидать не приходится. И все же идеология устойчивого развития по-прежнему остается принятой мировым сообществом и считается способной гармонизировать взаимодействие человека (общества) и природы.

В современных условиях получает все большее развитие концепция биотической регуляции [12], реализуемая в рамках экологически устойчивого развития. Воздействие человека на природу в этом случае ограничивается пределами энергетического (биосферного) коридора, соблюдение которого позволяет сохранять естественные экосистемы в состоянии, требуемом для поддержания устойчивости окружающей среды. Вполне естественным в этой ситуации является ориентация на сокращение потребления и расширение фронта работ по восстановлению нарушенной биосферы. За последние годы стало понятно, что благополучие человечества зависит от стабильности биосферы, сохранения многочисленности видов в живой природе и сохранения паритетности между ними. Устойчивое существование жизни на Земле предполагает поддержание биотой всех характеристик биосферы, сформированных самой биотой. Необходимым условием такого поддержания является «сохранение ненарушенных естественных структур биоты на пространствах глобального масштаба» [13]. Исполнение указанного условия требует увеличения площади особо охраняемых территорий, усиления значимости охраны дикой природы (заповедования)

[14–16] и выделения его в самостоятельное направление природопользования. Реализация рассматриваемого сценария должна осуществляться как можно быстрее, так как на сегодня потребление человеком чистой первичной продукции биосферы достигло 10 % при норме в 1 %. Таким образом, в современных условиях в числе направлений природопользования выделяются: использование природных ресурсов, возобновление использованных и восстановление загрязненных и нарушенных, преобразование природных ресурсов, охрана природных ресурсов и условий (охрана окружающей среды), заповедование. Приоритетная роль в реализации принадлежит направлениям: возобновлению (восстановлению), природоохранным мерам по охране природы и заповедованию. Детализированное определение природопользования приобретает следующий вид: природопользование – это процесс взаимодействия природы и общества, предполагающий использование природных ресурсов в целях удовлетворения материальных потребностей и духовных запросов человека (общества), а также сохранение природы за счет предпринимаемых мер по снижению антропогенного воздействия и повышению устойчивости природы к этим воздействиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куражсковский Ю.Н. Основы природопользования. М.: Мысль, 1969. 264 с.
2. Браун Л. Экоэкономика: как создать экономику, сберегающую планету: пер. с англ. М.: Весь мир, 2003. 392 с.
3. Региональная экономика. Природно-ресурсные и экологические основы / под ред. В. Г. Глушковой, Ю. А. Самагина. М.: КНОРУС, 2012. 320 с.
4. Анучин В. А. Основы природопользования: теоретический аспект. М.: Мысль, 1978. 290 с.
5. Горшков В. Г., Котляков В. М., Лось К. С. Экономический рост, состояние окружающей среды, богатство, бедность // Изв. РАН. 1994. № 1. С. 3–7.
6. Тимонина И. Л. Япония: экономика и окружающая среда. М.: Наука, 1988. 152 с.
7. Дорст Ж. До того, как умрет природа. М.: Прогресс, 1968. 416 с.
8. Davis D. Far Eastern Economic Review, 22 Jan. 1972.
9. Миланова Е. В., Рябчиков А. М. Использование природных ресурсов и охрана природы. М.: Высш. школа, 1986. 280 с.
10. Дежкин В. В. Концептуальные и методические основы восстановления и развития биологического природопользования в сельской России. М.: Изд-во МНЭПУ, 2002. 186 с.
11. Гальперин М. В. Экологические основы природопользования. М.: ИД «Форум», ИНФРА-М, 2012. 256 с.
12. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М., 1995. 467 с.
13. Лосев К. С. Мифы и заблуждения в экологии. М.: Научный мир, 2011. 224 с.
14. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.
15. Марфенин Н. Н. Устойчивое развитие человечества. М.: Изд-во МГУ, 2006. 624 с.
16. Логинов В. Г., Игнатьева М. Н., Душин А. В., Полянская И. Г. Социоэкосистемный подход как отражение специфики освоения арктических территорий // Изв. УГГУ. 2015. № 4. С. 99–102.

Михаил Сергеевич Кубарев
kubarev.mc@mail.ru
Уральский государственный экономический университет
Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

УДК 338.2:502 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-85-92

Evolutionary changes in the directions of nature management

M. S. Kubarev

This article considers the stages in the relationship between a person (society) and nature from the position of forming directions of nature management. The author proposes to distinguish five stages. For each stage, the author justifies the type (model) of economic development, the nature of person (society) and nature interaction, institutional support and direction of nature management. At the first stage (the Old Stone Age), a person's moral attitude to nature, its deification, harmonization of relationships, the presence of only direction - resource consumption, takes place. At the second stage, a person separates himself from the natural world, the anthropogenic impact increases, certain restrictive measures for protecting fauna and flora appear, and separate facts of protection of natural resources supplement resource consumption and resource management. At the third stage, frontal economy starts functioning, the person considers himself the creator of nature, and the first environmental acts on reserving appear. The use of natural resources is complemented with the expansion of the protection of natural resources and their renewal. At the fourth stage, the environmental model of the economy replaces the frontal economy. The human continues to conquer nature, considering it a natural resources storehouse, special management apparatus appears, law-making activities stir up, financing and performing scientific research expand widely. Among the directions of nature management are the use of natural resources, transformation, renewal (restoration), nature protection, including reserving. The fifth stage includes implementation of the transition to a model of sustainable development, the environmental and economic system becomes the object of management, and humanity becomes aware of the importance of nature, (the mechanism of biotic regulation), the need for biosphere compatibility, and the development of institutional provision. The reserving begins to play an independent role.

Keywords: stages; interaction; person (society); nature; directions of nature management.

The model of interaction between human society and nature has been and remains the subject of numerous studies conducted both by geographers, ecologists, landscape scientists, and by economists, social scientists, philosophers. One can explain such an approach to the subject of research by the fact that not only the natural properties and genesis of the natural environment are subject of study, but also the socio-economic aspects of its use, while the determination of a staging feature in interaction changes mostly depends on the objective direction of the study.

The author considers the interaction staging in the system «society–nature» from the position of forming directions of nature management. The generalization and analysis of the existing legacy of historical periodization makes it possible to use an integrated approach to the separation of stages, taking into account both the natural-scientific and socio-economic trends (Table).

The first stage relates to the appearance of the primitive human ancestor (about 4.5 million years ago), the formation of the primitive communal system that has a characteristic harmony in interactions in the «nature - society» system. The most ancient representatives of the human population inherited appropriating activity type: fishing, hunting, and gathering. The cult system of that period provided for the spiritualization of the forces of nature (thunder, clouds, sun, etc.), is deification and worship, moral and aesthetic understanding of the essence of nature did not allow violating its integrity. The purpose of using natural resources in the conditions of the Old Stone Age is the satisfaction of primary vital needs. A resource consumption (gathering, hunting and fishing) takes place along with elements of natural reproduction of natural resources.

The development of cattle breeding and farming refers to the period of 7 thousand years ago. This stage, as a stage of agricultural civilization, represented a transition from the «appropriating» to the «producing» economy. For this stage (New Stone Age – Neolithic), the natural factor continues to be the main one. The main form of interaction between society and nature is the use of land resources. Researchers consider the Neolithic agricultural revolution also as a social revolution that changed person's view on the world, what allowed him to consider himself independent of nature, free from worshiping it. The process of destruction of the biosphere begins from the Neolithic age and continues to the present day.

For the period of 4,5-1,5 thousand years ago, the appearance of slave-owning countries and a certain degradation of principles of use of the natural resources are characteristic due to the «loss of communal principles in the economy management» [1, p.25] Nature, which until recently was an object of deification, loses these properties. Philosophical teachings preach a rationalistic approach to nature, which involves considering the latter as a source of exploitation and enrichment in the presence of appropriate property rights. The human relationship with nature continues its transition a new type, where he starts to feel like a master and regard nature as an inexhaustible source of resources. Society starts developing faster than nature due to the development of productive power.

Due to the advancing development, society has come into conflict with nature (expanding deserts, areas of vegetation burning, etc.) According to a number of researchers, the result of these contradictions was the death of the Sumerian civilization, the Maya civilization, the inhabitants of Easter Island [2, p. 44]. The main direction of nature management is resource management without exclusion from the natural environment (agriculture), in addition there is a resource consumption (use of natural resources with their removal from the natural environment) and in individual cases - the protection of certain types of biological resources.

An increase in the population, deforestation, the development of crafts, etc. continues in the era of feudalism. The application of simple machines begins, and the anthropogenic impact on the environment increases. However, given that the biosphere is coping with the consequences of this impact, crises are not of a global nature. The author also notes that feudalism did not inflict particularly severe damage to nature, because the feudal lords that owned the land tried to pass it to their heirs, which required the preservation of land holdings and their quality. Researchers associate this period with the transition to a conscious approach of protecting the natural environment. The evidence of this is the regulation of liability in a number of documents for «insufficient treatment of lands, forests, wild animals» [3]. The behavior rules of «Domostroi» (XV–XVI centuries) also tell about the necessity of rational attitude towards nature. An important role in the development of the state nature protection of this period belongs to Peter I. He issued decrees on the protection of rivers from pollution, on the preservation of water protection zones along rivers, on the strengthening of shores, on regulation of hunting and fishing, on the protection and planting of forests, on the creation of «pharmaceutic gardens», gardens and parks in Moscow and St. Petersburg [4]. Thus, in addition to the traditional direction for the nature management – the use of natural resources, this period is characterized by the expansion of protection of the natural environment, as well as recreation of natural resources in the form of forest replantation, and creation of parks and gardens.

With the development of the capitalism era, the technical capabilities of man increase sharply, nature conquest begins with the use of steam forces, internal combustion engines, electricity, a dominant view of nature that people perceive as a source of raw materials and no more. The modernism ideology promoted such an attitude towards nature, originating in the 17th century (treatise «The New Organon» – 1620). This ideology proclaimed the human supremacy over nature and presupposed the necessity of investigating natural processes with the aim of increasing human power over nature. Within the ideology of modernism, human aims to conquer nature, and perceives it as an inexhaustible pile of natural resources.

The social criteria predominate biological ones in determining human ecological niche, what leads to the violation of ecosystem laws in the course of human activity, oriented on subjecting nature to its interests. As a result, there is an increasing alienation from nature. While remaining a component of the earth's biosphere, a human in his actions ignores the laws of nature, forgetting that «Human society can live only

Evolutionary changes in the directions of nature management.

Stage	Level of development of productive power	Type (model) of economic development	Interaction of human (society) with nature	Institutional provision	Directions of nature management
1	The Old Stone Age, appropriating type of economy	Pre-agrarian economy	Moral relation to nature, its deification	–	Resource consumption
2	The New Stone Age (Neolithic), transition to the producing type of economy. The development of cattle breeding and agriculture, the gradual increase of anthropogenic impact	Agrarian economy	Isolation of a person from the natural world. Creation of a new ideology in which the gods became similar to people, the transition to a single god	Individual restrictive measures to protect fauna and flora	Resource consumption and resource management, individual occasions of protection of natural resources
3	Transition to machine production. Growth in the volume of used NR, the growth of pollution and depletion of NR, local environmental crises The appearance of capitalist relations, the conquest and settlement of new lands	Agrarian economy, transition to the frontal economy Frontal (cowboy) economy	The ideology of man's domination over nature, humanity considers itself the creator of «paradise on earth»	The first environmental acts on the reserving in Russia in XI - XIII centuries, and in Europe in the middle of the XVI century. The first reserves in Western Europe	The use of NR, expanding the scope to protect natural resources and to recreate them
4	Development of capitalism, growing demand for mineral resources and transformation of NR in order to improve their quality characteristics, reliance on machinery. Formation of the nature protection industry, appearance of industrial densely populated areas. Local and regional environmental crisis situations	Frontal economy, transition to environmental economy Environmental economy	Perception of nature as a storehouse of resources for humanity. Human is the conqueror of nature, who «does not expect favors from nature»	Creation of state environmental management departments, activation of lawmaking activity (environmental laws), special funding, research on environmental issues, new instruments of state administration	Use of NR, renewal (restoration) of NR, transformation of NR, nature protection (protection of NR and natural conditions), including reserving
5	New industrialization: global, national, regional dimension. The era of scientific and technological progress, huge technological achievements. Giant scale of the impact on the environment, threats of the global environmental crisis, population growth and outflow to cities, growing needs, gradual transition to postindustrial economy, the contradiction between the natural and socio-economic system, uncontrolled destruction of the biosphere. Recognition of the need to change the world development model and efforts to ensure harmonization of interaction between nature and society	Environmental economics, transition to an ecological-economic model of sustainable development Ecological-economic model of sustainable development	Industrial modernism, of which anthropocentrism is an integral part. Man dominates the earth, believing that he establishes laws and can control the biosphere. Transition to the recognition by humanity of the need to study the laws of the biosphere and implementation of anthropogenic activities within the biosphere (energy) corridor. Awareness of the importance of mechanism of biotic regulation, of nature and its primordial basis in human life	Development of a network of environmental management bodies, development of an economic management mechanism, improvement of environmental laws, creation of special funding institutions, broad development of international cooperation (treaties, standards, programs, etc.).	Use of NR, renewal (restoration) of NR, transformation of NR, nature protection, reserving

if it obeys the general laws of the material world of nature ... and that, as a part of nature, society will always be subordinate to its laws» [4].

The considered technological process is characterized by an extensive approach to the nature management without any consideration of environmental constraints. However, the limit of the impact on nature, exceeding which would lead to the degradation of environment, exists, and, according to the research of Russian and foreign scientists, humankind exceeded it at the turn of the 19th and 20th centuries, what provoked the appearance of not only local, but also regional ecological crises [5].

The first to feel the consequences of changes in the natural environment were the developed countries in the 50-60's of XX century. Anthropogenic transformations of the vegetation cover covered at least 55 million km^2 of land, of which about 40 million km^2 fell to the share of deforested areas. In particular, in Japan by the beginning of the 70's of the XX century in comparison to the 50's concentration of nitrogen oxides increased by 28 times, sulfur oxides – by 6.6 times, water in the surveyed water bodies exceeded the ecological standard by 38.3%. The area of natural forests over the decade (1970-1980) decreased by 10.2%, etc. [6] In Russia, after the establishment of capitalist relations (after the reform of 1861), the forest areas sharply reduced, erosion processes increased, the danger of floods increased, many representatives of wild fauna disappeared, and so on. In Spain, previously entirely covered with forest, the forests remained on 1/8 of the territory. In the USA by the middle of the 20th century of the 170 million hectares of forest, only 5–6 % remained [7].

In soils and plants, there is a constant accumulation of chemical elements and their compounds. Changes in the state of the environment promoted the growth of oncological and cardiovascular diseases. During the first half of the 20th century in the United States, cancer mortality increased by 87%, from cardiovascular diseases – by 211.5 %. Smogs – in England, poisoning – in Japan, all this in general testifies to the response of the altered environment to person (society). In Tokyo, in the surveyed areas, 35% of the population suffered from

severe lung diseases caused mainly by air pollution [8]. Awareness of the problematic nature of the moment spurred the development of activities in the field of environmental protection and forced to change the attitude towards nature management. In all countries in the middle of the twentieth century state environmental protection agencies appear, countries organize a comprehensive system for recording the state of the environment, and international cooperation in this area starts expanding.

Numerous publications on this issue, highlighting the positive experience of protecting water, soil, forest resources, wildlife, etc., are the evidence of recognition of the need to protect nature [9], and at that individual researchers started using the concept of «nature protection» in all-inclusive meaning i.e. making it almost identical with nature management. However, it is through the implementation of nature management that changes in the natural environment arise and a need for environmental protection appears. So, one should consider nature protection as one of the directions of nature management, since the use of natural resources must necessarily take into account the possible transformation of the natural environment and prevent negative impacts, i.e. provide for measures to protect natural resources and natural conditions. Nowadays most researchers adhere to this viewpoint. After singling out as a separate scientific and practical branch of activity in the 70-80's of XX century, nature protection became mandatory, complementary to the «natural resources management.»

The scale and significance of nature protection activities predetermined the identification of two independent areas of nature management. The first of these is the resumption of the used and restoration of the destroyed (contaminated) natural resources. The second is the preservation of the natural environment, which the scientific literature refers to as the protection of natural resources and natural conditions or environmental protection, including reserving. This period is also characterized by the recognition of the independence of the direction of nature management, defined as a transformation aimed at more efficient and large-scale use of natural resources through active intervention in natural processes based on the achievements of scientific and technological progress. Also in the sphere of nature management are such activities as exploration, exploration, extraction and primary processing of natural resources [10].

The feeling of impending disaster due to the opposition of nature and society, which led to a reverse reaction of nature and endangered the conditions of human life, required changes in the socio-economic situation, changes in the interactions between human and nature. It became clear that the taken measures of protecting nature did not change the state of affairs. Consumption continued to grow, nature continued to collapse. The progress of humankind has come to the point of bifurcation, when the continuation of the interaction of society and nature under the former scenario would lead to the death of humankind as an ecological species.

The turning point was a conference in Rio de Janeiro (1992) at which scientists appealed to the world community to transit to the model of sustainable development. The Rio Declaration accepted at the conference provided for the solution of the ecological and social conflict for the life of the present and future generations. To achieve it, the society in its development must adhere to the following basic principles:

– The rate of renewal of renewable resources should not be lower than their consumption rate;

– Consumption of non-renewable resources should not exceed the speed of finding their replacement;

– The intensity of emissions of pollutants should not exceed the rate of their decomposition or assimilation by the natural environment [11].

All representatives of the countries approved the concept of the world community's transition to sustainable development, including Russia. The UK developed a sustainable development strategy by 1994, the United States by 1996, Australia developed national strategy for environmentally sustainable back in 1992, the Netherlands, in 1992, developed the «Action Plan – Sustainable Netherlands», and Russia developed Concept of transition of the Russian Federation to sustainable development (1996). A number of countries adopted special laws, established national commissions for sustainable development; international conferences were conducted on a number of issues of world development. The directions of nature management remained the same, but their priority has changed. The importance of renewal (restoration) of used, disturbed and polluted natural resources, as well as environmental measures to eliminate and prevent negative consequences, has increased. With the use of natural resources, the necessity in establishing limitations imposed by the laws of the biosphere increased. It would seem that humanity started thinking about the future, but in reality, there was no change. The impact on nature continued to increase, the effects of anthropogenic impact became increasingly threatening. Taking into account the growth of population and the previous culture of consumption, we cannot expect positive changes in the near future. Yet, the ideology of sustainable development still remains accepted by the world community and considered capable of harmonizing the interaction of person (society) and nature.

In modern conditions, the concept of biotic regulation [12], being implemented within the framework of ecologically sustainable development, obtains growing attention. In this case, limits of the energy (biospheric) corridor constrain the human impact on nature, maintenance of this limits allows preserving natural ecosystems in a state required to maintain environmental sustainability. It is quite natural in this situation to focus on reducing consumption and expanding the front of work to restore the damaged biosphere. In recent years, it has become clear that the welfare of humankind depends on the stability of the biosphere, the conservation of the abundance of species in wildlife and the preservation of parity between them. The sustainable existence of life on earth implies the maintenance by biota of all characteristics of the biosphere, formed by the biota itself. A necessary condition for such maintenance is «the preservation of undisturbed natural biota structures on areas of a global scale» [13]. The fulfillment of this condition requires the increase of the area of specially protected areas, the strengthening of the importance of wildlife conservation (preservation) [14–16] and its separation into an independent direction of nature management. Implementation of the considered scenario is a matter of uttermost importance, because for today, human consumption of pure primary biosphere products has reached 10 %, at a norm of 1 %. Thus, in modern conditions, among the directions of nature management the author allocates: use of natural resources, renewal of used and restoration of contaminated and disturbed, transformation of natural resources, protection of natural resources and conditions (environmental protection), reserving. The priority role in the implementation belongs to the following directions: renewal (restoration), nature conservation measures for nature protection and reserving. The detailed definition of nature management acquires the following form: nature management is a process of interaction between nature and society involving the use of natural resources in order to meet the material needs and spiritual demands of a person (society), as well as the conservation of nature through the measures taken to reduce the anthropogenic impact and increase the sustainability of nature to these impacts.

REFERENCES

1. Kurazhskovskiy Yu. N. 1969, *Osnovy prirodopol'zovaniya* [Basics of nature management], Moscow, 264 p.
2. Lester Braun 2003, *Ekoekonomika: Kak sozdat' ekonomiku, sberegayushchuyu planetu* [Eco-Economy: How to create an economy that preserves the planet], Moscow, 392 p.
3. Glushkova V. G., Samagin Yu. A. 2012, *Regional'naya ekonomika. Prirodno-resursnye i ekologicheskie osnovy* [Regional economy. Natural-resource and ecological basis], Moscow, 320 p.
4. Anuchin V. A. 1978, *Osnovy prirodopol'zovaniya: teoreticheskiy aspekt* [Fundamentals of nature management: the theoretical aspect], Moscow, 290 p.
5. Gorshkov V. G., Kotlyakov V. M., Los' K. S. 1994, *Ekonomicheskiy rost, sostoyanie okruzhayushchey sredy, bogatstvo, bednost'* [Economic growth, the state of the environment, wealth, poverty]. *Izv. RAN* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], no. 1, pp. 3–7.
6. Timonina I. L. 1988, *Yaponiya: ekonomika i okruzhayushchaya sreda* [Japan: Economics and the Environment], Moscow, 152 p.
7. Dorst Zh. 1968, *Do togo kak umret priroda* [Before nature dies], Moscow, 416 p.
8. Davis D. 1972, Far Eastern Economic Review, 22 Jan.
9. Milanova E. V., Ryabchikov A. M. 1986, *Ispol'zovanie prirodnykh resursov i*

okhrana prirody [Use of natural resources and nature protection], Moscow, 280 p.
10. Dezhkin V. V. 2002, *Kontseptual'nye i metodicheskie osnovy vosstanovleniya i razvitiya biologicheskogo prirodopol'zovaniya v sel'skoy Rossii* [Conceptual and methodological bases of restoration and development of biological nature management in rural Russia], Moscow, 186 p.
11. Gal'perin M.V. 2012, *Ekologicheskie osnovy prirodopol'zovaniya* [Ecological basis of nature management], Moscow, 256 p.
12. Gorshkov V. G. 1995, *Fizicheskie i biologicheskie osnovy ustoychivosti zhizni* [The physical and biological basis of life sustainability], Moscow, 467 p.
13. Losev K. S. 2011, *Mify i zabluzhdeniya v ekologii* [Myths and misconceptions in the ecology], Moscow, 224 p.
14. Danilov-Danil'yan V. I., Losev K. S. 2000, *Ekologicheskiy vyzov i ustoychivoe razvitie* [Ecological challenge and sustainable development], Moscow, 416 p.
15. Marfenin N. N. 2006, *Ustoychivoe razvitie chelovechestva* [Sustainable development of mankind], Moscow, 624 p.
16. Loginov V. G., Ignat'eva M. N., Dushin A. V., Polyanskaya I. G. 2015, *Sotsio-ekosistemnyy podkhod kak otrazhenie spetsifiki osvoeniya arkticheskikh territoriy* [Socio-Ecosystem Approach as a Reflection of the Specifics of Development of the Arctic Territories]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4, pp. 99–102.

Mikhail Sergeevich Kubarev
kubarev.mc@mail.ru
Ural State University of Economics
Ekaterinburg, Russia

УДК.334.758 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-93-96

ГЕНЕЗИС ПОНЯТИЯ «СЛИЯНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ» В МИРОНАУЧНОМ ЗНАНИИ

Т. В. Решетникова, Ф. И. Валиева

Genesis of the concept "mergers and acquisitions" in the world scientific knowledge

T. V. Reshetnikova, F. I. Valieva

The authors examine the genesis of the concepts of "merger" and "acquisition" in terms of their essence, the need for implementation in the modern economy, the role in the restructuring of the company or business as a whole, the forms of manifestation in the market of corporate control. The authors compare the classical approaches to the examination of essential characteristics in the foreign economic literature with those available in Russian economic literature and used in Russian practice. Both foreign and Russian literature have two clearly distinguished, fundamentally different positions of scientists on the considered definition. Herewith, the first group of researchers separates the terms "merger" and "acquisition", understanding by merging such a transaction between companies in which only one of the involved parties survives, usually the initiator of the transaction. The rest of the companies leave the markets (financial and commodity). This researches consider acquisition as such a process, after which the absorbed company continues to be present in the markets as a subsidiary of the company initiating the transaction. The authors justify new challenges in the M&A market, and reveal the reasons for their appearance. The article presents the genesis of the concepts of mergers and acquisitions from the point of view of their classification by essential characteristics, and reveals common features that practically all foreign and Russian researchers in this field of knowledge identify. The article also shows the distinctive features noted by scientists that expand the possibilities for business restructuring taking into account the processes of corporate control market. The authors study the classification of mergers and acquisitions with the substantiation own position on the sufficiency/insufficiency of the criterion for classifying the studied concepts to different groups; substantiate appearance of definition "transboundary mergers and acquisitions", taking into account new challenges in world economic relations.

Keywords: mergers and acquisitions; classification features that mediate the essence of the concept; new challenges in the M&A market; transboundary transactions as a growth strategy for companies.

Рассматривается генезис понятий «слияние» и «поглощение» с точки зрения их сущности, необходимости осуществления в современной экономике, роли в реструктуризации компании либо бизнеса в целом, форм проявления на рынке корпоративного контроля. Сравниваются классические подходы к рассмотрению сущностных характеристик в зарубежной экономической литературе с имеющимися в российской экономической литературе и используемыми в российской практике. Выявлено, что и в зарубежной, и в российской литературе четко обозначены две принципиально отличающиеся по сущностным признакам позиции ученых на рассматриваемую дефиницию. При этом первая группа исследователей разделяет термины «слияние» и «поглощение», понимая под слиянием такую сделку между компаниями, при которой из участвующих сторон выживает только одна компания, как правило, инициатор сделки. Остальные компании с рынков (финансовых и товарных) уходят. Поглощение рассматривается ими как процесс, при реализации которого поглощаемая компания продолжает присутствовать на рынках в качестве дочерней структуры компании-инициатора сделки. Обосновываются новые вызовы на рынке M&A, выявляются причины их появления. В статье представлен генезис понятий слияний и поглощений с точек зрения их классификации по сущностным признакам, выявлены общие черты, которые выделяют практически все зарубежные и российские исследователи в этой области знаний, а также показаны отличительные особенности, отмеченные учеными, расширяющие возможности реструктуризации бизнеса с учетом процессов рынка корпоративного контроля. Изучается классификация слияний и поглощений с обоснованием авторской позиции о достаточности/недостаточности критериальности отнесения исследуемых понятий к разным группам, обосновывается появление дефиниции «трансграничные сделки слияний и поглощений» с учетом новых вызовов в мирохозяйственных отношениях.

Ключевые слова: слияния и поглощения; классификационные признаки, опосредующие сущность понятия; новые вызовы на рынке M&A; трансграничные сделки как стратегия роста компаний.

Как известно, в условиях современной экономики компании на определенном этапе своего функционирования прибегают к расширению путем сделок слияний и поглощений, которые являются одной из форм развития корпоративных отношений.

Термин «слияния и поглощения» является дословным переводом с английского языка термина “mergers and acquisitions” (M&A).

Появление данных сделок уходит корнями в историю развития индустриального производства США в конце XIX–начале XX вв. Именно в период с 1897 по 1904 г. в экономической литературе отмечается первая волна слияний и поглощений. С тех пор экономика США перетерпела еще четыре волны. В зарубежной экономической литературе сделки данного типа стали называть “mergers and acquisitions”. История развития российского рынка слияний и поглощений связана с началом XXI в., когда в стране только завершился этап постприватизационного перераспределения собственности и укрепления крупнейших компаний.

В современной экономической литературе, понятия «слияние» и «поглощение» часто используются как синонимы, однако еще чаще их употребляют в словосочетании «слияния и поглощения» для обозначения одного явления, присущего рынку корпоративного контроля. Это связано с тем, что данные сделки имеют одну экономическую природу, а именно подразумевают смену контроля над компанией.

Однако следует отметить, что до сих пор в научных кругах нет единой точки зрения относительно толкования данного понятия. Выработке единого подхода, по мнению авторов, препятствуют сложность и неоднозначность данных процессов, а также их специфичность для зарубежной и российской практики. Именно поэтому понятие сделок слияний и поглощений в зарубежной экономической литературе и зарубежном законодательстве не совпадает с имеющимися в российской литературе и российском законодательстве определениями.

Зарубежных исследователей, по мнению авторов, можно разделить на две группы в соответствии с их подходами относительно терминов «слияние» и «поглощение». К первой группе можно отнести таких авторов, как Д. Депамфилис, Р. Брейли и С. Майерс и др., которые видят хоть и незначительное, но различие между этими двумя понятиями. При этом под слияниями подразумевается общепринятое в зарубежной литературе определение в качестве сделки по объединению компаний, в результате которой из всех участвующих сторон выживает лишь одна, тогда как остальные прекращают свое существование. Отличие понятия «поглощение» в данном случае состоит в том, что число участников до и после завершения сделки не меняется, а поглощенная компания продолжает свою деятельность в качестве дочерней фирмы поглощающей компании. Следует отметить, что к поглощениям данные авторы относят также сделки по приобретению всех или части активов компании-цели, а Р. Брейли и С. Майерс рассматривают данные процессы в рамках приобретения полного контроля над компанией за счет получения не менее 50 % + 1 ее акций [1]. Действительно, чтобы назвать сделку слиянием или

поглощением, необходимо как минимум быть собственником контрольного пакета. Иной подход представлен в работе Д. Депамфилиса «Слияния, поглощения и другие способы реструктуризации компании», в которой, несмотря на наличие отдельных определений для терминов «слияние» и «поглощение», под определение «поглощение» подпадают также названные им «слияние с образованием нового юридического лица» и «слияние с образованием дочерней компании» [2].

Вторая группа зарубежных авторов (С. Ф. Рид, А. Р. Лажу, П. Гохан, С. Брэгг и др.) термины «слияние» и «поглощение» предпочитают употреблять как единое словосочетание, не подразумевая разграничения между ними. При этом понятие «слияния и поглощения» охватывает не только сами слияния и поглощения, но и другие формы реструктуризации компаний, в числе которых выкуп за счет заемных средств (LBO), приобретение отдельных частей бизнеса, стратегическое участие в капитале и другие сделки, которые подразумевают передачу контроля от одного собственника к другому, а также изменение структуры собственности. П. Гохан, например, термин «поглощение» определяет в значении «подчиняющего слияния», при котором целевая компания становится дочерней, и отмечает, что он является неопределенным и иногда относится лишь к враждебным сделкам, а в других случаях используется для обозначения как дружественных, так и недружественных слияний [3], а С. Ф. Рид и А. Р. Лажу определяют слияние как сделку, в результате которой одна компания юридически поглощается другой, компания-поглотитель при этом принимает на себя все активы и обязательства компании-цели [4]. С. Брэгг подчеркивает, что большинство объединений в виде слияний на деле являются поглощениями, при которых одна компания получает контроль над бизнесом другой [5]. В данном подходе отсутствует указание на то, сколько участников продолжит свое существование после завершения сделки.

Подходы российских исследователей в отношении термина «слияния и поглощения» также представляется возможным разделить на две различные группы. К первой группе следует отнести подходы таких авторов, как М. Г. Ионцев, Ю. В. Игнатишин, А. Д. Радыгин, Р. Энтов и др., которые рассматривают сделки по слияниям отдельно от сделок, связанных с поглощением компаний. Слияния в данном случае предполагают «возникновение нового общества путем передачи ему всех прав и обязанностей двух или нескольких обществ с прекращением последних» [6]. Законодательно закрепленного определения термина «поглощение» не имеется, что не мешает российским авторам использовать его в своих трудах. Однако если в определении слияния большинство авторов сходится во мнении, то в случае с поглощениями позиции принципиально расходятся. Одни авторы указывают на то, что приобретаемая компания сохраняет свою юридическую самостоятельность, т. е. число участников в момент и после завершения сделки не меняется [7]. Здесь подразумевается, что поглощенная компания продолжит свою деятельность в качестве дочерней компании (данный подход, таким образом, схож с понимаем рассматриваемого термина в зарубежной литературе). Другие связывают поглощения с получением полного контроля над компанией. Так, М. Г. Ионцев предлагает под поглощением компании понимать установление над этой компанией полного контроля как в юридическом, так и экономическом смысле [8]. В данном случае возникает вопрос, продолжит ли тогда существовать поглощенная компания, а если нет, то тогда чем данная сделка будет отличаться от слияния? А. Д. Радыгин предполагает, что в процессе поглощения наряду с переходом права собственности происходют замена менеджмента поглощенной компании и изменение ее финансовой и производственной политики [9].

Во вторую группу можно включить таких исследователей, как Н. Б. Рудык, Е. В. Семенкова, А. Е. Молотников, С. В. Гвардин, И. Н. Чекун, чьи подходы к рассматриваемой дефиниции тождественны зарубежному пониманию термина «слияния и поглощения» как единого словосочетания для обозначения определенной группы процессов на рынке корпоративного контроля. В данном случае исследователи используют его в более широком смысле в отличие от первой группы. Так, к сделкам слияний и поглощений относят все сделки по приобретению и продаже активов, в результате которых происходит переход контроля над деятельностью компании-цели. Например, некоторые авторы предлагают определять слияние как дружественное поглощение. По их мнению, термин «слияние» в том смысле, который в них вкладывает обычная корпоративная практика, обычно тождественен понятию «дружественное поглощение» [10]. А. Е. Молотников предлагает под термином «слияния и поглощения» подразумевать любой способ установления контроля над компанией и ее активами, будь то приобретение акций, банкротство или покупка на торгах здания, находившегося в федеральной собственности [11]. С. В. Гвардин и И. Н. Чекун, в свою очередь, суть слияний и поглощений сводят к смене собственника или изменению структуры собственности компании, что рассматривается как заключительный этап в системе мероприятий по реструктуризации бизнеса [12].

Позиция авторов данной статьи состоит в том, что целесообразно использовать единый термин «слияния и поглощения». Тогда, учитывая важность рассматриваемой дефиниции в современном миронаучном знании, считаем возможным предложить определение слияний и поглощений в следующей редакции:

Слияния и поглощения – это множественность сделок между хозяйствующими субъектами, в результате которых происходят смена собственника, объединение компаний для дальнейшего функционирования под эгидой компании-инициатора сделки либо переход контрольного пакета акций одной из сторон сделки к другой.

Многообразие процессов, связанных со сделками слияний и поглощений, определили появление различных подходов к классификации основных типов этих сделок (таблица).

Представленная таблица подтверждает различность точек зрения ученых относительно классификации слияний и поглощений с учетом сущностных признаков. Следует отметить, что выделение такого признака, как характер интеграции, и, соответственно, подразделение его на три основных типа: горизонтальные, вертикальные и конгломератные имеет место в исследованиях подавляющего большинства авторов. По мнению авторов статьи, данный признак классификации действительно является основным, и именно он используется экономистами при формировании и анализе статистики по сделкам на рынке слияний и поглощений.

Наряду с рассмотренным признаком нельзя не сказать о таком важном признаке классификации, как национальная принадлежность участвующих в сделке сторон. Ряд исследователей в данном случае предлагает подразделять слияния и поглощения на национальные, международные и транснациональные. Однако, на наш взгляд, целесообразно такие типы, как «международные» и «транснациональные» слияния и поглощения объединить в формулировку «трансграничные». К ним авторы предлагают относить все сделки, заключаемые между корпорациями в рамках трансграничного экономического пространства, под которым следует понимать открытую динамическую систему, формирующуюся под влиянием глобализации в условиях экономического взаимодействия организаций из разных стран. При этом целью создания такого экономического пространства является развитие и укрепление связей между хозяйствующими субъектами каждой из входящих в него сторон [13].

Трансграничные слияния и поглощения рассматриваются авторами как новый вызов современности, сложившийся в условиях глобализации и либерализации международных экономических отношений и порожденный желанием крупных корпораций на определенном этапе своего развития утвердиться на внешних рынках, и основным способом интеграции в мировое экономическое пространство. Увеличение присутствия корпорации на зарубежных рынках способствует расширению рынка сбыта, повышению конкурентоспособности продукции на международной арене и дает возможность выхода на новый уровень развития. Посредством трансграничных сделок слияний и поглощений компании получают возможность приобрести в свою собственность новейшие технологии для углубления и де-

Исследование подходов к классификации основных типов слияний и поглощений в зарубежной и отечественной литературе.

Автор	Работа	Классификация
		Зарубежные авторы
Д. Депамфилис	Слияния, поглощения и другие способы реструктуризации компании	В зависимости от того, объединяются ли фирмы одной или разных отраслей: *горизонтальные* (происходят между двумя компаниями одной отрасли); *вертикальные* (происходят между двумя компаниями, специализирующимися на различных этапах процесса производства или занимающими различные места в цепочке создания стоимости); *конгломератные* (происходят между компаниями из отраслей, которые друг с другом никак не связаны) В зависимости от отношения руководства компании к сделке: *дружественные* (когда руководство компании-мишени поддерживает идею сделки и рекомендует акционерам ее одобрить); *недружественные, или враждебные* (когда компания-мишень отвергла предложение поглощающей компании, но контроль над мишенью все равно перешел в другие руки) [2]
П. Гохан	Слияния, поглощения и реструктуризация компаний	В зависимости от результата сделки: *статусное слияние* (слияние, при котором поглощающая компания принимает активы и обязательства поглощаемой компании); *подчиняющее слияние* (слияние двух компаний, в котором целевая компания становится дочерней компанией); *обратное подчиняющее слияние* (дочерняя компания приобретающей компании вливается в цель) В зависимости от характера интеграции: *горизонтальные* (когда объединяются два конкурента); *вертикальные* (объединения компаний, имеющих взаимоотношения покупателя и продавца); *конгломератные* (когда компании не являются конкурентами и не находятся в отношениях покупателя и продавца) [3]
Р. Брейли, С. Майерс	Принципы корпоративных финансов	В зависимости от характера сделки: *горизонтальные* (происходят между фирмами одной отрасли); *вертикальные* (сделки, в которых компания-покупатель расширяет свою деятельность либо на предыдущие производственные стадии, либо на последующие); *конгломератные* (происходят при объединении компаний из практически не связанных отраслей) [1]
		Отечественные авторы
Н. Б. Рудык, Е. В. Семенкова	Рынок корпоративного контроля: слияния, жесткие поглощения и выкупы долговым финансированием	В зависимости от характера интеграции: *горизонтальные* (слияния, которые происходят между корпорациями, работающими на одном сегменте рынка и специализирующимися на производстве сходной продукции); *вертикальные* (слияния, при помощи которых корпорация-покупатель пытается расширить свою операционную деятельность либо на предыдущие производственные стадии, либо на последующие); *родственные, или концентрические* (слияния корпораций, «сходных по природе и действиям»); *конгломератные* (слияния, которые происходят между корпорациями, не взаимодействующими между собой ни сегментом рынка, ни производственно-снабженческими связями) [10]
А. Радыгин, Р. Энтов	Проблемы слияний и поглощений в корпоративном секторе	В зависимости от характера интеграции: *дружественное поглощение* (компания-покупатель делает тендерное предложение о покупке 95–100 % акций менеджмента компании-цели); *«жесткое», недружественное поглощение* (компания-покупатель делает тендерное предложение непосредственно акционерам компании-цели (минуя менеджмент), либо скупает крупные пакеты акций на вторичном рынке) [9]
Ю. В. Игнатишин	Слияния и поглощения: стратегия, тактика, финансы	В зависимости от согласия/несогласия владельцев: *согласованные, или дружественные* (когда советы директоров – участников процессов предварительно ознакомлены с планами интеграции и поддерживают данный процесс); *несогласованные, или враждебные* (когда совет директоров любого из участников не согласен с предложенными условиями) В зависимости от сферы деятельности и направления осуществляемого процесса: *горизонтальные* (объединения участников одного сегмента отрасли, производящих сходный продукт и имеющих аналогичный производственный цикл); *вертикальные* (когда участники процесса работают на разных этапах производственного цикла в рамках одной отрасли); *параллельные, или родовые* (затрагивают родственных участников, т. е. производящих зависимые друг от друга продукты); *круговые* (объединения участников различных сегментов рынка, производственных цепочек) В зависимости от географии деятельности: *местные* (основная деятельность участников в рамках одной местности); *региональные* (в рамках одного региона); *национальные* (участники из разных регионов в рамках одного государства); *международные* (между участниками из разных стран); *транснациональные* (процесс, включающий транснациональных участников, каждый из которых работает более чем в одной стране). В зависимости от национальной принадлежности: *внутренние* (между участниками одной страны); *экспортные* (приобретение отечественных компаний со стороны иностранных участников); *импортные* (приобретение отечественными компаниями контроля над иностранной компанией); *совместные* (интеграция участников, работающих и имеющих активы в разных странах) [7]

тализации технологического цикла, увеличить производственные мощности компании, а также усилить конкурентные преимущества за счет объединения с бизнесом конкурентов.

Трансграничные слияния и поглощения позволяют повысить эффективность как отдельных отраслей, так и национальной экономики путем перетекания капитала к корпорациям с наиболее эффективными показателями деятельности и повысить конкурентоспособность экономики страны. Поэтому помимо стратегического значения для функционирования конкретных компаний данные сделки часто оказывают существенное влияние как на экономику отдельных стран, так и на мировую экономику в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов: пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2014. 1008 с.
2. Депамфилис Д. Слияния, поглощения и другие способы реструктуризации компании. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2007. 960 с.
3. Гохан П. А. Слияния, поглощения и реструктуризация компаний. 4-е изд. М.: Альпина Паблишер, 2015. 744 с.
4. Рид С. Ф., Лажу А. Р. Искусство слияний и поглощений. М.: Альпина Паблишер, 2014. 957 с.
5. Брэгг С. Слияния и поглощения: практ. руководство. М.: Маросейка, 2010. 302 с.
6. Об акционерных обществах: федер. закон от 26 декабря 1995 г. № 208-ФЗ (последняя редакция). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
7. Игнатишин Ю. В. Слияния и поглощения. Стратегия, тактика, финансы. СПб.: Питер, 2005. 208 с.
8. Ионцев М. Г. Корпоративные захваты: слияния, поглощения, гринмэйл. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Ось-89, 2008. 272 с.
9. Радыгин А., Энтов Р. Проблемы слияний и поглощений в корпоративном секторе. М.: ИЭПП, 2002. 153 с.
10. Рудык Н. Б., Семенкова Е. В. Рынок корпоративного контроля: слияния, жесткие поглощения и выкупы долговым финансированием. М.: Финансы и статистика, 2000. 456 с.
11. Молотников А. Е. Слияния и поглощения. Российский опыт. М.: Вершина, 2007. 344 с.
12. Гвардин С. В., Чекун И. Н. Слияния и поглощения: эффективная стратегия для России. СПб.: Питер, 2007. 192 с.
13. Решетникова Т. В., Валиева Ф. И. Трансграничные сделки слияний и поглощений как современный финансовый механизм новой индустриализации // Новая индустриализация: мировое, национальное, региональное измерение. Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2016. С. 208–211.

REFERENCES

1. Breyli R., Mayers S. 2014, *Printsipy korporativnykh finansov* [Principles of Corporate Finance], Moscow, 1008 p.
2. Depamfilis D. 2007, *Sliyaniya, pogloshheniya i drugie sposoby restrukturizatsii kompanii* [Mergers, acquisitions and other ways of restructuring the company], Moscow, 960 p.
3. Gohan P. A. 2015, *Sliyaniya, pogloshheniya i restrukturizatsiya kompaniy* [Mergers, acquisitions and restructuring of companies], Moscow, 4 ed., 744 p.
4. Rid S. F., Lazhu A. R. 2014, *Iskusstvo sliyaniy i pogloshcheniy* [The art of mergers and acquisitions], Moscow, 957 p.
5. Brjegg S. 2010, *Sliyaniya i pogloshcheniya: prakt. rukovodstvo* [Mergers and acquisitions: practical leadership], Moscow, 302 p.
6. *Ob aktsionernyh obshchestvakh: feder. zakon ot 26 dekabrya 1995 g. № 208-FZ (poslednyaya redaktsiya)* [On Joint Stock Companies: Federal Law of December 26, 1995 No. 208-FZ (last version)].
7. Ignatishin Yu. V. 2005, *Sliyaniya i pogloshcheniya. Strategiya, taktika, finansy* [Mergers and acquisitions. Strategy, tactics, finances], St. Petersburg, 208 p.
8. Iontsev M. G. 2008, *Korporativnye zahvaty: sliyaniya, pogloshcheniya, grinmyeyl* [Corporate takeovers: mergers, acquisitions, greenmail], Moscow, 2 ed., 272 p.
9. Radygin A., Jentov R. 2002, *Problemy sliyaniy i pogloshcheniy v korporativnom sektore* [Mergers and acquisitions issues in the corporate sector], Moscow, 153 p.
10. Rudyk N. B., Semenkova E. V. 2000, *Rynok korporativnogo kontrolya: sliyaniya, zhestkie pogloshcheniya i vykupy dolgovym finansirovaniem* [The corporate control market: mergers, tight acquisitions and repurchases by debt financing], Moscow, 456 p.
11. Molotnikov A. E. 2007, *Sliyaniya i pogloshcheniya. Rossiyskiy opyt* [Mergers and acquisitions. Russian Experience], Moscow, 344 p.
12. Gvardin S. V., Chekun I. N. 2007, *Sliyaniya i pogloshcheniya*: *effektivnaya strategiya dlya Rossii* [Mergers and acquisitions: an effective strategy for Russia], St. Petersburg, 192 p.
13. Reshetnikova T. V., Valieva F. I. 2016, *Transgranichnye sdelki sliyaniy i pogloshcheniy kak sovremennyy finansovyy mekhanizm novoy industrializatsii* [Transboundary mergers and acquisitions transactions as a modern financial mechanism for a new industrialization]. *Novaya industrializatsiya: mirovoe, natsional'noe, regional'noe izmerenie* [New industrialization: global, national, regional dimension], Ekaterinburg, pp. 208–211.

Татьяна Владимировна Решетникова,
reshalta@yandex.ru
Фарида Иляз кызы Валиева
farida_2101@mail.ru
Уральский государственный экономический университет
Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45

Tat'yana Vladimirovna Reshetnikova,
reshalta@yandex.ru
Farida Ilyaz kyzy Valieva
farida_2101@mail.ru
Ural State University of Economics
Ekaterinburg, Russia

УДК 504.06 DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-97-101

СИСТЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ

Л. А. Мочалова, Д. А. Гриненко, В. В. Юрак

The management of solid municipal waste: domestic and foreign experience

L. A. Mochalova, D. A. Grinenko, V. V. Yurak

The authors consider the problem of the formation and placement of solid municipal waste (SMW), which becomes more and more relevant year by year for Russia, including the Sverdlovsk region. Referring to foreign experience, the authors note that in order to solve this problem, it is necessary to form an effective management system for SMW, which should be based on corresponding normative legal acts. The authors consider the organizational and economic aspects of reforming the SMW handling sphere. In particular, there is a need to develop processing infrastructure. In order to activate this process, the authors propose to increase the allocation of budget funds to this area of tariffs for the placement of SMWs at polygons and the amount of penalties for improper waste handling. One of the steps to the formation of an effective organizational and economic mechanism for SMW management in Russia is the possibility of introducing an environmental fee, which manufacturers and importers of goods have to pay when they do not provide for self-disposal of waste from the use of goods or they have not met the established standards for waste management.

Keywords: ecological safety; city; waste management; solid municipal waste; recycling.

Рассматривается проблема образования и размещения твердых коммунальных отходов (ТКО), которая становится с каждым годом все более актуальной для России, в том числе для Свердловской области. Ссылаясь на зарубежный опыт, авторы отмечают, что для решения данной проблемы необходимо формирование эффективной системы управления ТКО, которая должна базироваться на соответствующих нормативных правовых актах. Рассматриваются организационные и экономические аспекты реформирования сферы обращения с ТКО. В частности, отмечается необходимость развития инфраструктуры переработки. Для активизации данного процесса предлагается увеличение выделения бюджетных средств в данную сферу, тарифов за размещение ТКО на полигонах и размера штрафов за неправильное обращение с отходами. В качестве одного из шагов формирования эффективного организационно-экономического механизма управления ТКО в России рассматривается возможность введения экологического сбора, необходимость уплаты которого возникает у производителей и импортеров товаров, когда они не обеспечивают самостоятельную утилизацию отходов от использования товаров или ими не были достигнуты установленные нормативы утилизации отходов.

Ключевые слова: экологическая безопасность; город; управление отходами; твердые коммунальные отходы; переработка отходов.

Важнейшей задачей обеспечения экологической безопасности крупных городов России является решение проблемы образования и размещения твердых коммунальных отходов (ТКО). Это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд [1]. Вследствие повышения уровня жизни населения объем ТКО ежегодно увеличивается: в настоящее время этот показатель составляет уже около 500–800 кг в год на каждого жителя больших городов. Например, в 2015 г. в крупных городах Свердловской области объем образования ТКО варьировался в пределах 302–731 кг, объем размещения – 68–718 кг на 1 жителя (табл. 1).

ТКО оказывают негативное воздействие на окружающую среду и состояние здоровье населения города: выступают источниками физического, химического и биологического загрязнения, являются носителями многих инфекционных заболеваний, приводят к ухудшению количественных и качественных балансов в природной среде. В состав городских ТКО входят: бумага и картон (упаковка) – 41 %, пищевые отходы 21 %, стекло – 12 %, железо и его сплавы – 10 %, пластмасса и пленка – 5 % и др. В случае применения самого дешевого способа устранения отходов – полигонного депонирования – наблюдаются следующие сроки их разложения: газеты – 1 месяц, шерсть – 1 год, бумажный одноразовый стаканчик – 5 лет, доска окрашенная – 13 лет, консервная банка – 100 лет, алюминиевая банка – 500 лет, одноразовая посуда – 500 лет, пластиковая бутылка – 500 лет, стекло – никогда не разлагается. В соответствии с зарубежной практикой сокращению образования и размещения городских отходов может способствовать система управления отходами (англ. “Waste Management”), которая представляет собой комплекс мероприятий по сбору, транспортировке, переработке, вторичному использованию или утилизации мусора, а также контроль за данными процессами с целью снижения влияния отходов на здоровье населения и состояние среды обитания. Основными принципами управления отходами являются: предотвращение или снижение образования отходов; разделение отходов у источника их образования; вторичное использование отходов путем возврата в производственный процесс; рециклинг; обезвреживание отходов с целью снижения их опасности для природной среды; захоронение отходов.

Для эффективного функционирования система управления отходами должна базироваться на соответствующих нормативных правовых актах. В Европейском союзе имеется целый пакет законодательных и других нормативных правовых документов. Европейский опыт показывает, что для создания системы управления отходами в России необходимо разработать и принять целый ряд законов, которые можно разделить на четыре основные группы: базовые законы; законы и правила по отдельным видам отходов; законы, регулирующие процессы переработки и захоронения отходов; законы по надзору и контролю за перемещением отходов, которые должны обеспечивать достижение целей управления отходами – экологическую безопасность и экономическую эффективность.

В отечественном законодательстве определение термина «управление отходами» отсутствует, а на практике используется термин «обращение с отходами», определение которого дано в Федеральном законе № 89 «Об отходах производства и потребления» [1]. Это деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов. Федеральный закон № 89 определяет полномочия субъектов управления отходами в России (управляющих систем) на каждом уровне управления. В частности, полномочия РФ (т. е. федерального уровня) включают, прежде всего, разработку и принятие федеральных законов и иных нормативных актов и осуществление государственного надзора в области обращения с отходами.

Таблица 1. Сведения об образовании и размещении ТКО на территории крупных городов Свердловской области в 2015 году*.

Показатель	Всего по области	Екатеринбург	Нижний Тагил	Каменск-Уральский
Численность постоянного населения на 01.01.2016 г., тыс. чел.	4330,01	1477,74	359,45	172,04
Образовано ТКО:				
в тыс. т	1523,60	446,20	262,84	80,25
в кг на 1 жителя	352	302	731	466
Размещено ТКО:				
в тыс. т	1232,58	100,22	258,03	23,72
в кг на 1 жителя	285	68	718	138

*Примечание. Исходные данные взяты из Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2015 году».

В полномочия субъектов РФ входят разработка и реализация региональных программ в области обращения с отходами и государственный надзор на объектах регионального экологического надзора.

В Свердловской области нормативными правовыми документами в области обращения с отходами являются:

– постановление Правительства Свердловской области от 28.07.2009 г. № 865-ПП «О Концепции экологической безопасности Свердловской области на период до 2020 года»;

– распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.10.2011 г. № 1757-р (ред. от 26.12.2014 г.) «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Уральского федерального округа до 2020 года»;

– постановление Правительства Свердловской области от 21.10.2013 г. № 1259-ПП (ред. от 07.05.2015 г.) «О Комплексной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории Свердловской области до 2030 года»;

– постановление Правительства Свердловской области от 09.09.2014 г. № 774-ПП «О Стратегии по обращению с отходами производства на территории Свердловской области до 2030 года» и др.

С целью выполнения требований Федерального закона № 458 [2] в сентябре 2016 г. по поручению губернатора Свердловской области была сформирована территориальная схема обращения с отходами – основа формирующейся на Среднем Урале системы сбора, обработки, утилизации, обезвреживания и захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО). На основе территориальной схемы правительством Свердловской области формируется долгосрочная программа, в которой отражены приоритетные направления областной политики в сфере обращения с ТКО, а также правовые, организационные, технологические и финансовые механизмы ее реализации. Одной из первостепенных задач в данном направлении деятельности является вывод из технологического оборота всех несоответствующих требованиям природоохранного и санитарного законодательства свалок и сокращение полигонного захоронения отходов за счет создания индустриальной базы их переработки и утилизации [3]. Основные полномочия в области организации обращения с отходами, связанные с организацией сбора, вывоза, утилизации и переработки коммунальных и промышленных отходов в России переданы органам местного самоуправления. Характерной особенностью муниципальных образований является то, что они напрямую контактируют с населением и на этом уровне должны гарантировать местному населению непосредственное, своевременное, системное (во времени и пространстве) обеспечение условий проживания и жизнедеятельности. Так, в экологическом разделе Стратегического плана развития г. Екатеринбурга среди методов решения стратегических экологических задач выделены следующие: минимизация образования промышленных отходов; внедрение современных методов сбора, сортировки и переработки твердых бытовых (коммунальных) отходов; привлечение инвестиций и создание производств в сфере обращения с отходами [4].

Зарубежный опыт показывает, что управление отходами – это сложный процесс со многими участвующими сторонами, который включает в себя правовые, технические, экономические и экологические аспекты. Технические аспекты в первую очередь связаны с процессами устранения отходов. В крупных городах развитых стран используется несколько вариантов устранения отходов.

Первый вариант – захоронение отходов на полигонах (полигонное депонирование). Данный вариант считается самым дешевым относительно других вариантов даже несмотря на то, что требует значительных затрат на организацию полигонов, содержание и обеспечение их безопасности для населения, в том числе связанных с отчуждением значительных территориальных ресурсов. Опасность решения проблемы ТКО путем вывоза на свалки доказывается результатами исследований, которые демонстрируют следующее: полигон является источником загрязнения окружающей среды в радиусе 600 м, неблагоприятная экологическая обстановка в районе полигона наблюдается спустя 20–50 лет после их закрытия. В связи с этим во многих странах Европейского союза полигонное захоронение ТКО применяется при невозможности повторного использования отходов или неэффективности их переработки.

Второй вариант – сжигание отходов, тепло от которого используется для выработки электроэнергии, с КПД от 17 до 20 %. Данный вариант является конкурентоспособным по сравнению с полигонным депонированием, если будет обеспечен жесткий контроль за выбросами от сжигания тяжелых металлов. Главным недостатком сжигания ТКО является большое количество машино-рейсов мусоровозов, необходимых для поставки отходов на объекты, находящиеся за пределами города. В настоящее время уровень сжигания ТКО в отдельных странах различен. Так, из общих объемов бытового мусора доля сжигания колеблется в таких странах, как Австрия, Италия, Франция, Германия в пределах 20–40 %; Бельгия, Швеция – 48–50 %; Япония – 70 %; Дания, Швейцария – 80 %; Англия, США – 10 %.

Третий вариант – аэробная и анаэробная утилизация органических отходов, которые являются биологическими методами промышленной переработки ТКО. В частности, биотермическое аэробное компостирование предполагает разложение органических отходов (пищевые отходы, зеленые садовые отходы, отходы древесины, ил сточных вод и др.) в результате активности микроорганизмов. В свою очередь, анаэробное сбраживание (биохимическая ферментация ТКО) заключается в получении и утилизации биогаза, образующегося при анаэробном разложении органических компонентов ТКО. Анаэробное разложение обычно используют для смешанных видов отходов. Данный процесс осуществляется в условиях полигонного захоронения ТКО и подразумевает образование биогаза естественным образом, который в дальнейшем можно сжигать для генерации электроэнергии. Эта технология является одним из наиболее экономически эффективных вариантов устранения отходов, так как отличается впечатляющим КПД преобразования энергии – около 42 %.

Четвертый вариант – термическая переработка отходов, предполагающая газификацию и пиролиз, с помощью которых происходит разложение органических отходов и образуется синтез-газ. Данная технология может быть использована для пере-

Таблица 2. Варианты устранения ТКО в странах Европы в 2009 г., % [6].

Страна	Переработка	Сжигание	Компостирование	Захоронение
Германия	48	34	14	0
Бельгия	36	35	24	5
Швеция	36	49	14	1
Швейцария	34	49	17	0
Ирландия	32	39	4	62
Нидерланды	32	39	28	1
Словения	34	1	2	62
Дания	34	48	14	4
Франция	18	34	16	32
Болгария	0	0	0	100
Румыния	1	1	0	99

работки больших количеств ТКО и производства электроэнергии, однако она является дорогой с точки зрения строительства, эксплуатации и обслуживания необходимых объектов [5].

Исследование вариантов устранения отходов в странах Европы в 2009 г. показало (табл. 2), что Болгария и Румыния захоранивают практически все отходы. Наибольшая доля варианта по переработке отходов (практически половина) представлена в Германии. Больше остальных сжигают отходы Швеция, Швейцария и Дания.

В крупных городах России пока практикуются три основных способа управления ТКО: хранение мусора на специально отведенных свалках (полигонное депонирование); сжигание; предварительная сортировка отходов и их переработка во вторичное сырье. Как показывают исследования, свыше 90 % ТКО просто вывозится на свалки. Выбор данного способа обусловлен более низкой стоимостью. В Российской Федерации находится около 11 тыс. официальных полигонов, в которых захоронено около 82 млрд т отходов. Их количество постоянно увеличивается, нанося тем самым огромный ущерб природе. По оценкам Международной финансовой корпорации (IFC), действующие в России полигоны уже загружены на две трети, 30 % из них не соответствуют санитарным правилам СП 2.1.7.1038.01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов твердых бытовых отходов», а площадь свалок нередко превышает 10 га. Эффективная инфраструктура переработки отходов в стране практически отсутствует. Функционируют лишь 7 мусоросжигательных, 5 мусороперерабатывающих заводов и 39 мусоросортировочных комплексов. В то же время опыт развитых стран показывает, что при рациональной организации переработки ТКО объем их утилизация может достигать 90 %.

На сегодняшний день в России переработка ТКО путем сортировки с выделением вторичного сырья находится на начальной стадии, поскольку данная отрасль еще только зарождается. Этот технологический процесс предусматривает разделение ТКО вручную или с помощью автоматизированных конвейеров на фракции различных веществ (металлов, пластмасс, стекла, костей, бумаги и других материалов) с целью их дальнейшей раздельной переработки на мусороперерабатывающих заводах. Для сортировки мусора функционируют мусоросортировочные комплексы, средняя производительность которых составляет около 180 000 т в год, что сопоставимо с количеством образования отходов небольших городов. Данные виды мусоросортировочных комплексов применяются практически во всех крупных городах России, хотя в мировой практике уже давно используются биотехнологические методы как с получением биогаза, так и с получением удобрений, биотоплива и различных энергоносителей. Сбору и утилизации в качестве вторичного сырья подвергаются, главным образом, отходы, которые характеризуются высоким уровнем ликвидности в сложившихся рыночных условиях: лом, стекло, отходы черных и цветных металлов. Пластмасса, бумага, картон и алюминиевые банки, составляющие, по оценкам специалистов, более 40 % ТКО, оказываются на полигонах, загрязняя окружающую среду. Использование же вторсырья дает возможность предприятиям, производящим упаковку, серьезно снижать издержки. Например, экономия от использования вторичного сырья при производстве упаковки составляет в среднем 20 % от себестоимости. А снижение расходов при использовании стеклобоя для производства стекла может составлять до 50 % [7].

Что касается Свердловской области, то сегодня на ее территории сложилась довольно сложная ситуация в сфере обращения с ТКО. Как и в большинстве регионов РФ, инфраструктура вторичной переработки ТКО в городах области развита слабо. В последние годы организации, занимающиеся переработкой вторичных материальных ресурсов (ВМР), реконструируются за счет собственных средств. Мало реализуется крупных проектов по переработке ВМР, так как бизнес в сфере рециклинга сложен и низкорентабелен. В основном в регионе строятся новые мощности по переработке полиэтиленовых бутылок, упаковки. Наблюдается недостаток материально-технического обеспечения процесса сбора и утилизации ТКО. Например, на полигоне ТБО «Широкореченский» в г. Екатеринбурге 1 декабря 2011 г. введен в эксплуатацию первый мусоросортировочный завод мощностью 100 тыс. т (первая очередь строительства), который позволяет подготавливать вторичное сырье, такое как бумага, картон, полимеры, древесина, резина, цветные и черные металлы, стекло. Запуск второй очереди по сортировке отходов мощностью 100 тыс. т в год произведен 27 декабря 2012 г. Однако работа мусоросортировочного завода является нерентабельной. Для стабильной и экономически выгодной работы мусоросортировочного завода в г. Екатеринбурге необходимо внедрение раздельного сбора ТКО на контейнерных площадках, применение инновационных технологий по сортировке ТКО, использование в полном объеме производственных мощностей завода. Другими отрицательными моментами в сфере обращения с ТКО в Свердловской области выступают: низкий уровень экологической культуры населения; недостаток полигонов ТКО, отвечающих требованиям природоохранного и санитарного законодательства; отсутствие цивилизованного рынка по сбору и утилизации ТКО; несоблюдение природоохранного и санитарного законодательства при обращении с ТКО; отсутствие точных сведений о морфологическом составе ТКО; отсутствие централизованного органа управления ТКО в регионе; неэффективная система учета образования, использования, утилизации ТКО; несовершенство системы распределения полномочий [8].

Для повышения объемов переработки ТКО в городах Свердловской области и всей Российской Федерации необходимо совершенствование организационных и экономических аспектов управления отходами. Организационно-экономический механизм управления ТКО должен базироваться на следующих принципах экономической заинтересованности и ответственности.

Во-первых, ответственность за действия по обращению с отходами не должна ложиться только на органы местного самоуправления, но и на потребителей и производителей. Речь в первую очередь идет о необходимости сокращения количества образования отходов у производителей и потребителей. Определенные шаги в данном направлении уже осуществлены. С целью реализации требований Федерального закона № 458 принятые следующие документы: «Перечень готовых товаров, включая упаковку, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств», «Нормативы утилизации отходов от использования товаров (продукции), в том числе потребительской упаковки таких товаров (продукции), после утраты потребительских свойств» и «Порядок взимания экологического сбора (в том числе порядок его исчисления, срок уплаты, порядок взыскания, зачета, возврата излишне уплаченных или излишне взысканных сумм экологического сбора)». В 2016 г. вступили в силу ключевые

положения, касающиеся новой системы регулирования в области обращения с отходами, с 2017 г. начал действовать запрет на размещение отдельных видов отходов, которые содержат полезные компоненты [9].

Во-вторых, отходы необходимо рассматривать как ресурс, который необходимо использовать, а не уничтожать. Как уже было сказано ранее, отходы можно использовать как энергетический ресурс. Кроме того, в странах с небольшой территорией на суше из промышленных и коммунальных отходов, прошедших термическую и механическую обработку, а затем спрессованных в брикеты, создают искусственные острова. Например, технология создания из мусора искусственных островов реализуется в Японии уже почти 10 лет. Семь японских островов являются искусственными. Самым известным и большим из них выступает Одайба. Находится он в Токийском заливе, а с центром Токио соединен Радужным мостом. На этом острове находятся парк развлечений с самым высоким колесом обозрения в мире и штаб-квартира компании Fuji TV. Строительство острова Юмэносима длилось почти десять лет. На нем расположены стадион, красивейший парк, теплицы с растениями и музей. Другой мусорный остров Огисима создавался специально для строительства на нем металлургического комбината. Еще одним искусственным островом является Тэннозу. Он стал местом проживания богатой столичной публики. Международный аэропорт Кансай проходит тоже на искусственном острове [10].

В-третьих, необходимо стимулирование развития инфраструктуры по обращению с городскими отходами. Для развития данного процесса в рамках российского законодательства произошли определенные изменения. В соответствии с Федеральным законом № 458 [3] в Российской Федерации понятие «организация коммунального комплекса» заменяется понятием «операторы обращения с твердыми коммунальными отходами», которое теперь обозначает организации, осуществляющие деятельность по сбору, транспортированию, захоронению, утилизации отходов. Кроме того, вводится понятие «региональный оператор». Это юридическое лицо, которому присваивается статус регионального оператора на основе конкурсного отбора на срок не менее чем 10 лет и который осуществляет свою деятельность в соответствии с региональной программой в области обращения с отходами и территориальной схемой обращения с отходами. Региональные операторы заключают договоры на оказание услуг по обращению с ТКО с собственниками ТКО. Регулируемые виды деятельности (обработка ТКО, обезвреживание ТКО, захоронение ТКО, оказание услуг по обращению с ТКО региональным оператором) осуществляются региональными операторами по ценам, определенным соглашением сторон, но не выше предельных тарифов на осуществление соответствующих регулируемых видов деятельности в области обращения с ТКО, установленных органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области регулирования тарифов. К нерегулируемым видам деятельности в области обращения с отходами относятся сбор и транспортирование, утилизация ТКО, за исключением случаев осуществления указанных видов деятельности региональным оператором в составе оказания услуг по обращению с ТКО региональным оператором. Нерегулируемые виды деятельности в области обращения с ТКО осуществляются по ценам, определенным соглашением сторон. Затраты на утилизацию и обработку ТКО не входят в состав единого тарифа на услуги регионального оператора, поскольку в соответствии со статьей 24.5 Федерального закона № 89 в редакции Федерального закона № 458 они обеспечиваются за счет экологического сбора [11].

В-четвертых, необходимо принятие государственных мер по уменьшению количества отходов в источнике образования. Например, в Республике Корея с 1990-х гг. реализуется стратегия сокращения количества отходов, позволившая снизить душевое образование отходов с 1994 по 2009 г. на 23 %, закрыть 1000 полигонов для размещения отходов, базирующихся на следующих механизмах:

1. Введение системы платежей за размещение отходов на основе объема, применимого к сектору домовладений и малому коммерческому сектору. Действенность данной системы обеспечивается за счет того, что: 1) требуется отделение вторичных ресурсов (бумага, банки, бутылки, лом черных металлов, пластик) от коммунальных отходов; они складируются в специальные контейнеры и вывозятся бесплатно; 2) коммунальные отходы собираются в стандартные пластиковые мешки для мусора, цена которых включается в затраты на сбор, транспортировку и размещение отходов; 3) крупногабаритные отходы (электроника, электроприборы и мебель), отходы строительства и сноса, пищевые отходы собираются раздельно и требуют соответствующей оплаты.

2. Установление ограничений на производство, использование и распределение предприятиями продукции разового пользования: одноразовой посуды, одноразовых контейнеров из синтетических пластмасс, одноразовых предметов гигиены, одноразовых мешков и сумок для покупок (за исключением бумажных), одноразовых рекламных материалов, одноразовых изделий для подбадривания спортсменов или артистов. В случае незаконного использования, производства и распределения данной продукции налагается значительный штраф в размере около 2600 долл. США. С целью обеспечения должного контроля за выполнением требований законодательства в министерстве охраны окружающей среды действует система премирования должностных лиц, выявивших факт незаконного использования продукции одноразового пользования. В крупных торговых центах и на рынках действует система компенсации за возвращенные после использования пластиковые мешки и сумки.

3. Введение запрета и ограничений на использование упаковочных материалов, трудно поддающихся рециклингу. Например, не разрешается использовать упаковочные материалы с нанесенным слоем поливинилхлорида (ПВХ), реализуется программа ежегодного снижения использования упаковки, изготовленной из синтетических смол. По упаковочным материалам для пищевых продуктов, косметических и моющих средств, сопутствующих лекарственных препаратов и одежды установлены нормативы для вакуумного пространства в упаковке (10–35 %) и количества слоев в упаковке в ящике или контейнере (не более двух) [12].

В России уменьшению количества отходов в источнике образования может способствовать введение экологического сбора, необходимость уплаты которого возникает у производителей и импортеров товаров, когда они не обеспечивают самостоятельную утилизацию отходов от использования товаров (п. 7 ст. 24.2 Федерального закона № 89) или ими не были достигнуты установленные нормативы утилизации отходов. Данные нормативы устанавливаются для каждой группы товаров, подлежащих утилизации. При этом учитываются экономические условия, потенциальная опасность отходов для здоровья человека и окружающей среды, а также технологическая возможность их утилизации. С целью стимулирования ответственных производителей и импортеров товаров нормативы утилизации отходов могут быть уменьшены: при перевыполнении нормативов утилизации в предыдущем календарном году (п. 13 ст. 24.2 Федерального закона № 89); если упаковка товара, подлежащего утилизации, произведена из вторичного сырья (п. 14 ст. 24.2 Федерального закона № 89-ФЗ). Ставка экологического сбора формируется на основе средних сумм затрат на сбор, транспортирование, обработку и утилизацию единичного изделия или единицы массы изделия, утратившего свои потребительские свойства [13]. Использование подобной системы экономических мер в отечественной практике, несомненно, обеспечит снижение объема ТКО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об отходах производства и потребления: федер. закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

2. О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления»: федер. закон от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

3. В Свердловской области сформирована территориальная схема обращения с ТКО. Новости Правительства Свердловской области. URL: http://www.midural.ru/news/list/document88964

4. Стратегический план развития МО «Город Екатеринбург» до 2020 года: утв. решением Екатеринбургской городской Думы от 26.10.2010 г. № 67/30.

5. Дерек Сильван. Муниципальные твердые отходы в городе Нью-Йорке: экономический и экологический анализ вариантов размещения // Экономика природопользования. 2016. № 2. С. 34–37.

6. Ежова А. А., Андросова Н. К. Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Сер. Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13. Вып. 3. С. 94–97.

7. Кириллов В. В. Об утилизации отходов в Российской Федерации. Отраслевой портал. URL: http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=193

8. О Комплексной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории Свердловской области до 2030 года: постановление Правительства Свердловской области от 21.10.2013 г. № 1259-ПП (ред. от 07.05.2015 г.). Доступ из электронного фонда правовой и нормативно-технической документации АО «Кодекс».

9. Петелин Е. В. Нормативно-правовое обеспечение экологической безопасности: экономические аспекты правоприменения при работе с отходами производства и потребления // Вестник МПА. 2015. № 4. С. 70–73.

10. Искусственные острова Японии. URL: http://istori4ki.livejournal.com/3087.html

11. Нефедьев Н. Б. О реализации Федерального закона № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации» // Вестник МПА. 2015. № 4. С. 73–76.

12. Политика Республики Корея в области обращения с отходами // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2016. № 7. С. 113–129.

13. Утилизация отходов от использования товаров и экологический сбор: вести с полей // Справочник эколога. 2016. № 3. URL: http://www.profiz.ru/eco/3_2016/util_OIT

REFERENCES

1. *Ob othodah proizvodstva i potrebleniya: feder. zakon ot 24.06.1998 g. № 89-FZ (red. ot 28.12.2016)* [On production and consumption wastes: Federal Law of June 24, 1998, No. 89-FZ (revised as of December 28, 2016)].

2. *O vnesenii izmeneniy v Federal'nyi zakon «Ob othodah proizvodstva i potrebleniya»: feder. zakon ot 29 dekabrya 2014 g. № 458-FZ* [On Amending the Federal Law "On Wastes of Production and Consumption": Federal Law of December 29, 2014 No. 458-FZ.].

3. *V Sverdlovskoy oblasti sformirovana territorial'naya skhema obrashheniya s TKO. Novosti Pravitel'stva Sverdlovskoy oblasti* [In the Sverdlovsk region, a territorial scheme for the treatment of SMW has been formed. News of the Government of Sverdlovsk region]. Available at: http://www.midural.ru/news/list/document88964

4. *Strategicheskiy plan razvitiya MO «Gorod Ekaterinburg» do 2020 goda: utv. resheniem Ekaterinburgskoj gorodskoy Dumy ot 26.10.2010 g. № 67/30* [The strategic plan for the development "Ekaterinburg City" until 2020: approved by the decree of Ekaterinburg City Duma of 26.10.2010, No. 67/30].

5. Derek Sil'van. 2016, *Municipal'nye tverdye othody v gorode N'yu-Yorke: ekonomicheskiy i ekologicheskiy analiz variantov razmeshcheniya* [Municipal Solid Waste in the City of New York: Economic and Environmental Analysis of Accommodation Options]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Environmental economics], no. 2, pp. 34–37.

6. Ezhova A. A., Androsova N. K. 2013, *Sravnitel'nyi analiz zarubezhnogo i rossiyskogo opyta v sfere obrashheniya s tverdymi bytovymi othodami* [Comparative analysis of foreign and Russian experience in the field of solid waste management]. *Izv. Saratov. un-ta. Novaya seriya. Ser. Himiya. Biologiya. Ekologiya* [Izvestiya of Saratov University. New Series. Chemistry. Biology. Ecology], vol. 13, no. 3, pp. 94–97.

7. Kirillov V. V. *Ob utilizatsii othodov v Rossiyskoy Federatsii. Otraslevoy portal* [On the utilization of waste in the Russian Federation. Industry portal], Available at: http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=193

8. *O Kompleksnoy strategii po obrashcheniyu s tverdymi kommunal'nymi othodami na territorii Sverdlovskoy oblasti do 2030 goda: postanovlenie Pravitel'stva Sverdlovskoy oblasti ot 21.10.2013 g. № 1259-PP (red. ot 07.05.2015 g.)* [On the Integrated Strategy for Solid Waste Management in the Territory of the Sverdlovsk Region until 2030: Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region No. 1259-PP dated October 21, 2013 (as amended on May 7, 2015).].

9. Petelin E. V. 2015, *Normativno-pravovoe obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti: ekonomicheskie aspekty pravoprimeneniya pri rabote s othodami proizvodstva i potrebleniya* [Normative and legal support of ecological safety: economic aspects of law enforcement when dealing with production and consumption wastes]. *Vestnik MPA* [Bulletin of Interparliamentary Assembly], no. 4, pp. 70–73.

10. *Iskusstvennye ostrova Yaponii* [Artificial islands of Japan], Available at: http://istori4ki.livejournal.com/3087.html

11. Nefed'ev N. B. 2015, *O realizatsii Federal'nogo zakona № 458-FZ «O vnesenii izmeneniy v Federal'nyj zakon «Ob othodah proizvodstva i potrebleniya», otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii i priznanii utrativshimi silu otdel'nyh zakonodatel'nyh aktov (polozheniy zakonodatel'nyh aktov) Rossiyskoy Federatsii»* [On the implementation of the Federal Law No. 458-FZ "On Amendments to the Federal Law "On Production and Consumption Wastes", certain legislative acts of the Russian Federation and the recognition of certain legislative acts (provisions of legislative acts) of the Russian Federation as invalid"]. *Vestnik MPA* [Bulletin of Interparliamentary Assembly], no. 4, pp. 73–76.

12. 2016, *Politika Respubliki Koreya v oblasti obrashcheniya s othodami* [Policy of the Republic of Korea in the field of waste management]. *Problemy okruzhayushhey sredy i prirodnykh resursov* [Problems of the environment and natural resources], no. 7, pp. 113–129.

13. 2016, *Utilizatsiya othodov ot ispol'zovaniya tovarov i ekologicheskiy sbor: vesti s poley* [Disposal of waste from the use of goods and environmental charges: conduct from the fields]. *Spravochnik ekologa* [Ecologist Handbook], no. 3, Available at: http://www.profiz.ru/eco/3_2016/util_OIT

Людмила Анатольевна Мочалова,
lyudmila.mochalova@m.ursmu.ru
Вера Васильевна Юрак,
vera_yurak@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Дмитрий Александрович Гриненко
p_q@mail.ru
Институт экономики УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29

Lyudmila Anatol'evna Mochalova,
lyudmila.mochalova@m.ursmu.ru
Vera Vasil'evna Yurak,
vera_yurak@mail.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

Dmitriy Aleksandrovich Grinenko
p_q@mail.ru
Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS
Ekaterinburg, Russia

УДК 338.439.223 (471.50) DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-102-107

ЛЕСОСЫРЬЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА: СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В. Г. Логинов, М. Н. Игнатьева

Forest resources potential of the Ural Federal district: the state and utilization

V. G. Loginov, M. N. Ignat'eva

The authors present a full characterization of the forest resource potential of the Ural Federal District (UFD) with differentiation by regions: Kurgan region, Sverdlovsk and Tyumen regions, Khanty-Mansi Autonomous region – Yugra, Yamalo-Nenets Autonomous region and Chelyabinsk region. The authors assess The UFD position among the federal districts of Russia by the presence of forestland areas, forest cover and total reserves, as well as the volume of harvested wood. Within the Ural Federal district, the authors analyze the distribution of forests by the intended purpose and use of the cutting area. One can also see characteristics of the age composition of forests and the ratio of coniferous and deciduous species. The fire damage to the forests and their restoration gains particular attention. The authors connect the number of fires and the area covered by fires with the climatic factor and the forest tracts location. The analysis shows that with the total forest area burnt by fires over 15 years (2000–2015) of 1543.6 thousand hectares, which fits the forest-covered area of the Kurgan region, the volume of reforestation is decreasing. Their volume in comparison with 1990 has decreased almost threefold. A sharp decline in reforestation works in the Yamal-Nenets Autonomous region remains inexplicable, as well as its clearly lowered volume in the Chelyabinsk region. The situation with the use of forest recourse potential is also problematic: wood production has declined in all regions of the Ural Federal district, although it has increased in the Russian Federation as a whole. The article reflects the problems hampering the development of the forest harvesting industry, and the proposals for their solution through the thorough processing of raw materials and the output of products with high added value. The requirements for this are the restructuring of enterprises of the forest industry complex, the modernization of production, the creation of regular transport routes, the improvement of the organizational structures of the forest business, etc.

Keywords: forest resources potential; parameters; state; dynamics; usage.

Приводится полная характеристика лесосырьевого потенциала Уральского федерального округа (УрФО) с дифференциацией по регионам: Курганская область, Свердловская и Тюменская области, Ханты-Мансийский автономный округ ХМАО – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ и Челябинская область. Оценивается место УрФО среди федеральных округов России по наличию площади земель лесного фонда, лесистости и общему запасу, а также объему заготовленной древесины. В рамках УрФО анализируется распределение лесов по целевому назначению и использованию расчетной лесосеки. Получает свою характеристику возрастной состав лесов и соотношение хвойных и лиственных пород. Особое внимание уделяется поражению лесов пожарами и их восстановлению. Количество пожаров и площадь, пройденная пожарами, увязываются с климатическим фактором и месторасположением лесных массивов. При общей площади лесных земель, пройденных пожарами за пятнадцать лет (2000–2015) в 1543,6 тыс. га, что соответствует лесопокрытой площади Курганской области, объем лесовосстановительных работ, как показал анализ, снижается. Их объем по сравнению с 1990 г. уменьшился почти втрое. Остается необъяснимым резкое снижение лесовосстановительных работ в ЯНАО, а также их явно заниженный объем в Челябинской области. Достаточно проблематична ситуация и с использованием лесосырьевого потенциала: производство древесины снизилось во всех регионах УрФО, притом, что в целом по Российской Федерации оно увеличилось. В статье получают отражение проблемы, сдерживающие развитие лесозаготовительной отрасли, и предложения по их разрешению за счет углубленной переработки сырья и выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью. Требуются реструктуризация предприятий лесопромышленного комплекса, модернизация производства, создание транспортных путей регулярного действия, совершенствование организационных структур лесного бизнеса и т. д.

Ключевые слова: лесосырьевой потенциал; параметры; состояние; динамика; использование.

Лесные ресурсы в силу природно-климатических условий очень неравномерно распределены по территории страны – большая часть лесопокрытой площади приходится на Дальневосточный (37 %), Сибирский (35 %), Северо-Западный (11 %) и Уральский (9,3 %) федеральные округа. По запасам древесины первое место занимает Сибирский федеральный округ – 40 % от общероссийского запаса (табл. 1).

Объемы заготовленной древесины за 2012–2015 гг. в целом по России и в разрезе федеральных округов (ФО) представлены в табл. 2.

Уральский федеральный округ как по лесопокрытой площади, так и по запасам занимает 4-е место в стране, однако по объему заготовки древесины он находится только на 6-м месте. Лесистость территории составляет 38,2 %. Наиболее залесенными регионами являются Свердловская область (68,8 %, 2015 г.) и Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (53,9 %). Наименьшей величиной этого показателя отличаются Ямало-Ненецкий автономный округ, в земельном фонде которого более половины занята открытыми тундровыми пространствами (20,1 %) и Курганская область (22,1 %), имеющая самый высокий показатель сельхозугодий (62 %) и распаханности территории в УрФО (треть земельных угодий составляет пашня). В связи с сокращением объемов рубок в начале 1990-х гг. идет процесс расширения площади лесов и увеличения запасов древесины. За период с 1993 по 2015 г. в целом по УрФО на 13 140 тыс. га увеличилась лесопокрытая площадь, а запас – на 1250,6 млн м^3.

Самые значительные изменения лесопокрытой площади и запаса в относительных показателях произошли в Курганской области соответственно на 71,7 и 71,8 %, наименьшие – в ЯНАО (2,4 и 1,7 %). Изменились и удельные показатели запаса древесины на единицу площади. Данные изменения связаны со сдвигами в возрастной структуре древесных пород, при которых увеличение площади молодняков приводит к снижению удельных показателей на единицу площади, при увеличении площади более старших возрастов – к их увеличению.

По целевому назначению леса распределены на защитные (25,7 %) и эксплуатационные (74,3 %), имеющие значительные отличия по отдельным регионам (табл. 3).

Самая высокая доля защитных лесов – в Курганской и Челябинской областях, что обусловлено высоким удельным весом лесостепных и горно-лесных участков. В абсолютном отношении первенство принадлежит Ямало-Ненецкому автономному округу, на долю которого приходится 53 % защитных лесов УрФО, занимающих значительную часть лесов лесотундровых пространств. В наиболее залесенных регионах: в Свердловской, Тюменской областях и Ханты-Мансийском автономном округе, на долю которых приходится более трех четвертей эксплуатационных лесов (77 %), потенциальные возможности заготовки древесины оцениваются в размере свыше 50 млн м^3 в год при расчетной лесосеке 69,6 млн м^3. В целом расчетная лесосека Уральского федерального округа составляет 84,828 млн м^3. При ее определении при сплошных рубках из площади эксплуатационных лесов исключаются запасы особо защитных участков леса, а также спелые и перестойные насаждения, запас древесины, которых на одном гектаре 50 м^3 и менее[1]. Доля использования расчетной

[1] Об утверждении порядка исчисления расчетной лесосеки: приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 08.06.2007 г. № 148. URL: http://legalacts.ru/doc/prikaz-mpr-rf-ot-08062007-n-148/ (дата обращения 01.08.2017).

Таблица 1. Распределение лесных ресурсов по федеральным округам РФ, 2015 г. (на конец года) [1].

Федеральный округ и РФ	Площадь земель лесного фонда и земель иных категорий, на которых расположены леса, тыс. га		Лесистость территорий, %	Общий запас древесины, млн м^3
	Всего	Покрытая лесом		
Дальневосточный	505 815	295 215	47,9	20 503,2
Сибирский	372 898	276 776	53,8	33 312,3
Северо-Западный	118 288	88 530	52,5	10 373,3
Уральский	**115 239**	**694 973**	**38,2**	**8135,6**
Приволжский	41 277	37 743	36,4	5685,7
Центральный	24 631	22 636	34,8	3977,0
Южный	3425	2648	6,3	491,5
Северо-Кавказский	2194	1697	10,0	276,7
Крымский	335	308	11,4	35,7
РФ	**1 184 101**	**795 049**	**46,5**	**82 791,0**

Таблица 2. Объемы заготовленной древесины (тыс. м^3)[2].

Федеральный округ и РФ	2012	2013	2014	2015
Сибирский	56 474	56 783	61 224	68 046
Северо-Западный	49 858	51 239	51 982	51 942
Приволжский	31 607	32 119	33 332	31 042
Центральный	20 412	22 824	24 781	22 641
Дальневосточный	15 034	13 937	15 331	15 856
Уральский	**16 453**	**15 323**	**15 076**	**14 710**
Южный	981	831	863	735
Северо-Кавказский	214	205	176	171
РФ	**191 033**	**193 261**	**202 766**	**205 144**

Таблица 3. Распределение лесов по целевому назначению, тыс. га/уд. вес, %, и расчетная лесосека Уральского федерального округа [2–12].

Леса	Курганская обл.	Свердловская обл.	Тюменская обл.	ХМАО – Югра	ЯНАО	Челябинская обл.	Всего
Защитные	1298,3 71,2	3707,9 23,5	1182,2 10,4	2763,9 5,6	12 496,7 39,4	2065,4 78,2	23 514,4 25,7
Эксплуатационные	527,0 28,8	12 091,6 76,5	10 237,3 89,6	46 591,4 94,4	19 188,9 60,6	576,5 21,8	89 212,7 74,3
Всего	1825,3 100,0	15 799,5 100,0	11 419,5 100,0	49 355,3 100,0	31 685,6 100,0	2641,9 100,0	112 727,1 100,0
	Расчетная лесосека, тыс. м^3, и процент ее использования						
Расчетная лесосека	1918,4 63,1	24 300 26,7	16 100 11,7	29 200 12,1	11 308 2,5	2007,6 62,1	84 828 17,3

Таблица 4. Распределение лесов по возрасту, тыс. га/% [2–12].

Возраст	Курганская обл.	Свердловская обл.	Тюменская обл.	ХМАО – Югра	ЯНАО	Челябинская обл.	Всего
Молодняки	340,9 *22,8*	2714,8 *27,7*	528,5 *7,7*	3054,3 *10,9*	1384,3 *9,3*	470,1 *20,0*	8492,9 *13,4*
Средневозрастные	863,2 *57,6*	2873,7 *29,4*	1853,1 *27,0*	5671,3 *20,2*	3527,3 *23,8*	1273,4 *54,2*	16062 *25,4*
Приспевающие	171,3 *11,4*	1119,5 *11,4*	1126,9 *16,4*	3559,5 *12,7*	1947,1 *13,2*	283,6 *12,0*	8307,9 *13,1*
Спелые и перестойные	123,3 *8,2*	3085,0 *31,5*	3352,4 *48,9*	15739,3 *56,2*	7957,0 *53,7*	323,6 *13,8*	30457,3 *48,1*
Всего	1498,7 *100,0*	9793,0 *100,0*	6860,9 *100,0*	28024,4 *100,0*	14815,7 *100,0*	2350,7 *100,0*	63313,4 *100,0*

[2] ЕМИСС – государственная статистика. Объем заготовленной древесины. URL: https://fedstat.ru/indicator/37848 (дата обращения 17.04.2017).

Таблица 5. Динамика количества пожаров (ед.)/площадь лесных земель, пройденная пожарами, га [1, 13, 14].

Регион УрФО	2001*–2005	2006–2010	2011–2015	2007	2010	2015
Курганская обл.	4968/994	5462/1092	2294/459	400	1787	242
	84 675/16 935	65 598/13 119	17 265/3453	2586	20 878	3274
Площадь, пройденная одним пожаром, га	17,0	12,0	7,5	6,5	11,7	13,5
Свердловская обл.	5066/1013	6994/1399	3752/750	174	2243	274
	44 524/8905	327 604/65 521	41 714/8343	680	253 701	1871
Площадь, пройденная одним пожаром, га	8,8	46,8	11,1	3,9	113,1	6,8
Тюменская обл.	4784/957	6469/1294	2016/403	171	1810	84
	41 655/8331	102 646/20 529	12 628/2526	385	33 779	424
Площадь, пройденная одним пожаром, га	8,7	15,9	6,3	2,25	18,7	5,0
ХМАО – Югра	3869/774	1945/389	3521/704	399	440	218
	217 151/43 430	94 237/18847	215 134/43027	15 088	52 418	1567
Площадь, пройденная одним пожаром, га	56,1	48,4	61,1	37,8	119,1	7,2
ЯНАО	1034/207	713/143	1716/343	297	39	56
	10 305/2061	11 239/2248	217 611/43 522	4007	220	798
Площадь, пройденная одним пожаром, га	10,0	15,7	126,9	13,5	5,6	14,25
Челябинская обл.	8909/1782	11713/2342	4266/853	549	3517	541
	33 733/6747	83 017/16 603	39 795/7959	1093	11 643	3325
Площадь, пройденная одним пожаром, га	3,8	7,1	9,3	2,0	3,3	6,1
Итого по УрФО	**28 630/5726**	**33 296/6659**	**17 565/3513**	**1990**	**9836**	**1415**
	335 448/67 090	**662 204/132 441**	**545 984/109 197**	**23 819**	**372 637**	**11 259**
Площадь, пройденная одним пожаром, га	11,7	19,9	31,1	12,0	37,9	8,0

Жирным шрифтом выделены среднегодовые показатели; *показатели 2000 г. из-за отсутствия данных за 2001 г.

лесосеки (2015) изменяется от 63 % в Курганской и 62 % в Челябинской областях до 2,5 % в ЯНАО при среднем ее показателе по УрФО 17,3 %.

Возрастная структура лесов Уральского федерального округа имеет значительные отличия даже в рамках отдельных его субъектов, особенно в пределах наиболее крупных по площади, таких как ХМАО – Югра (табл. 4). Сложившаяся возрастная структура по субъектам Федерации УрФО коррелируется с показателями, характеризующими рост лесопокрытой площади и запаса древесины лесного фонда.

Определенные отличия имеет и сложившееся соотношение хвойных и лиственных пород по регионам УрФО. Наибольшая доля хвойных пород отличает лесные массивы ХМАО – Югры и ЯНАО (80,1 и 84,9 %). Лесные массивы УрФО подвержены воздействию различных неблагоприятных факторов, пагубно воздействующих на их состояние, среди которых лесные пожары, повреждения насекомыми и болезнями леса, неблагоприятные почвенно-климатические условия. В этом отношении большой урон лесному хозяйству наносят пожары, ежегодно возникающие в лесах. Площадь, пройденная ими, зависит от погодных условий того или иного года и человеческого фактора, являющегося во многих случаях причиной этого не совсем стихийного бедствия. Так, в Свердловской области большинство пожаров за последние годы произошло по вине человека (47 %). Значительное количество пожаров (36 %) возникло в периоды длительной засухи после прохождения сухих гроз (табл. 5).

Роль климатического фактора четко проявляется в динамике количества произошедших пожаров. Самые низкие показатели по пятилетиям (за период 2000–2015 гг.) были в начале 2000-х гг., когда площадь, пройденная пожарами, оказалась в два раза ниже при сравнении с таковой следующего пятилетия. На самый жаркий год этого пятилетия, 2010-й, пришлось максимальное количество пожаров (9836) и пострадавших от них лесных площадей (372,6 тыс. га). Эти показатели превышали их общее количество за предшествующий пятилетний период. И, наоборот, прохладное лето 2015 г. оказалось наименее пожароопасным.

Наиболее крупные площади, приходящиеся на один пожар, располагаются в труднодоступных и удаленных участках лесного фонда. К таким относятся северо-восточные районы Свердловской области (максимальная площадь, пройденная одним пожаром, достигает 113 га), большая часть Ханты-Мансийского (119 га) и Ямало-Ненецкого (127 га) автономных округов. Тогда как в имеющих большую доступность районах Курганской, Тюменской и Челябинской областях максимальные показатели составляют соответственно 17; 18,7 и 9,3 га. Удельная площадь лесных земель, погибших от пожаров в лесопокрытой площади УрФО, даже в самый пожароопасный год, 2010-й, составила 0,5 %, но, учитывая, что пожары происходят ежегодно, общая площадь, лесных земель, пройденных пожарами, составила с 2000 по 2015 г. 1543,6 тыс. га, что соответствует лесопокрытой площади Курганской области. Для преодоления негативных тенденций необходима своевременная диагностика состояния лесов, прогнозы

пожароопасных сезонов, организация авиапатрульных работ, внедрение новых методов профилактики пожаров и автоматизированных систем связи, а также использование современных технических средств тушения пожаров.

Вырубленные, погибшие, поврежденные леса подлежат воспроизводству путем лесовосстановления (естественного, искусственного, комбинированного). Естественное восстановление лесов осуществляется за счет их самовосстановления, искусственное – путем создания лесных культур (посадки сеянцев, саженцев, черенков или посева семян лесных растений), комбинированное – за счет сочетания этих двух видов. Лесовосстановительные мероприятия на каждом лесном участке осуществляются в соответствии с проектом и утвержденными правилами. Согласно статистическим данным, как в целом по РФ, так и по УрФО с начала 1990-х гг. в связи с рыночными преобразованиями произошло значительное снижение объемов работ по лесовосстановлению. К 2000 г. они по сравнению с 1990 г. уменьшились в 2,7 раза: с 175,6 до 64,3 тыс. га, оставаясь в дальнейшем примерно на этом же уровне (табл. 6).

Сопоставление площадей, пройденных пожарами, и площадей лесовосстановительных работ показало, что в ряде случаев восстановительные работы существенно отстают от требуемых объемов (табл. 7).

В целом, как следует из анализа доля лесовосстановительных работ в сопоставимости с площадью, пройденной пожарами, в последние пятилетия составляет 48–54 % (это притом, что остаются неучитываемые объемы вырубки леса). Одна из причин заключается в том, что объемы восстановительных работ не увязываются с фактической ситуацией, касающейся пожаров. Так, в Курганской области это 3200–4580 га/год, в Свердловской области – 21 260–25 600 га/год, в Тюменской области – 6600–7780 га/год, в Челябинской области – 3220–3460 га/год, в ХМАО – Югре – 17 600–20 240 га/год и в ЯНАО – 700–4720 га/год. Остается необъяснимым снижение лесовосстановительных работ в ЯНАО до 700 га/год, а также явно заниженный объем ежегодных лесовосстановительных работ в Челябинской области, где на протяжении всего анализируемого периода доля восстановительных работ не превысила 51,3 %.

С 2010 г. для учета заготовки древесины для промышленной деятельности в соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2007 (КПЕС 2002) (ОКПД) вместо показателя вывозка древесины выведен новый показатель – производство необработанной древесины. Как следует из анализа, производство древесины в УрФО за последние годы снизилось, при том что в целом по РФ оно увеличилось на 7,3 % – с 191,8 до 205,1 млн плотных метров. Отрицательная динамика наблюдается во всех регионах УрФО. Наибольший уровень производства древесины характерен для ЯНАО (50,7 %) и Тюменской области (84,0 %). К числу отрицательных тенденций может быть также отнесено снижение

Таблица 6. Динамика лесовосстановительных работ, га [1, 13, 14].

Регион УрФО	2001–2005	2006–2010	2011–2015	2007	2010	2015
Курганская обл.	16 100/3220	22 900/4580	20 500/4100	4500	4600	3800
Свердловская обл.	106 300/21 260	119 100/23 820	128 000/25 600	24 200	25 600	24 400
Тюменская обл.	33 300/6660	34 100/6820	38 900/7780	7800	6700	6700
ХМАО – Югра	95 700/19 140	101 200/20 240	88 000/17 600	20 900	18 300	14 700
ЯНАО	23 600/4720	23 700/4740	3500/700	4800	4800	500
Челябинская обл.	17 300/3460	16 900/3380	16 100/3220	3400	3800	2800
Итого по УрФО	**292 400/58 480**	**317 700/63 540**	**295 000/59 000**	**65 600**	**63 800**	**52 900**

Жирным шрифтом выделены среднегодовые показатели.

Таблица 7. Сопоставление площадей, пройденных пожарами, и площадей лесовосстановления.

Регион	2001–2005		2006–2010		2011–2015	
Курганская обл.	16 100/3200 84 675/16 935	19,0*	22 900/4580 65 598/13 119	34,9	20 500/4100 17 265/3453	118,7
Свердловская обл.	106 300/21 260 44 524/8905	238,7*	119 100/23 820 327 604/65 521	36,4	128 000/25 600 41 714/8343	306,8
Тюменская обл.	33 300/6660 41 655/8331	80,0*	34 100/6820 102 646/20 529	33,2	38 900/7780 12 628/2526	308,0
ХМАО – Югра	95 700/19 140 217 151/43 430	44,1*	101 200/20 240 94 237/18 847	107,4	88 000/17 600 215 134/43 027	40,9
ЯНАО	23 600/4720 10 305/2061	229,0*	23 700/4740 11 239/2248	210,8	3500/700 217 611/43 522	1,6
Челябинская обл.	17 300/3460 33 733/6747	51,3*	16 900/3380 83 017/16 603	20,4	16 100/3220 39 795/7959	40,4
Итого	**292 400/58 480** **335 448/67 090**	**87,2***	**317 700/63 540** **662 204/132 441**	**48,0**	**295 000/59 000** **545 984/109 197**	**54,0**

В числителе – лесовосстановительные работы, га; в знаменателе, пройденные пожаром, га. Жирным шрифтом выделены среднегодовые показатели; *доля лесовосстановительных работ в сопоставимости с площадью, пройденной пожарами.

удельного веса необработанной древесины при незначительном увеличении этого показателя в целом по РФ (104,0 %), в регионах УрФО он составляет 66,4 % (при отсутствии информации по Тюменской области и ЯНАО). Существенное изменение этого показателя в Свердловской области связано с модернизацией производств, что повлияло на общую картину с производством необработанной древесины в УрФО.

К проблемам, сдерживающим развитие лесозаготовительной отрасли и ограничивающим отдачу от использования лесосырьевого потенциала УрФО, следует отнести невостребованность древесины лиственных пород, что ведет к накоплению в эксплуатационном фонде малоценных лиственных пород и увеличению их доли в структуре расчетной лесосеки, что снижает эффективность лесозаготовительного производства. Удаленность регионов УрФО от основных экспортных рынков (Европа, Америка, Африка и Ближний Восток) заставляет лесопромышленников все больше ориентироваться на внутрироссийского потребителя продукции, а также расширять сотрудничество с азиатскими странами СНГ, где серьезную конкуренцию составляют лесопромышленные предприятия Китая.

Неустойчивое развитие лесозаготовительной отрасли сказывается на ее финансово-экономических показателях. Несмотря на положительные в целом сальдированные финансовые результаты отдельных лет (2006, 2012, 2013 и 2015 гг.), около половины предприятий и организаций были убыточными. Положительные результаты в отрасли в 2006 г. были достигнуты за счет сокращения числа предприятий, что, в свою очередь, обусловило сокращение численности работающих и повлияло в худшую сторону на социальную обстановку в районах лесозаготовок. С принятием нового Лесного кодекса (ноябрь 2006 г.) положение в отрасли не улучшилось. Положительные результаты по некоторым субъектам РФ и в целом по УрФО были получены только в отдельные годы. Среднегодовые показатели доли убыточных хозяйств составили 48 % (2010–2015 гг.) К числу недостатков относится и отсутствие в Лесном кодексе положений о сохранении биоразнообразия лесов высокой природоохранной ценности и т. д. [15].

В сфере лесопользования России борются две тенденции – старая модель, основанная на идеологии бесконечных неистощаемых запасов и экстенсивного их использования, и новая, давно используемая в скандинавских и других странах, модель интенсивного, рачительного лесопользования, ориентированная на углубленную переработку сырья и выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью [16, 17]. Если сопоставлять коэффициент полезного действия лесного бизнеса при экстенсивной и интенсивной модели в виде количества долларов, получаемых за кубометр срубленной древесины, то интенсивная модель оказывается вне конкуренции. В Финляндии, например, за кубометр древесины в итоге выручают 400 долларов, а в России не более 50 [18]. В 2000-е гг. наметились положительные тенденции в развитии лесной отрасли. Снижение производства деловой древесины способствовало относительному росту ее использования для производства лесопродукции с более высокой добавленной стоимостью. Это касается в первую очередь выпуска пиломатериалов, доля которых в производстве древесины увеличилась с 27,6 % (1990) до 30,8 % (2006). По сравнению с 1990 г. в настоящее время повысилось использование деловой древесины не только относительно, но по ряду показателей и в абсолютном выражении. Это, прежде всего, – производство клееной фанеры и картона – товаров, которые пользуются высоким рыночным спросом.

Процесс реструктуризации предприятий лесопромышленного комплекса в сторону глубины переработки древесины и их диверсификации значительными темпами идет в Ханты-Мансийском автономном округе, Свердловской и Тюменской областях, обладающих самыми значительными запасами лесных ресурсов в УрФО. Это связано с модернизацией действующих производств (Свердловская область) и появлением новых (производство МДФ и плит ЛВЛ, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра). В последнем он осуществляется благодаря высокой бюджетной поддержке развития отрасли. Для ЛПК Уральского федерального округа, как и для других регионов России, очень важно выйти не только на западные технологии заготовки и переработки древесины, но и на мировые стандарты сертификации леса, стандарты качества, стандарты бизнес-процессов в лесозаготовках и деревообработке [19].

Процесс освоения новых лесосырьевых баз требует создания транспортных путей регулярного действия, помимо этого необходимо совершенствование организационных структур лесного бизнеса. Одним из таких направлений является создание вертикально интегрированных предприятий, осуществляющих весь производственный цикл (заготовка, переработка и реализация готовой продукции), – холдингов. С ними специалисты Среднего Урала и других территорий УрФО связывают дальнейшее развитие лесного комплекса. В рамках формирующихся холдингов намечено построение схемы целевого лесопользования, обеспеченного закрепленным лесным фондом на условиях долгосрочной аренды, ориентированной на интенсивное производство с учетом развития лесозаготовительных предприятий малого бизнеса [20].

Холдинговая структура этих предприятий даст возможность покрывать убытки от заготовки леса за счет основной конечной продукции (пиломатериалы, бумага и др.) при снижении затрат на заготовку сырья за счет приобретения новой техники и помощи из бюджета на создание транспортной инфраструктуры. Производство глубокой переработки древесины может осуществляться при значительном транспортном разрыве цикла заготовки сырья и его потребления на расстоянии, при котором вывозка круглого леса является рентабельной, близкой к рентабельности и даже нерентабельной для лесозаготовительных предприятий, являющихся составной частью крупного лесопромышленного комплекса. Только крупные предприятия, занимающиеся переработкой древесины, могут проявить интерес к лесным ресурсам северной территории. Финансовые возможности таких объединений, исходя из экономической целесообразности, позволяют им делать выбор в отношении обеспечения производства сырьем: покупать его на рынке (крупные предприятия-потребители древесины имеют больше возможностей диктовать свои цены на сырье), или заниматься его заготовкой собственными силами.

Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН по теме № 0404-2015-0028 в ИСГЗ ФАНО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016: стат. сб. М.: Росстат, 2016. 1326 с.
2. Доклад об экологической ситуации в Свердловской области в 2015 году. Екатеринбург, 2016. 311 с.
3. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2015 году. Тюмень, 2016. 230 с.
4. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2015 году. Ханты-Мансийск, 2016. 175 с.
5. Доклад об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2015 году. Салехард, 2016. 171 с.
6. Государственная программа Челябинской области «Развитие лесного хозяйства Челябинской области» на 2014–2020 годы: утв. Постановлением Правительства Челябинской области от 22.10.2013 г. № 363-П (в редакции постановления Правительства Челябинской области от 23.03. 2016 г. №144-1). 56 с.
7. Лесной план Курганской области. Курган, 2014. 446 с.
8. Лесной план Свердловской области на 2009–2018 годы. Екатеринбург, 2013. 368 с.
9. Лесной план Тюменской области. Тюмень, 2016. 180 с.
10. Лесной план Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Ханты-Мансийск, 2012. 538 с.
11. Лесной план Ямало-Ненецкого автономного округа. Салехард, 2015. Кн. 1. 351 с.

12. Природные ресурсы и охрана окружающей среды Курганской области в 2015 году: гос. доклад. Курган, 2016. 225 с.
13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: стат. сб. М.: Росстат, 2009. 990 с.
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2010: стат. сб. М.: Росстат, 2010. 996 с.
15. Птичников А. В., Мокрушина Л. С. Переход к устойчивому лесопользованию: Россия и мир // Проблемы региональной экологии. 2008. № 3.С. 135–144.
16. Птичников А. В., Мокрушина Л. С. , Воропаев А. И. Возможности перехода к устойчивому управлению лесопользованием в России // Природопользование и устойчивое развитие. Мировые экосистемы и проблемы России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 250–265.
17. Наслунд Б. А., Хазел П., Фимошкина Г. Н. Государственное управление лесами Швеции // Лесной экономический вестник. 2007. № 4. С. 20–31.
18. Логинов В. Г., Балашенко В. В. Природно-ресурсный и рекреационный потенциал Уральского Севера: оценка и перспективы освоения. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2013. 232 с.
19. Петкау И. В. Научный подход к вопросам эффективного управления лесной промышленностью в России // Проблемы региональной экологии. 2009. № 4. С. 130–133.
20. Развитие Свердловского лесного комплекса связывают с созданием холдингов // ИА REGNUM. 2005. 22 февраля.

REFERENCES

1. 2016, *Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli, stat. sb.* [Socio-economic indicators. Statistical compilation], Moscow, 1326 p.
2. 2016, *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Sverdlovskoy oblasti v 2015 godu* [Report on the environmental situation in the Sverdlovsk region in 2015], Ekaterinburg, 311 p.
3. 2016, *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Tyumenskoy oblasti v 2015 godu* [Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2015], Tyumen', 230 p.
4. 2016, *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Hanty-Mansiyskom avtonomnom regione – Yugre v 2015 godu* [Report on the environmental situation in the Khanty-Mansi Autonomous Region – Yugra in 2015], Hanty-Mansiysk, 175 p.
5. 2016, *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Yamalo-Neneckom avtonomnom regione v 2015 godu* [Report on the environmental situation in the Yamal-Nenets Autonomous Region in 2015], Salehard, 171 p.
6. 2014, *Gosudarstvennaya programma Chelyabinskoy oblasti «Razvitie lesnogo hozyaystva Chelyabinskoy oblasti» na 2014–2020 gody: utv. Postanovleniem Pravitel'stva Chelyabinskoy oblasti ot 22.10.2013 g. № 363-P (v redaktsii postanovleniya Pravitel'stva Chelyabinskoy oblasti ot 23.03. 2016 g. №144-1)* [The state program of the Chelyabinsk region "Development of forestry in the Chelyabinsk region" for 2014-2020: approved. Decree of the Government of the Chelyabinsk region of 22.10.2013 № 363-P (in the edition of the resolution of the Government of the Chelyabinsk region of 23.03. 2016 No. 144-1)], 56 p.
7. 2014, *Lesnoy plan Kurganskoy oblasti* [Forest Plan of the Kurgan region], Kurgan, 446 p.
8. 2013, *Lesnoy plan Sverdlovskoy oblasti na 2009–2018 gody* [The Forest Plan of the Sverdlovsk Region for 2009-2018], Ekaterinburg, 368 p.
9. 2016, *Lesnoy plan Tyumenskoy oblasti* [Forest plan of the Tyumen region], Tyumen', 180 p.
10. 2012, *Lesnoy plan Hanty-Mansiyskogo avtonomnogo regiona – Yugry* [Forest plan of the Khanty-Mansiysk Autonomous Region - Ugra], Hanty-Mansiysk, 538 p.
11. 2015, *Lesnoy plan Yamalo-Neneckogo avtonomnogo regiona* [The forest plan of the Yamalo-Nenets Autonomous Region], Salehard, vol. 1, 351 p.
12. 2016, *Prirodnye resursy i ohrana okruzhayushhey sredy Kurganskoy oblasti v 2015 godu: gos. doklad* [Natural resources and environmental protection of the Kurgan region in 2015: state report], Kurgan, 225 p.
13. 2009, *Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli, stat. sb.* [Regions of Russia. Socio-economic indicators, Statistical compilation], Moscow, 990 p.
14. 2010, *Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli. stat. sb.* [Regions of Russia. Socio-economic indicators, Statistical compilation], Moscow, 996 p.
15. Ptichnikov A. V., Mokrushina L. S. 2008, *Perehod k ustoychivomu lesopol'zovaniyu: Rossiya i mir* [Transition to sustainable forest management: Russia and the World]. *Problemy regional'noy ekologii* [Regional Environmental Issues], no. 3, pp. 135–144.
16. Ptichnikov A. V., Mokrushina L. S. , Voropaev A. I. 2006, *Vozmozhnosti perehoda k ustoychivomu upravleniyu lesopol'zovaniem v Rossii* [Possibilities for transition to sustainable forest management in Russia]. *Prirodopol'zovanie i ustoychivoe razvitie. Mirovye ekosistemy i problemy Rossii* [Environmental management and sustainable development. World Ecosystems and Problems of Russia], Moscow, pp. 250–265.
17. Naslund B. A., Hazel P., Fimoshkina G. N. 2007, *Gosudarstvennoe upravlenie lesami Shvetsii* [State Forest Management of Sweden]. *Lesnoy ekonomicheskiy vestnik* [Forest Economic Bulletin], no. 4, pp. 20–31.
18. Loginov V. G., Balashenko V. V. 2013, *Prirodno-resursnyy i rekreacionnyy potencial Ural'skogo Severa: otsenka i perspektivy osvoeniya* [Natural and Resource Potential of the Urals North: Assessment and Prospects for Development], Ekaterinburg, 232 p.
19. Petkau I. V. 2009, *Nauchnyi podhod k voprosam effektivnogo upravleniya lesnoy promyshlennost'yu v Rossii* [The scientific approach to the issues of effective management of the timber industry in Russia]. *Problemy regional'noy ekologii* [Regional Environmental Issues], no. 4, pp. 130–133.
20. 2005, *Razvitie Sverdlovskogo lesnogo kompleksa svyazyvayut s sozdaniem holdingov* [The development of the Sverdlovsk forest complex is associated with the creation of holdings]. *IA REGNUM* [Information agency REGNUM].

Владимир Григорьевич Логинов,
log-wg@rambler.ru
Институт экономики УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29

Маргарита Николаевна Игнатьева
ief.etp@ursmu.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Vladimir Grigor'evich Loginov,
log-wg@rambler.ru
Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS
Ekaterinburg, Russia

Margarita Nikolaevna Ignat'eva
ief.etp@ursmu.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

История горного дела в России

ВКЛАД УНИВЕРСИТЕТОВ ЮГА РОССИИ В ГОРНЫЕ НАУКИ

В. И. Голик, Ю. И. Разоренов

Месторождения юга России являются одними из первых по времени промышленного освоения минерально-сырьевой базы Российского государства. Сегодняшняя общая проблема их разработки заключается в ослаблении темпов или полном прекращении эксплуатации. Прекратили свою производственную деятельность Садонский свинцово-цинковый, Тырныаузский вольфрамо-молибденовый комбинаты, в глубоком социально-экономическом кризисе оказался Восточный Донбасс, переходят на подземный способ разработки предприятия Курской магнитной аномалии. Проблемы горного производства в регионах юга России объясняется радикальным изменением отношений: изменением конъюнктуры металлов на рынке, ограничением условий торговли и обмена, угрозой минеральной безопасности России и другими факторами. Южно-Российский государственный политехнический университет решает проблемы обеспечения конкурентоспособности добычи угля в условиях становления рынка при ухудшении сортности угля и снижении производственной мощности при реструктуризации производства, а также предотвращения деградации окружающей среды под влиянием горных работ. Разрабатываются научные основы комплексной переработки хвостов углеобогащения с выпуском товарной продукции для поддержания экономики шахт, эксплуатирующих месторождения углей невысокого качества. Северо-Кавказский государственный технологический университет решает вопросы восстановления горного производства на месторождениях регионов СКФО и других регионов, использования селективной выемки богатых руд и вышелачивания бедных и некондиционных руд; утилизации отходов горно-металлургического производства и др. Основой технологической модернизации горного производства юга России должны стать инновационные технологии добычи и переработки первичного сырья и хвостов обогащения и металлургии с использованием малозатратных методов, эффективность которых будет определяться не столько приростом добычи металла из обогащенных участков, сколько полнотой использования недр. В вопросах подготовки горных специалистов университеты юга России активно сотрудничают друг с другом, с Фрайбергской горной академией, университетами Китая, Казахстана и других стран, а также с научными подразделениями своих контрагентов-предприятий.

Ключевые слова: университет; горное образование; горное предприятие; регион; резервы; добыча металлов; вышелачивание; руда; хвосты обогащения; механохимия.

Введение

На протяжении всего времени своего существования Россия активно занималась поисками и освоением минеральных ресурсов трудом предпринимателей, купцов и энергичных людей. Вовлечение в разработку новых месторождений совпадало с расширением границ России. Горнодобывающая промышленность создавала градообразующие центры, которые становились форпостами цивилизации и государственности.

Горнодобывающая царская Россия входила в группу индустриальных государств-лидеров, располагая мощной минерально-сырьевой базой и занимая по величине ресурсов места от первого до пятого. СССР увеличил разведанные запасы практически всех видов полезных ископаемых сравнению с запасами царской России в 4–27 раз. В самые тяжелые военные годы горнопромышленники смогли выявить и в беспрецедентно короткие сроки освоить месторождения стратегически важных металлических руд и углеводородов, чем внесли важный вклад в историческую победу народов СССР в Великой Отечественной войне.

После войны в отраслях, занятых разработкой месторождений черных, цветных, редких и драгоценных металлов, нефти, угля и других полезных ископаемых осуществлен прорыв в упрочении сырьевой базы горной промышленности, технологии и техники горных работ.

В новейшее время привлечение методов математики, физики, химии для решения проблем разработки месторождений позволило разработать научные основы новых физических процессов горного производства, управления состоянием горного массива, комплексной механизации и автоматизации горного производства, безлюдной выемки, поточной технологии, охраны окружающей среды, комплексного использования недр и т. п.

Реализация этих методов обеспечивалась созданием нового оборудования, средств комплексной механизации, автоматизации, физико-технического контроля и управления производством. Горная наука и практика того периода достигла крупных успехов в направлении комплексного освоения продуктов эксплуатации месторождений, полноты использования недр, учета требований экологии.

Страны СНГ располагают огромными потенциальными ресурсами минерального сырья и топлива, занимая ведущие позиции в мире по разведанным запасам угля, торфа, железной и марганцевой руд, бокситов, меди, свинца, никеля, вольфрама, нефти, природного газа и других полезных ископаемых. Страны СНГ имеют хорошо выверенную вертикаль управления производством минерального сырья в рамках горнопромышленного комплекса.

Самая молодая по виду сырья уранодобывающая отрасль горной промышленности за относительно короткий период сумела решить многие нетрадиционные специфические задачи добычи и переработки радиоактивных руд.

После распада СССР Россия, несмотря на изменение географии месторождений, сохранила обеспеченность основными природными ресурсами и вышла в лидеры среди горнодобывающих государств по числу и количеству добываемых минеральных продуктов.

Россия, находясь на рубеже Азия–Европа, включала в себя многие народы, которые в ее государственности искали безопасность и обеспечение жизнедеятельности. Это делало необходимым поиски и разработку месторождений минерального сырья для производства необходимой для жизни продукции [1–4].

В отличие от Европы с ее ограниченными территориями, строительство Русского государства осуществлялось на огромном пространстве, недра которого таили все, что было нужно людям. История освоения запасов недр России – это и есть история формирования России как государства.

С первых шагов молодой России освоение минеральных богатств было первоочередной задачей государства, что обеспечивало поддержку горнопромышленникам на всех уровнях. Горное дело считалось благородным и престижным занятием, а горнопромышленники в табели о рангах России стояли высоко, что было дополнительным стимулом в их деятельности.

Россия вышла на лидирующие позиции в мире уже в начале XIX в., занимая не ниже пятого места по основным показателям горного производства.

С первых шагов промышленного освоения запасов минерального сырья Россия готовила собственные кадры, перенимая опыт развитых горнодобывающих стран.

В горном производстве находили оперативную реализацию достижения ученых, инженеров и народных умельцев в части механизации горных работ.

Успехи горнодобывающей промышленности могли быть еще большими, если бы экономико-правовая система отвечала требованиям гуманного отношения к недрам с учетом интересов будущих поколений землян.

Главная проблема горнодобывающей промышленности России – неотвратимое перемещение горного производства в более сложные и некомфортные условия. В отработку вовлекаются ранее труднодоступные морские шельфы, глубокие горизонты, морские месторождения. Мощным месторождениям предстоит с открытой разработки перейти на подземную. Предприятиям Норильска, КМА, Урала, Кузбасса, Якутии предстоит осваивать глубины около 1–2,5 км.

Положение усложняется тем, что несовершенные и некоординируемые экономические и юридические законы недропользования в не связанных обязательствами странах позволяют добытчикам минерального сырья выборочно добывать наиболее богатые и доступные запасы, обедняя запасы в недрах для потомков.

Стержнем сегодняшней стратегии развития горнодобывающих отраслей является отказ от бесперспективных в настоящее время месторождений, как это сделано в угольной промышленности в Донбассе, в цветной металлургии в Кабардино-Балкарии, Северной Осетии и других регионах. Сторонники альтернативного направления считают, что эффективность таких месторождений может быть повышена совершенствованием технологии переработки некондиционного для существующих технологий сырья.

У человечества обозначились два пути. Первый – увеличивая мощность оборудования и возможности технологий опустошать недра, загромождая земную поверхность химически агрессивными отходами, и второй – селективная выемка минерального сырья в минимальных объемах горной массы с извлечением большинства полезных компонентов без выдачи руды на земную поверхность и извлечение металлов из хранящихся отходов первичной переработки. Второй путь требует изменения отношения к недрам на общечеловеческом уровне.

Месторождения юга России являются одними из первых по времени объектами промышленного освоения минерально-сырьевой базы Российского государства [5–8]. К глубокой древности восходят сведения о добыче цветных металлов Садона. В 1722 г. вышел именной указ Петра I о приискании на Дону и в Воронежской губернии каменного угля и руд. К 1773 г. относится открытие Курской магнитной аномалии. В1940 г. введен в эксплуатацию Тырныаузский вольфрамо-молибденовый комбинат, а в 1968 г. – Урупский горно-обогатительный комбинат.

В новейшей истории судьбы месторождений сложились по-разному. Проблема разработки месторождений юга России заключается в ослаблении темпов или полном прекращении их эксплуатации в постреформационный период нового времени.

Садонский свинцово-цинковый комбинат, имевший статус планово-убыточного с производственной мощностью 745 тыс. т руды в год, в 2003 г. прекратил свою производственную деятельность. Прекратил деятельность и Тырныаузский вольфрамо-молибденовый комбинат, добывавший 7 млн т руды в год. Не с полной нагрузкой работает Урупский горно-обогатительный комбинат. Угольная промышленность Восточного Донбасса оказалась в глубоком социально-экономическом кризисе. Сложное время переживают горные предприятия Курской магнитной аномалии.

Актуальность работ по восстановлению горного производства в регионах юга России объясняется резким изменением отношений в сфере получения сырья для металлургической промышленности: изменение конъюнктуры металлов на рынке, ограничение условий торговли и обмена, угрозы минеральной безопасности для России и другими факторами.

Проблемы отдельных добывающих регионов формируются исторически складывающимися экономическими, природными и технологическими факторами.

Целью настоящей работы является формулировка проблемы возрождения производства минерального сырья на юге России и роли ее региональных университетов применительно условиям формирования и эксплуатации рудных и нерудных месторождений. Рассматриваемая тема актуальна для высших учебных заведений мира.

Вклад региональных университетов в развитие горных наук оценивается, исходя из производственной и социально-экономической специфики регионов и полноты решения стоящих перед ними задач в исторических срезах.

В освоении природных богатств, обеспечивающих базу российской государственности, территориальные институты горного направления юга России принимали активное участие с первых шагов своего существования [9–10].

Южно-Российский государственный технологический университет

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова – первое высшее учебное заведение на юге России, учрежден в 1907 г. с использованием кадров Варшавского политехникума в качестве ядра его профессорско-преподавательского состава.

В 1930 г. Донской политехнический институт был разделен на несколько высших технических учебных заведений, часть из которых в 1933 г. были вновь объединены в единый институт, который назывался вначале Северо-Кавказским индустриальным институтом, а через год – Новочеркасским индустриальным институтом им. Серго Орджоникидзе. В 1948 г. институт получил название Новочеркасский политехнический институт. Статус Новочеркасского государственного технического университета институт получил в 1993 г. В 1999 г. он был переименован в Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт). В 2013 г. институт переименован в Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова.

Первоначальное имя института – Донской политехнический институт. Через два года он стал называться Алексеевский донской политехнический институт. С октября 1918 г. до 1920 г. институт носил имя атамана А. М. Каледина, а затем опять стал Донским политехническим.

Горно-геологический факультет – один из первых в университете с 1907 г. На факультете обучается 750 студентов по пяти направлениям, включающим 8 специальностей. В учебном процессе на факультете занято 124 преподавателя, в том числе 21 профессор и доктор наук, 56 доцентов и кандидатов наук. В состав факультета входят кафедры: «Бурение нефтегазовых скважин и геофизика»; «Прикладная геология»; «Маркшейдерское дело и геодезия»; «Нефтегазопромысловых и горных машин и оборудования»; «Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды»; «Горное дело».

Выпускаются специалисты по горным специальностям и направлениям: геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых; поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; геология нефти и газа; маркшейдерское дело; открытые горные работы; подземная разработка пластовых месторождений; технологическая безопасность и горноспасательное дело; горные машины и оборудование; бурение нефтяных и газовых скважин; машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов.

В годы Великой Отечественной войны многие выпускники института воевали и погибли на фронтах. Возле входа находится бюст Галины Петровой – Героя Советского Союза.

Среди выпускников Южно-Российского государственного политехнического университета 19 лауреатов Ленинской премии; 64 лауреата Государственной премии; 35 заслуженных деятелей науки и техники; 28 Героев Социалистического Труда; дважды Герой Социалистического Труда – Л. В. Смирнов; 6 Героев Советского Союза и России.

В ЮРГПУ (НПИ) ведутся работы по 26 научным направлениям, в том числе по порошковой металлургии, теории рудообразования в вулканогенных осадочных толщах, микрометаллургии полупроводниковых структур, по антифрикционным материалам, синтезу полимеров, эффективным методам решения задач математической физики, тренажеростроения и др.

Научно-производственная и инновационная деятельность осуществляются на факультетах, в отраслевых институтах, учебно-научно-производственных комплексах, Донском технологическом парке, научно-производственных и других подразделениях базового вуза, научных комплексах институтов и филиалов. На базе кафедр, научных лабораторий, опытных производств университета функционируют 6 НИИ.

В ЮРГТУ трудились ученые с мировым именем, основатели важных направлений в горных науках: В. А. Ауэрбах, Н. С. Успенский, А. А. Скочинский, А. В. Фролов, М. А. Фролов, А. Н. Динник, П. А. Махин, В. А. Шестаков, В. А. Матвеев и др. Учеными ЮРГТУ в свое время были разработаны крупные проекты федерального значения для регионов СССР и РФ, например:

– повторная отработка открытым способом на Никитовском руднике (П. А. Махин);

– схемы селективного складирования пород вскрыши на Индерском руднике, АО «Фосфорит» и АО «Ростовнеруд» (В. Д. Горлов);

– долгосрочный прогноз технического прогресса на железорудных шахтах Урала и Казахстана и на Малышевском руднике (В. А. Шестаков) и др.

Сегодня региональными проблемами являются обеспечение конкурентоспособности добычи угля в условиях становления рынка при ухудшении сортности угля и снижения производственной мощности при реструктуризации производства, а также предотвращение деградации окружающей среды под влиянием горных работ. Число действующих шахт и добыча угля сократились в несколько раз.

Разрабатываются научные основы комплексной переработки хвостов углеобогащения с выпуском товарной продукции для поддержания экономики шахт, эксплуатирующих месторождения углей невысокого качества, включающие направления:

– оптимизация технологических схем при разработке месторождений разносортного сырья (Е. А. Колесниченко, А. Л. Малец, В. А. Матвеев, Ю. И. Разоренов, С. О. Версилов, В. А. Ткачев, А. А. Белодедов, Н. А. Петров, А. В. Логачев);

– технико-экономическая оценка и выбор оптимальных параметров разработки месторождений угля в условиях рынка (А. Н. Дулин, В. Н. Игнатов, Т. В. Литовченко);

– нейтрализация воздействия горного производства на окружающую среду и реабилитация нарушенных земель (В. Д. Горлов, Ю. В. Горлов).

Научно-педагогическая горная школа за последние 30 лет подготовила 22 доктора наук: В. А. Шестаков, А. Н. Медянцев, Г. В. Секисов, В. А. Матвеев, Н. В. Дронов, А. Л. Малец, В. Д. Горлов, М. Н. Слепцов, В. М. Калинченко, А. А. Обухов, А. Н. Дулин, П. С. Сыркин, С. О. Версилов, В. Н. Игнатов, Ю. И. Разоренов, В. А. Т качев, В. Х. Кумыков, Е. А. Колесниченко, Ю. В. Посыльный, Г. Ф. Каган, П. К. Гаркушин, В. А. Полухин, а также более 50 кандидатов наук.

Северо-Кавказский государственный технологический университет

В 1933 г. был утвержден устав Северо-Кавказского института цветных металлов в составе двух факультетов: горнорудный и металлургический.

В 1932 г. из Томска во Владикавказ была переведена научно-исследовательская лаборатория цветных металлов, в которой ученые Северо-Кавказского института цветных металлов выполняли заказы предприятий Народного комиссариата тяжелой промышленности и Народного комиссариата цветной металлургии СССР.

В 1933 г. ЦИК СССР утвердил устав Северо-Кавказского института цветных металлов в составе двух факультетов: горнорудного и металлургического. В 1934 г. под руководством сотрудников института была осуществлена на практике технология получения электролитного цинка, в том числе и из руд Садонских месторождений.

В 1937 г. институт получил название Орджоникидзевский институт цветных металлов. В 1938 г. состоялся первый выпуск инженеров-обогатителей. К 1940 г. в институте было представлено к защите 11 кандидатских и одна докторская диссертации. К 1940 г. в институте была открыта специальность «Геология и разведка рудных и россыпных месторождений».

Северо-Кавказский государственный технологический университет

В 1941–1942 г. состоялся выпуск 102 инженеров-металлургов, горных инженеров и инженеров-обогатителей. В мае 1945 г. в институте была проведена научно-техническая конференция, посвященная проблемам развития отечественной цветной металлургии, в работе которой приняли участие представители Наркомата цветной металлургии СССР, ученые и работники 15 крупнейших предприятий отрасли.

В 1964 г. студенты разработали проекты планетарных редукторов для завода «Электроцинк», а также приборов и устройств для предприятий. В 1966 г. институту был присужден диплом второй степени Выставки достижений народного хозяйства СССР за разработку и внедрение в производство пневматических колонн для заряжения взрывных скважин и шпуров.

В 1981 г. Северо-Кавказский горно-металлургический институт награжден орденом Дружбы народов за заслуги в подготовке квалифицированных специалистов для народного хозяйства и развитии научных исследований. В 1988 г. Главный комитет Выставки достижений народного хозяйства СССР наградил медалью и денежными премиями группу ученых вуза, а институт был награжден дипломом Почета за разработку и внедрение комплекса технических средств, позволивших повысить производительность труда и получить экономический эффект.

В 1991 г. при СКГМИ (ГТУ) создается Северо-Осетинский центр новых информационных технологий. В 1994 г. Северо-Кавказский горно-металлургический институт переименован в Северо-Кавказский государственный технологический университет. В 1995 г. при СКГМИ (ГТУ) создается Северо-Кавказский региональный центр информатизации высшей школы.

В 2003 г. Северо-Кавказский государственный технологический университет переименован в Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).

В вузе обучается около 6000 студентов по 34 специальностям и направлениям на 13 факультетах, 46 кафедрах. Обучение студентов ведется высококвалифицированным научно-педагогическим коллективом, в составе которого 63 доктора и 208 кандидатов наук, 64 профессора и 178 доцентов.

Вуз ведет научные исследования по следующим основным направлениям: информационно-телекоммуникационные технологии и электроника, разработка экологически чистых ресурсосберегающих технологий цветной металлургии, разработка эффективных технологий добычи и переработки твердых полезных ископаемых, экология и рациональное природопользование.

Преимущественные объекты исследований и научного обеспечения: Садонский свинцово-цинковый комбинат, Тырныаузский вольфрамо-молибденовый комбинат, Урупский медный комбинат, Норильский горно-металлургический комбинат.

Персоналии: Е. П. Славский – министр среднего машиностроения СССР, четырежды Герой Социалистического труда; М. И. Агошков – академик АН СССР, декан горнорудного факультета (1937–1940), Герой Социалистического Труда; К. К. Арбиев – заместитель министра цветной металлургии СССР, лауреат Государственной премии СССР; В.С. Зверев – генеральный директор Норильского ГМК, Герой Социалистического труда; Д.

Т. Хагажеев – генеральный директор ОАО «ГМК «Норильский никель», Герой Социалистического труда; К. К. Каргинов – доктор технических наук, дважды лауреат Государственной премии СССР, заместитель директора ОАО «ГМК «Норильский никель»; Т. М. Урумов – Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской премии, генеральный директор Джезказганского ГМ; А. С. Дзасохов – член Политбюро ЦК КПСС, первый секретарь Северо-Осетинского обкома партии; В. И. Гончаров – академик РАН, лауреат Государственной премии РФ, директор института; А. М. Давидсон – профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ; Т.Д. Мамсуров - глава РСО-Алания; В.И. Голик - профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ, декан горно-геологического факультета и зав.мкафедрой (1992–2008).

Здесь трудились ученые-горняки с мировым именем: М. И. Агошков, А. И. Стешенко, И. А. Остроушко.

Освоению месторождений не только Северного Кавказа, но и республик СССР и регионов РФ посвятили труды: Н. С. Демин, В. И. Емекеев, Г. Д. Хетагуров, В. Г. Беляев, А. И. Липовой, В. И. Голик, О. З. Габараев, Б. Г. Климов, Б. Ф. Маликов, А. Г. Москаленко, Н. М. Гапоненко, М. К. Конов, Х. Г. Кабисов, В. С. Дзугкоев, Л. Г. Паук, Т. М. Тезиев, В. Ю. Габисов и др.

Объектами их исследований являются: ГУП «Садонский СЦК»; ОАО «Тырныаузский ГОК»; ЗАО «Урупский ГОК», рудники Заполярного филиала ОАО «ГМК «Норильский никель».

Ученым СКГМИ принадлежат некоторые новации, обладающие мировым приоритетом.

В 1940-х гг. для уменьшения разубоживания руд при выпуске одними из первых в мировой практике здесь применили гибкие разделяющие перекрытия конструкции проф. И. А. Остроушко.

В 1970-х гг. на Архонском, Садонском и Фиагдонском месторождениях из растворов природного выщелачивания осаждены металлы в представляющем промышленный интерес количестве. Был разработан первый в мировой истории горного производства проект выщелачивания балансовых руд. В 1980-х гг. на рудниках Садонского СЦК была разработана технология с закладкой технологических пустот бутобетонной смесью.

Проблемами регионов РСО – Алания и КБР являются остановка добычи руд из месторождений полиметаллов Садона и вольфрамо-молибденовых руд Тырныауза ввиду их неконкурентоспособности на рынке и снижение темпов деградации окружающей среды продуктами природного выщелачивания минералов.

Для решения этих и других проблем горняками СКГМИ развиваются направления: совершенствование технологии разработки рудного и нерудного сырья использованием селективной выемки богатых руд и выщелачиванием бедных и некондиционных руд; утилизация отходов горно-металлургического производства с выщелачиванием в дезинтеграторе – В. И. Голик, Ю. И. Разоренов, О. З. Габараев, К. К. Хулелидзе, К. М. Кантеев; В. Х. Дзапаров и др. Эти направления разрабатываются трудами российских и зарубежных горняков.

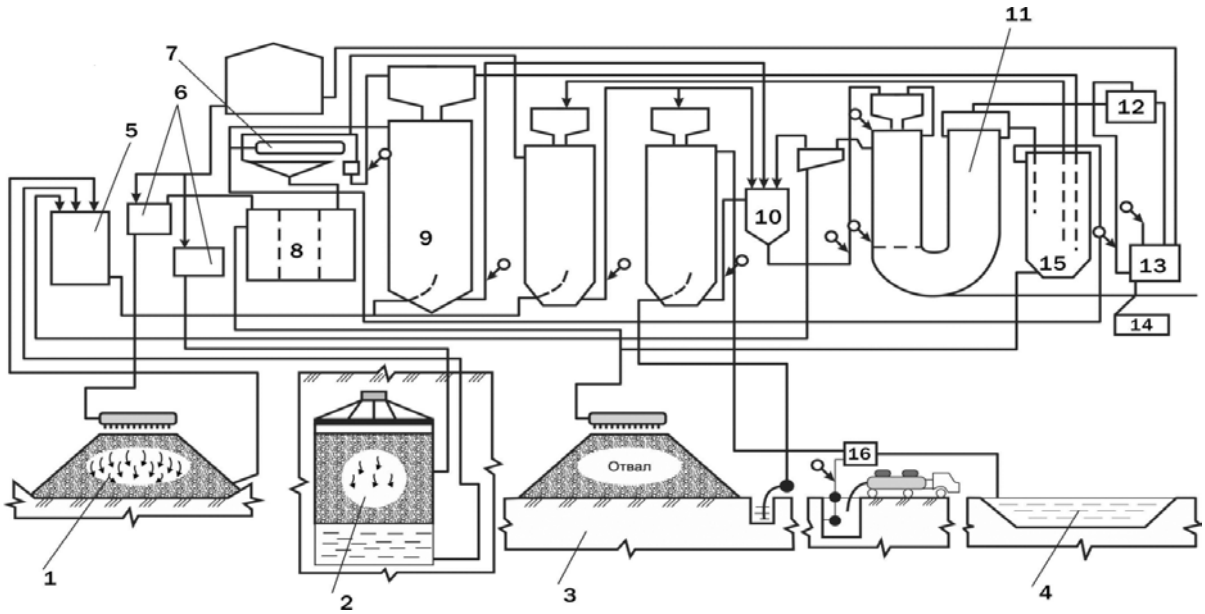
Программа исследований предусматривает поэтапное вовлечение в эксплуатацию новых производственных мощностей нижних горизонтов месторождения с увеличением объема добычи руды и объема товарной продукции в полтора раза, переход от систем с обрушением пород и камерно-столбовой к ресурсосберегающей технологии с закладкой выработанного пространства, а также освоение технологий утилизации хвостов обогащения с производством пиритного концентрата и кварцевых песков.

СКГМИ за время существования выпустил до 4 тыс. горных инженеров, а ЮРГТУ – более 11 тыс. горных инженеров различной специализации. Университеты юга России корректируют программы обучения с учетом потребностей в горных специалистах, прежде всего своих регионов.

Сегодняшнему горному инженеру надо быть не только горным технологом, но и обогатителем, геологом, экономистом, экологом и т. д. Цель обучения в горных вузах юга России состоит в том, чтобы научить горных специалистов гуманному обращению с природой, умению конструктивно участвовать в защите природной среды и рационально использовать природные ресурсы.

Университеты юга России активно сотрудничают в области подготовки горных специалистов с Фрайбергской горной академией (Германия), университетами Китая, а также с научными подразделениями своих контрагентов-предприятий [11–16].

Основой технологической модернизации горного производства юга России должны стать инновационные технологии добычи и переработки первичного сырья и хвостов обогащения и металлургии с использованием малозатратных методов, эффективность которых будет определяться не столько приростом добычи металла из обогащенных участков, сколько полнотой использования недр до уровня безотходности [16, 17] в ходе освоения инновационных технологий, среди которых важную роль будет играть комбинирование подземного способа разработки с обладающим известными достоинствами открытым способом разработки.



Технологии выщелачивания металлов из некондиционного сырья. 1 – штабель КВ; 2 – блок ПВ; 3 – отвал; 4 – пруд; 5–8 – емкости; 9, 10 – технологические аппараты; 11 – сорбционно-десорбционная колонна; 12–16 – вспомогательное оборудование

Экономику регионов предполагается укреплять на основе консенсуса предприятий. Так, перспективы горной отрасли Республики Северная Осетия – Алания включают объединение ее на федеративных условиях ее горных предприятий с предприятиями Кабардино-Балкарской Республики и Карачаево-Черкесской Республики с координацией действий. Практически это сводится к созданию регионального гидрометаллургического предприятия с филиалами в регионах.

Комплекс инструментов модернизации горного производства регионов включает в себя выщелачивание металлов химическими реагентами на всех переделах и повышение извлечения металлов путем механохимической активации.

Инновационные технологии позволяют вовлечь в производство неактивные ресурсы, которые ранее не участвовали в хозяйственном обороте, принося при хранении вред окружающей среде [17–20].

В последние годы горняками ЮРГТУ и СКГМИ выполнены комплексные исследовательские работы по проблемам горного производства юга России:

1. Государственный контракт № 02.740.11.0323 «Исследование и разработка инновационных технологий комбинированной механохимической активации извлечения металлов из некондиционного сырья».

2. Государственный контракт № 14.740.11.0427 «Снижение риска и уменьшения последствий техногенных катастроф путем создания экологически безопасных технологий разработки техногенных месторождений с добычей из них полезных компонентов методами механохимической активации».

3. Государственный контракт № 16.515.11.5039 «Разработка безотходных экологически безопасных способов добычи и переработки руд месторождений Северного Кавказа на основе комбинирования традиционных и инновационных технологий».

4. Разработка инновационных технологий повышения качества твердого, жидкого и сыпучего минерального сырья активацией в дезинтеграторах с целью решения проблемы утилизации отходов добычи, снижающих негативное влияние на окружающую среду.

Заключение

Целью деятельности университетов юга России в новейшем времени является содействие выживанию депрессивных горных предприятий регионов при рациональном использовании внутренних резервов путем комбинирования традиционных и инновационных способов добычи металлов.

Развитие научно-технического прогресса горных отраслей регионов юга России в близкой перспективе включает в себя направления: выщелачивание некондиционных руд; гидрометаллургическая переработка концентратов обогащения; извлечение металлов из хвостов обогащения механохимическими методами; извлечение металлов из рудничных стоков; повышение качества нерудной продукции методами активация.

Горняки юга России обеспечивали развитие горнодобывающих предприятий на основе науки и техники своего времени, опираясь на поддержку государства. С переходом на рыночные отношения эта задача не может решаться без использования новых достижений науки и практики горной и смежных отраслей, а также без государственной поддержки.

Рекомендации ученых вузов по практическому использованию мер возрождения горнодобывающего производства могут быть использованы при разработке планов и проектов развития регионов юга России и других регионов, испытывающих сходные проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Drebenstedt C. Новшества в минеральной промышленности – соединение науки и образования, научные отчеты о проблемах. Фрайберг, 2012, Т. 1. 400 с.
2. Трубецкой К. Н. Проблемы и перспективы развития горных наук // Маркшейдерия и недропользование. 2011. № 2 (52). С. 9–12.
3. Waters D. B. Mining education in Australasia // Australia. IMM Bulletin. 2014. № 1. 224 p.
4. Malcolm T. Researching higher education. McGraw-Hill. 2013. 288 p.
5. Хакулов В. А., Карамурзов Б. С., Сыцевич Н. Ф., Кононов О. В. Перспективы возрождения разработки Тырныаузского месторождения на основе технологического картирования и переоценки остаточных балансовых запасов // Горный журнал. 2015. № 8. С. 45–51.
6. Тамбиев А. С. Освоение минерально-сырьевых ресурсов Карачаево-Черкесской Республики – важное условие ее устойчивого ее развития // Горный журнал. 2015. № 8. С. 79–84.
7. Golik V. I., Razorenov Yu. I., Ignatov V. N., Khasheva Z. M. The history of Russian Caucasus ore deposit development // Journal of the Social Sciences. 2016. Т. 11. № 15. С. 3742–3746.
8. Вагин В. С., Голик В. И. Проблемы использования природных ресурсов Южного федерального округа. Владикавказ: Проект-пресс, 2005. 192 с.
9. Постановление Совета министров России. М., 1907.
10. Приказ ВСНХ СССР об организации Северо-Кавказского института цветных металлов от 26.08.1931 г. № 580.
11. Ракишев Б. Р. Комплексное использование руды на предприятиях цветной металлургии Казахстана // Горный журнал. 2013. № 7. С. 67–72.
12. Ляшенко В. И. Повышение экологической безопасности в зоне влияния уранового производства // Изв. вузов. Геология и разведка. 2015. № 1. С. 43–52.
13. Polukhin O. N., Komashchenko V. I., Golik V. I., Drebenstedt C. Substantiating the possibility and expediency of the ore beneficiation tailings usage in solidifying mixtures production // Scientific Reports on Resource Issues Innovations in Mineral Resource Value Chains: Geology, Mining, Processing, Economics, Safety and Environmental Management. Freiberg, 2014. С. 402–412.
14. Голик В. И., Дребенштедт К., Разоренов Ю. И. Оценка эффективности комбинирования технологий добычи металлов // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1 (23). С. 5–10.
15. Чжун Чан, Голик В. И., Разоренов Ю. И. Реальные перспективы возрождения Садона // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. № 5. С. 59–65.
16. Голик В. И., Тамбиев П. Г. Электрохимический метод извлечения золота из упорных сульфидных руд // Междунар. науч.-практ. конф. Экибастуз, 2013. С. 16–18.
17. Голик В. И., Разоренов Ю. И., Страданченко С. Г., Прокопов А. Ю., Масленников С. А. Экспериментальное обоснование возможности извлечения металлов из хвостов обогащения угля // ГИАБ. 2012. № 5. С. 128–134.
18. Логачев А. В. Производство золота при поэтапной разработке месторождений // Цветная металлургия. 2011. № 12. С. 31–34.
19. Golik V. I., Razorenov Yu. I., Ignatov V. N., Khasheva Z. M. The history of Russian Caucasus ore deposit development // Journal of the Social Sciences. 2016. Т. 11. № 15. С. 3742–3746.
20. Golik V. I., Khasheva Z. M., Shulgatyi L. P. Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises waste // The Social Sciences (Pakistan). 2015. Т. 10. № 6. P. 750–754.

Владимир Иванович Голик,
v.i.golik@mail.ru
Юрий Иванович Разоренов
yiri1963@mail.ru
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
Россия, Владикавказ, ул. Николаева, 44

ВЕЙМАРН И АРТЕМЬЕВ: ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ДВУХ ГОРНЫХ ВУЗОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

А. Г. Шорин

В статье рассказывается о начальном периоде становления двух вузов: Уральского горного института и Московской горной академии. Это был период конкуренции и даже противостояния этих учебных заведений вследствие разных условий формирования: один из них был создан еще до революции, второй же создавался уже как советский вуз. Поэтому оба вуза на начальном этапе их развития рассматриваются как разные педагогические системы. Эти различные подходы переплетены с судьбами создателей первых руководителей этих вузов – Петра Петровича фон Веймарна и Дмитрия Николаевича Артемьева, так как при разных педагогических подходах оба они оказались в итоге противниками Советской власти и уехали из страны, а их имена остались известны только узкому кругу людей в нашей стране. Далее рассматривается уже более поздний советский период развития этих вузов, где они все более становятся похожими друг на друга.

Ключевые слова: Уральский горный институт; фон Веймарн; Артемьев; Уральский государственный горный университет; Московская горная академия; Московский горный институт.

Почему уральцы были против?

30 августа 1918 года в Москве состоялось совещание по устройству в Москве Горной академии, от которого сохранился черновик протокола. Комиссия, которая решала судьбу создания нового вуза, собралась в таком составе: председатель Д. Н. Артемьев, представлявший Наркомпрос[1] Б. В. Дидковский – представитель Областного совета народного хозяйства Урала, Н. М. Федоровский[2] – представитель Горного отдела ВСНХ[3], Ф. Ф. Сыромолотов, представлявший Наркомфин[4], и Я. Я. Энслен, представлявший народный комиссариат государственного контроля.

Еще до этого совещания вопрос о создании академии обсуждался на коллегии народного комиссариата просвещения, на коллегии Наркомпроса, а также на страницах газеты «Известия» [1], однако именно оно имело решающее значение.

Инициатором создания вуза был Дмитрий Николаевич Артемьев, в ближайшем будущем – первый ректор Московской горной академии, а также Николай Михайлович Федоровский, его ближайший друг и соратник. Поэтому Артемьев на совещании представлял проект вуза, а Федоровский активно его поддерживал.

Против этого проекта были двое: Федор Федорович Сыромолотов и Борис Владимирович Дидковский. Первый – коренной уралец, поднявшийся до высших должностей в Москве[5], второй – на тот момент представитель Урала, а в будущем – ректор Уральского государственного университета[6].

Почему же именно уральцы высказались против?

Согласно протоколу, Сыромолотов интересуется, где для вуза будут подбираться кадры и материальное обеспечение. На что Артемьев отвечает, что кадры даст горный отдел ВСНХ (Федоровский как представитель этого отдела одобрительно кивает), а также Горный институт в Петрограде. Сыромолотов спрашивает, не пострадает ли от этого кадровый состав этих институтов, на что реагирует Дидковский, заявив, что не только пострадает Петроградский горный институт, но и придется из-за этого приостановить работу по созданию Горного института в Екатеринбурге. В итоге Сыромолотов заявляет, что научную мысль нужно прививать «на местах», а проект Горного в Москве – это «брошенные деньги».

Несмотря на это противостояние, общее решение склонилось в пользу проекта Артемьева. А в октябре Наркомпрос принял окончательное решение в пользу открытия Московской горной академии.

Однако нам сегодня интересно отыскать корни этого противостояния, которые на самом деле угнездились намного глубже, чем может показать нам этот небольшой эпизод. Потому что это было, по сути, противостояние двух разных систем.

Для того чтобы проследить формирование этого конфликта интересов, нам нужно подробнее рассказать о создателях и первых ректорах двух горных институтов: Веймарне и Артемьеве.

Разные системы, похожие судьбы

Пробуя заглянуть в суть проблемы, которая выявилась на совещании по устройству Горной академии, мы можем рассматривать Уральский горный институт и Московскую горную академию как пример двух различных образовательных систем, которые в тот период пытались противостоять друг другу. Первая создавалась ректором Уральского горного института Петром Петровичем фон Веймарном, вторая – ректором Московской горной академии Дмитрием Николаевичем Артемьевым.

Несмотря на противостояние, обе эти системы имели одно основание – Петроградский горный институт. Сами ректоры этих вузов, несмотря на принципиально различный подход, в итоге оказались противниками Советской власти и из-за этого в СССР были «персонами нон грата», будучи известными только узкому кругу специалистов, тогда как их вузы, преодолев трудности становления, стали со временем широко известными и во многом похожими.

Начнем с Уральского горного института.

Вопрос об открытии на Урале собственного Горного института решался очень долго. Несмотря на то, что Урал, начиная еще с XVIII века, стал ведущим индустриальным районом страны, подготовка горных инженеров осуществлялась в Санкт-Петербургском горном университете, причем бытовало мнение, что его недостаток – удаленность от Урала [2]. А в XIX веке Урал стал не только территорией, где было сконцентрировано наибольшее число горных заводов, но и своеобразной «Меккой» для отечественных и зарубежных геологов, которые проводили здесь собственные исследования. Таким образом, идея об открытии здесь собственного вуза муссировалась не меньше века, и только финальный этап борьбы за открытие Горного института между двумя городами – Екатеринбургом и Пермью – затянулся на целых 18 лет: с 1806 по 1914 год [3]. Так, например, еще в 1898 году журналист газеты «Урал», фантазируя о будущем Екатеринбурга, предрекал открытие именно Уральского горного института [4]. В итоге победил Екатеринбург, где указом императора Николая II 3(16) июля 1914 года был открыт собственный вуз, который изначально именовался Екатеринбургским горным институтом, а в январе 1917 года был переименован в Уральский горный ин-

[1] Народный комиссариат просвещения РСФСР *(здесь и далее – прим. авт.)*.
[2] Его фамилия в черновике протокола написана с ошибкой, однако из контекста становится понятно, что речь идет о нём.
[3] Высший совет народного хозяйства РСФСР.
[4] Народный комиссариат финансов РСФСР.
[5] Федор Федорович Сыромолотов учился в Горном училище Екатеринбурга и был здесь участником революционного движения в 1905 году. В 1919–1921 годах в Москве исполнял обязанности заведующего финансами ВСНХ, был председателем Горного Совета, наблюдающего за научно-техническим отделом, Главным геодезическим управлением, членом ЦК горнорабочих, членом Малого Совета народных депутатов, членом президиума Госплана.
[6] Борис Владимирович Дидковский в 1920 году возглавил Уральский геологический комитет, был председателем Уралразведки, Уралплана, управляющим Уральским геологическим трестом. Второй по счету ректор Уралуниверситета. В августе 1937 года был арестован как «активный участник антисоветской террористической организации правых на Урале» и почти сразу расстрелян. О том, насколько высоко ценился этот человек до ареста, говорит тот факт, что он с семьей жил во Втором доме Советов (он же Дом чекиста) – единственном на тот момент 11-этажном небоскребе Свердловска, построенном для элиты. Его жену М. Н. Букину, которая работала геологом, на работу возила персональная пролетка. Реабилитирован в 1956 году.

П. П. фон Веймарн за работой в Уральском горном институте

ститут Императора Николая II [5]. Впоследствии официально это название не менялось, однако во всех документах вуз стал именоваться просто Уральским горным институтом [6].

В 1915 году на должность ректора института в Екатеринбург был приглашен профессор Петроградского университета Петр Петрович фон Веймарн [7]. Альма-матер фон Веймарна – это Санкт-Петербургский (Петроградский) горный институт, который он окончил в 1908 году и где продолжал преподавать до отъезда в Екатеринбург. Специальность фон Веймарна – коллоидная химия, он считается одним из основоположников этой науки.

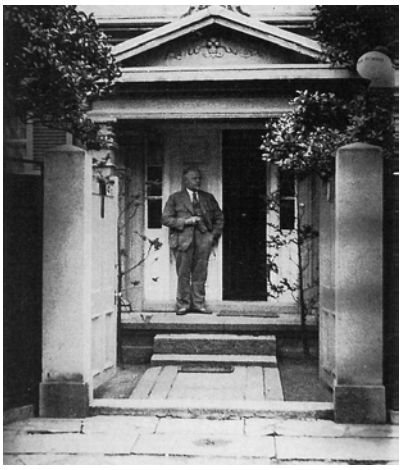
Петр Петрович согласился на переезд в Екатеринбург, так как помимо научной работы имел собственные оригинальные теоретические наработки в области организации учебного и научного процесса высшей школы, которые хотел воплотить на практике. Поэтому, несмотря на то, что по приезде на Урал ему пришлось заниматься не только организацией учебного процесса, но и принимать участие в строительстве будущего здания института (он стал председателем Строительной комиссии), главные его устремления были направлены на создание вуза нового типа, основанного на принципах «энергетики культуры» [8]. Веймарн пригласил на Урал множество преподавателей, в том числе иностранных, и с 9 (22) октября 1917 года, когда в Уральском горном институте начались занятия, начал воплощать свои идеи в жизнь. Новаторство коснулось как студентов института (например, он считал, что число лекций нужно уменьшать, зато целый лекционный день посвящать какому-то одному предмету), так и преподавателей (их теперь оценивали не по выслуге лет, а по активности в научной и преподавательской деятельности). Под руководством Веймарна был разработан и принят Советом института оригинальный устав, где все эти нововведения были прописаны и узаконены. Также имеет значение тот факт, что этот институт, открывшийся еще до прихода к власти большевиков, объявил себя «вне политики», и с конца 1917-го до середины 1918 года сотрудничал с Советской властью, исходя именно из этого принципа.

К августу 1918 года, когда начала создаваться Горная академия в Москве, Уральский горный институт проработал уже учебный год. Однако именно в этот период в Екатеринбурге сложилась особая ситуация: в июле 1918 года власть в городе захватили войска Чехословацкого корпуса, все органы Советской власти были ликвидированы, а большевики и им сочувствующие бежали или были арестованы. Так что слова Дидковского на совещании по устройству в Москве Горной академии о том, что «придется приостановить работу по созданию в Екатеринбурге горного института», не имели в тот момент никакого практического смысла – большевики просто не контролировали эту территорию. Однако в будущем судьба Уральского Горного решалась именно в Москве.

Советской власти в Екатеринбурге не было ровно год: с июля 1918-го по июль 1919 года. За это время здесь было создано Временное правительство Урала, а затем территория перешла под власть адмирала Колчака, объявившего себя Верховным правителем России. За этот период в Уральском горном институте прошел еще один учебный год. Этот период в истории вуза лучше всего задокументирован, так как по его итогам был выпущен научный журнал «Известия Уральского горного института»[7]. Этот журнал сохранился и был доступен в библиотеках и в советское время, однако он издавался в двух версиях: сокращенной (для студентов) и полной, а сохранилась лишь сокращенная версия; лишь совсем недавно в архивах удалось найти программную статью фон Веймарна из полной версии журнала [9].

В июле 1918 года, перед тем как войска Колчака оставили под натиском Красной Армии Екатеринбург, фон Веймарн принял решение об эвакуации института во Владивосток. Однако сам он в это время находился в командировке на востоке страны, а в Екатеринбурге приказу подчинились не все. В итоге создалась уникальная ситуация: осенью 1919 года практически одновременно начали занятия два Уральских горных института: один во Владивостоке под руководством фон Веймарна, а второй – в ставшем снова советским Екатеринбурге под руководством ученика Веймарна, которого он оставил исполнять обязанности ректора, – К. К. Матвеева.

Уральскому горному институту, эвакуированному во Владивосток, выделили помещение в здании Владивостокского коммерческого училища, которое было арендовано под Высший политехникум, вскоре переименованный во Владивостокский политехнический институт [10]. Самостоятельным Уральский горный институт оставался лишь около полугода, а потом влился в состав политехнического института. Зато Веймарн стал сначала проректором, а затем ректором всего этого политехнического института, причем в качестве его устава был принят устав Уральского Горного – то есть педагогический эксперимент ему удалось продолжить. Однако продлился он недолго: из-за Гражданской войны и меняющейся политической ситуации фон Веймарн покинул пост ректора, а затем эмигрировал в Японию, где долгие годы преподавал в Императорском научно-исследовательском институте, а также в Киотском императорском университете. Умер в 1935 году, и похоронен в Киото. А политехнический институт во Владивостоке с приходом Советской власти претерпел множество реорганизаций, однако сейчас существует горный факультет Дальневосточного федерального университета, основы которого были заложены уральцами.



П.П. фон Веймарн на пороге своего дома в г. Кобе (Япония)

К судьбе Уральского горного института в Екатеринбурге под руководством Матвеева мы еще вернемся, а сейчас расскажем о Дмитрии Николаевиче Артемьеве, основателе и первом ректоре Московской горной академии.

Начнем с того, что Артемьев, родившийся в 1882 году, всего на три

[7] Ныне это журнал «Известия УГГУ», первый номер журнала доступен на сайте www.iuggu.ru

Д. Н. Артемьев, 1901 г.

Артемьев на Всероссийском совещании по реформе Высшей школы (сидит над склонившейся фигурой), 1918 г.

года младше Веймарна. Он закончил физико-математический факультет Московского университета, где занимался минералогией и кристаллографией под руководством профессора В. И. Вернадского, однако впоследствии стал учеником выдающегося кристаллографа Е. С. Федорова [11]. В 1907 году Артемьев переехал из Москвы в столицу, чтобы принимать участие в исследованиях, которые проводил Федоров в Санкт-Петербургском горном институте. То есть в течение нескольких лет Веймарн и Артемьев находились в одной и той же академической среде, занимаясь исследованиями (правда, разными) в одном и том же институте.

За годы работы в Горном институте Артемьев активно занимался научными исследованиями по кристаллизации шаров и в 1914 году защитил магистерскую диссертацию [12], а в 1915 году его работа была удостоена золотой медали Минералогического Общества.

Между тем Евграф Степанович Федоров, учитель Артемьева, признавая его таланты и достижения, все-таки называл Дмитрия Николаевича «карьеристом». И именно эта черта характера станет для него определяющей в ближайшие годы. В 1915 году Артемьев, который в Санкт-Петербургском горном институте занимал к тому времени должность адъюнкта, не дававшую полных профессорских прав, принял решение перейти в Варшавский технический институт, где его сразу назначили профессором.

Тут нужно сделать уточнение о том, что в 1915 году этот технический институт, хоть и назывался Варшавским, однако находился в Москве. Год Артемьев преподавал в Москве, однако в 1916 году институт перевели в Нижний Новгород. В Нижнем Новгороде ему не понравилось, поэтому он попытался вместе со своим помощником Н. М. Федоровским (его фамилию мы уже упоминали, когда рассказывали о совещании, посвященном организации Московской горной академии), который стал его ближайшим учеником, создать на базе вуза Горное Отделение и перевести его в Москву. Однако организованная ими кампания не смогла добиться успеха. Вновь попытку перевести институт в Москву они предприняли через год, когда после Февральской революции к власти в стране пришло Временное правительство. Но и это правительство не поддержало их планы, а сам Варшавский институт в это время был переименован в Нижегородский политехнический институт.

Здесь следует рассказать о Николае Михайловиче Федоровском немного подробнее, так как в этот период именно он сыграл важную роль в судьбе Артемьева. Дело в том, что Федоровский, ставший в 1908 году студентом Московского университета, еще с 1902 года (шестнадцатилетним подростком) увлекся революционным движением, а в 1904 году стал членом партии большевиков. С 1906 года он был членом боевого крыла партии под кличкой Степан Финляндский, участвовал в мятежах [13]. В Москву уехал учиться после того, как чудом избежал ареста после участия в одном из мятежей, но и здесь продолжал посещать революционные сходки. В 1911 году на одной из таких сходок был арестован, однако избежал тюремного заключения, отделавшись исключением из университета. В этот период он уехал в геологическую экспедицию на Урал, где случайно познакомился с профессором В. И. Вернадским, который помог бывшему студенту восстановиться в университете. В 1915 году, когда Федоровский, уже защитивший диплом, перешел на работу к Артемьеву, его революционное прошлое считалось «пятном на биографии». А вот в 1917 году, когда к власти пришло Временное правительство, такое прошлое могло уже способствовать карьере: Федоровский стал активно сотрудничать с социал-демократами и вскоре стал в городе одним из лидеров большевиков. Однако, как мы помним, в тот период его поддержка не помогла Артемьеву перевести Отделение в Москву.

Все изменилось после прихода к власти большевиков. В этот период Федоровский при участии Артемьева в Нижнем Новгороде сумел устроить настоящий переворот в высшей школе: в марте 1918 года Исполком Нижегородского Совдепа, где Федоровский играл одну из ведущих ролей, принял решение о ликвидации всех высших учебных заведений города, чтобы вместо них к осени 1918 года создать общегородской университет.

Учебные заведения были ликвидированы, однако созданием там университета Федоровскому заниматься уже не пришлось: в апреле он был вызван в Москву, где ему дали высокую должность в ВСНХ.

Оставшийся в Нижнем Новгороде Артемьев подал прошение на должность профессора в создающийся Нижегородский университет. Однако обосновавшийся в Москве Федоровский не забыл о своем учителе, и уже в мае Артемьев был приглашен на работу в Наркомпрос РСФСР.

Таким образом, проект создания Московской горной академии, предложенный Артемьевым и активно поддержанный Федоровским – это не что иное как осуществление уже дважды предпринимавшейся попытки перевода обратно в Москву Горного Отделения бывшего Варшавского института.

И тут нужно отметить принципиальный момент. Несмотря на то, что и фон Веймарн, и Артемьев создавали свои вузы на той базе, которую могла предоставить уже созданная в стране высшая школа, подход их был принципиально разным. Если Вей-

Н. М. Федоровский

марн создавал в Екатеринбурге Горный институт еще до революции, пытаясь взять лучшее из существовавшей системы путем ее модернизации, то Артемьев уже создавал один из первых советских вузов путем реорганизации этой системы. Это хорошо иллюстрирует один факт: в то время Артемьев начал заявлять, что для поступления в институт будущим студентам не нужно иметь среднего образования. Во главу угла он ставил социальную принадлежность учащихся. И если фон Веймарн даже после прихода к власти большевиков заявлял, что высшая школа должна находиться вне политики, то Артемьев срочно вступил в партию, став членом ВКП(б). Вернадский даже высказал удивление по этому поводу, заметив, что Дмитрий Николаевич вступил в партию, никогда до этого не будучи ни коммунистом, ни социалистом. В общем Артемьев начал создавать именно советский вуз, совершая все те «детские» ошибки, которые совершались в то время при создании разных учебных заведений повсеместно.

Кончилось это тем, что в 1921 году он разочаровался в Советской власти и, выехав по служебным делам в командировку в Швецию и Германию, предпочел больше не возвращаться на родину (практически одновременно с Веймарном), став, таким образом, в Советском Союзе такой же «персоной нон грата», как и фон Веймарн. Несколько лет Артемьев публиковался в зарубежных журналах, но затем прекратил научную деятельность, став… католическим священником. Умер, предположительно, в 1946 году.

Ученики Веймарна и Артемьева на их местах

И Веймарн, и Артемьев оставили после себя учеников, работавших потом в Советском Союзе. Веймарн – К. К. Матвеева, а Артемьев – Н. М. Федоровского.

В случае с Матвеевым все выглядит на первый взгляд неоднозначно. В июле 1919 года правительством Колчака было принято решение об эвакуации Уральского горного института во Владивосток, но Матвеев в отсутствии Веймарна (тот был в командировке) вместе с частью преподавателей и студентов не подчинился этому решению, оставшись в Екатеринбурге, из-за чего и случилось «раздвоение» вуза. Считается, что Матвеев пытался выехать, однако не успел этого сделать из-за сложностей с транспортом. Однако после этого он уже не пытался бежать, а наоборот, остался во главе института и осенью организовал начало учебного процесса.

Присмотримся к этому человеку поближе. Константин Константинович Матвеев – выпускник Петербургского университета, который до начала работы в Уральском Горном работал в геологических экспедициях и уже был известен своей минералогической коллекцией (позже она станет основой Уральского геологического музея). По сути, учеником Веймарна его можно назвать с некоторой натяжкой, так как их научные интересы лежали в разных плоскостях, однако именно Матвееву Веймарн доверил исполнять обязанности ректора. Почему? Исходя из всех дальнейших действий, которые предпринимал Матвеев, становится понятно, что Веймарн ставил именно на него, исходя из того, что этот человек всеми силами стремился к развитию Горного института. И в этом смысле он в Матвееве не ошибся.

Начнем с того, что Константин Константинович не уехал в эвакуацию, скорее всего, из-за отсутствия возможности вывезти свои минералогические коллекции, которые очень много весили. А уже оставшись, он во всех своих действиях в первую очередь руководствовался интересами института. Практически благодаря именно ему Горный в Екатеринбурге сохранился и продолжил работать, хотя пришлось решать множество вопросов с преподавательским составом, набором студентов, и главное – необходимостью снимать учебные помещения, так как собственное здание институт построить так и не сумел.

Все это удалось, однако в конце 1919–начале 1920 года в Екатеринбурге начался процесс создания Уральского государственного университета, который (по тем же лекалам, что и Нижегородский университет, о котором мы рассказывали выше) должен был вобрать в себя другие учебные заведения, в том числе и горный институт. В этот период Матвеев, хотя и был переизбран (ректором в ноябре 1919 года стал Н. Г. Келль, входящий в состав организационного комитета по созданию университета), прикладывал все силы для того, чтобы Горный остался самостоятельным вузом.

В Москве Матвеев нашел поддержку для сохранения самостоятельности института в лице Ф. Ф. Сыромолотова, того самого выходца с Урала, который на совещании в 1918 году голосовал против создания в Москве Горной академии. И здесь мы можем, наконец, ответить на вопрос, почему Сыромолотов был против Горной академии в Москве. Выросший и живший долго на Урале, Федор Федорович был, конечно, в курсе многолетних перипетий по открытию Горного в Екатеринбурге и, судя по всему, как и большинство уральцев, с симпатией относился к Веймарну, который прилагал неимоверные усилия для создания этого института. В 1918 году он считал, что отток преподавательского состава в Москву может плохо сказаться на развитии этого вуза, а в 1919–1920 годах вновь вступился за Уральский Горный. Именно Сыромолотов помог заручиться в этом вопросе поддержкой Л. Д. Троцкого, который в то время был в государстве вторым человеком после Ленина, а также видного партийца Г. Л. Пятакова.

Здесь нужно пояснить, что и Матвеев, и поддерживавший его Сыромолотов не были противниками университета; они ратовали за то, чтобы эти учебные заведения развивались самостоятельно. И после поддержки Троцкого вопрос можно было бы считать решенным, однако у сторонников единого университета покровители оказались еще могущественнее. Будущий первый ректор Уральского университета А. П. Пинкевич заручился поддержкой писателя Максима Горького, а тот в свою очередь – В. И. Ленина, причем именно Ленин высказал мысль о том, что в университете должно быть в том числе геологическое направление. «Почему в Вашем проекте, – заявил он в беседе с Горьким, – не говорится о технической и горной жизни Урала?» [14].

После этого спорить о чем-то было уже бесполезно: вопрос о ликвидации Уральского Горного и присоединении его к университету был уже решен. Однако Матвеев и Келль попытались предложить компромиссное решение: университет считать союзом институтов, каждый из которых имеет относительную самостоятельность. В ответ на это Екатеринбургскому Губисполкому в августе 1920 года пришлось в приказном порядке распустить Совет Горного института, а ректором назначить А. Е. Маковецкого – человека, абсолютно лояльного к проекту единого университета.

В октябре Ленин подписал декрет об учреждении Уральского государственного университета [15]. Поразительно, но даже после этого Матвеев, воспитанный Веймарном в духе свободолюбия и сумевший в своем вузе сохранить этот дух, не перестал бороться. Уже в ноябре и декабре 1920 года он вновь ездил в Москву, пытаясь добиться для Горного самостоятельности хотя бы внутри университета. И его вновь поддержал Сыромолотов! Однако кончилось все тем, что в начале 1921 года Матвеев был выведен из состава оргкомитета университета и лишился должности заведующего кафедрой минералогии. Можно сказать, что пострадал и Сыромолотов: в начале 1921 года он был вынужден уйти с высоких должностей и всю оставшуюся жизнь работал в «среднем эшелоне» власти.

Коротко расскажем о дальнейшей судьбе Матвеева. В 1925 году он снова стал заведующим кафедрой и оставался в этой

Ф. Ф. Сыромолотов

должности почти четверть века. Теперь он считается основателем Уральской школы минералогии и петрографии, а также одним из создателей Уральского геологического музея.

Теперь вернемся к ученику Д. Н. Артемьева – Н. М. Федоровскому. На момент отъезда Артемьева наиболее сильные позиции в Московской горной академии занимали профессора И. М. Губкин, оставшийся исполнять обязанности ректора, и В. А. Обручев, а Федоровский в это время тоже был за границей – в Берлине, куда был направлен в качестве главы Бюро иностранной науки и техники. Он, в отличие от Артемьева, в Советский Союз вернулся, но уже не в горную академию – в 1923 году он возглавил Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья. Там он и работал до 1937 года, когда был арестован «за участие в антисоветской организации». Был осужден на 15 лет и отправлен в Воркуту, однако в 1942 году был переведен в Москву, где, будучи заключенным, работал в одной из «шарашек» – Институте удобрений, однако в 1944 году снова был отправлен в лагерь. Будучи расконвоированным заключенным, преподавал минералогию в Норильске, а затем работал на Норильском комбинате, но снова попал на общие работы. Дожил до освобождения в 1953 году и в 1955-м добился восстановления в Академии наук СССР. Умер в 1956 году в Москве.

Уральский университет и Московская академия

Если судьбы первых ректоров горных вузов – Веймарна и Артемьева – во многом схожи, но принципиально различаются созданные ими высшие школы, то куда больше общего можно найти, сравнивая Московскую горную академию и Уральский государственный университет, в состав которого влился Уральский горный институт. Похожи они, прежде всего, потому, что университет создавался уже как вуз советского типа, где принципиальное значение имела идеология.

Как мы уже упоминали, первым ректором Уралуниверситета[8] был А. П. Пинкевич – педагог и организатор народного образования, приехавший в Екатеринбург из Петрограда специально для создания нового вуза. Однако ректором он был лишь в период становления университета (в 1920–1921 годах), а в 1924 году переехал в Москву, где преподавал во 2-м Московском университете.

А в 1921 году ректором Уралуниверситета стал Б. В. Дидковский, тоже знакомый нам по совещанию, на котором он был противником открытия Московской горной академии.

Однако мотивация Дидковского голосовать «против» была иной, чем у Сыромолотова. Если Сыромолотова можно считать до определенной степени сторонником вуза «веймарновского» типа, то Дидковский, несомненно, сторонник создания уже чисто советских вузов, и он голосовал не против нового вуза как такового, а против того, чтобы этот вуз был в Москве. В 1918 году он уже был «представителем Урала», и его устремления были направлены именно туда. В 1919 году, когда Красная Армия оттеснила Колчака на восток, он вернулся в Екатеринбург, где сразу был поставлен на руководящую работу, связанную с геологией, а потом одновременно с этим занимал и должность ректора университета.

К. К. Матвеев

Тут нужно отметить, что Уралуниверситет перенес те же «детские болезни», что и большинство вновь создаваемых первых советских вузов. Почти сразу после создания он начал разваливаться, по сути, распадаясь на те самые институты, за самостоятельность которых ратовал Матвеев. В итоге к 1925 году в университете остались всего три факультета, два из которых в свое время были сформированы из Уральского горного института, и вуз был реорганизован и переименован в Уральский политехнический институт[9].

Этот политехнический институт в 1930 году был разделен сразу на 10 институтов[10], один из которых в 1932 году стал Уральским горным институтом[11]. И именно этот вуз, переименованный в 1934 году в Свердловский горный институт, ныне называется Уральским государственным горным университетом (УГГУ). По сути, именно тогда Уральский Горный, сохранивший основы, заложенные еще Веймарном, вновь стал самостоятельным вузом.

Похожая картина в том же 1930 году произошла и в Московской горной академии: она была разделена на 6 новых институтов[12], одним из которых был Московский горный институт (считавшийся правопреемником академии), ныне входящий в состав Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в качестве Московского горного института (МГИ).

Б. В. Дидковский

Таким образом, Уралуниверситет и Московская академия были уже близкими по духу вузами, не противостоявшими друг другу. А отголоски противостояния в начальном периоде проявились лишь однажды – в 1925 году, когда в Главпрофобре[13] сложилось мнение о том, что Горный факультет нужно закрыть, так как «в стране уже есть три вуза, в которых готовят инженеров для гор-

[8] Именно такое сокращение было принято в 20-х годах. Позже Уральский государственный университет, который считался правопреемником этого вуза, имел другое сокращение – УрГУ. Ныне УрГУ влился в состав Уральского федерального университета (УрФУ).

[9] При создании Уралуниверситета Уральский горный институт, вошедший в состав этого университета, был разделен на два: собственно Горный и Политехнический. В 1925 году, когда принималось решение о реорганизации университета, новый вуз постановлением Совнаркома сначала решили назвать Горным институтом, но затем поменяли это решение. Этот вуз считается родоначальником УГТУ-УПИ – вуза, на базе которого (путем слияния с УрГУ) сейчас создан Уральский федеральный университет.

[10] В июле 1930 года он был разделен сначала на 8 институтов: появились Уральский институт черных металлов, Уральский институт цветных металлов, Уральский геологоразведочный институт (на базе геологического отделения горного факультета), Химико-технологический институт, Уральский механико-машиностроительный институт, Строительный институт, Лесотехнический институт и Физико-механический институт. А в сентябре появились еще два института: из Уральского института цветных металлов был выделен самостоятельный Уральский горный институт угольных и нерудных ископаемых, а из Уральского механико-машиностроительного – Энергетический институт.

[11] Путем объединения Уральского горного института угольных и нерудных ископаемых с Уральским геологоразведочным институтом.

[12] Московский государственный геологоразведочный институт, Московский горный институт, Московский нефтяной институт, Московский институт цветных металлов и золота, Московский институт стали (черной металлургии), Московский торфяной институт.

[13] Главное управление профессионального образования.

ной промышленности» (имелись в виду Петроградский горный институт, Московская горная академия и Сибирский технологический институт), причем один из профессоров МГА даже бросил: «Зачем Уралу горфак? Там и угля-то нет». Отстоять факультет перед Главпрофорбом удалось лишь к 1926 году, а до этого он «висел на волоске» [16].

В дальнейшем же эти вузы стали во многом похожи друг на друга и долгие годы сотрудничали между собой как два института одного профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Известия. № 166 от 6 августа 1918 г.
2. Филатов В. В. «Быть по сему!». Екатеринбург: УГГУ, 2014. С. 36.
3. Шорин А. Г. Два года, о которых мы забыли (Уральский горный институт в 1917–1919 гг.) // Изв. УГГУ. 2016. № 4 (44). С. 105–108.
4. Здание очень красивого и величественного вида с надписью «Горный институт» (взгляд на нас из XIX века) // Изв. УГГУ. 2016. № 4 (44). С. 103–104.
5. Поленов Ю. А., Шириханова Н. А. Страницы истории УГИ–СГИ–УГИ–УГГГА–УГГУ // Изв. УГГУ. 2013. № 3 (31). С. 75–79.
6. Шорин А. Г. Здания Уральского Горного // Изв. УГГУ. 2017. № 1 (45). С. 109–125.
7. Шорин А. Г. Статья о Петре Петровиче фон Веймарне для русской «Википедии» // Изв. УГГУ. 2016. № 2 (42). С. 97–100.
8. Веймарн П. П. Этюды по энергетике восприятия и творчества: I. О рациональной постановке физико-технического образования в целях поднятия научной и технической продуктивности страны. Петроград: Книгоиздательство «Естествоиспытатель», 1915.
9. Веймарн П. П. Очерки по энергетике культуры // Изв. УГГУ. 2016. № 2 (42). С. 101–109.
10. Хисамутдинова Н. В. Уральский горный институт во Владивостоке // Изв. УГГУ. 2016. № 3 (43). С. 123–126.
11. Блох Ю. И. Крутые виражи Дмитрия Артемьева // Природа. 2010. № 7. С. 70–77.
12. Иванов О. А. Первый ректор Московской горной академии // Изв. вузов. Горный журнал. 2009. № 1. С. 95–106.
13. Блох Ю. И. Исторические корни и учредители Московской горной академии // Геофизический вестник. 2008. № 8. С. 8–14.
14. Главацкий М. Е. Рождение Уральского государственного университета. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 1995. 255 с.
15. Декрет СНК РСФСР от 19 октября 1920 года.
16. Шорин А. Г. Здания Уральского Горного // Изв. УГГУ. 2017. № 2 (46). С. 124–137.

Александр Георгиевич Шорин,
sandy_blood@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

История горного дела на Урале

«СПОНТАННЫЙ ПОТОК МАТЕРИИ»*

В. В. Филатов

В 1933 г. кафедру геофизики возглавил «достойнейший ученик и продолжатель уральской горно-геометрической школы» Петр Александрович Корольков. За четыре года до смерти, а она случилась первого мая 1975 г., он написал для некоего Ивана Ивановича подробный автобиографический очерк с претенциозным названием «Когда, как и почему у меня сменилось миропонимание», содержание которого позволило мне узнать не только о мировоззрении автора, но и получить ответы на более прозаичные вопросы: когда и где родился Петр Александрович и каким путем «случай – судьбы своеволье» привел его в геофизику.

Он родился 8 июля 1900 г. в старинном городке Васильсурске, или, как говорят до сих пор местные жители, в Василе, названном так в честь Великого Московского князя Василия III (1479–1533), основавшего его в 1523 г. в качестве опорного пункта для борьбы с казанским ханом Сагиб-Гиреем. Отсюда, из Василя, князь Василий III совершал военные походы на Казань, которые успешно закончил уже его сын Иван IV Грозный (1530–1584) покорением Казанского ханства в 1552 г.

Свою родину Петр Александрович очень любил. Да и как же ее не любить! Места живописнейшие. Высокий и крутой правый берег Волги при впадении в нее Суры. Полуостров. В Васильсурск, в котором сейчас живет чуть более тысячи жителей, можно попасть, только переплыв Волгу на пароме. «Вид с нагорной части города на Волгу и Суру, – вспоминал Корольков, – напоминает знаменитую картину Левитана «Над вечным покоем», если с… картины снять налёт символизма». Ничего не надо с нее снимать. Она и так великолепна. Исаак Ильич Левитан (1860–1900) написал ее под впечатлением о Васильсурске, в котором был в 1887 г. А до него эти места покорили Ивана Ивановича Шишкина (1832–1898), и волжский мыс, на котором он писал этюды, до сих пор называют Шишкиным. После Левитана и Шишкина здесь отдыхал А. М. Горький (1868–1936) и творил лиричнейший советский пейзажист Н. М. Ромадин (1903–1987), увековечивший на одной из картин село Хмелёвку, в церкви которой крестили младенца Петра. Сохранилась и длиннющая лестница к Волге. По ней он с мальчишками сломя голову сбегал к реке и по ней же, гонимые фантазией Ильфа и Петрова летели, преследуемые разъяренными васюковскими шахматистами, незабвенный авантюрист Остап Бендер и Киса Воробьянинов.

О родителях – отце Александре Михайловиче и матери Анне Васильевне – Корольков вспоминал скуповато. Были они людьми простыми и незатейливыми. Отец, кажется, не имел профессии, а мать была малограмотной. Оба одно время работали у врача уездной земской больницы: отец кучером, мать прислугой. Заботы о растущей семье заставляли отца часто менять места работы: то он работал санитаром в больнице, то лесником казенного лесничества, то рабочим на частной лесопилке некоего Рандича. На лесопилку отец перешел только для того, чтобы сын Петр мог учиться в начальной школе Васильсурска. В 1911 г. семья переехала в Уфимскую губернию, в село Иглино, где отец получил хорошо оплачиваемую должность на лесозаготовках у того же Рандича, а Петр закончил училище. Здесь в 1914 г. Александр Михайлович был мобилизован в армию, и мать с четырьмя детьми вернулась в Васильсурск. Но без Петра, который вынужден был рано стать самостоятельным, поступив для продолжения образования в 1912 г. в Уфе в реальное училище, в котором он на протяжении всех лет учебы был в числе десяти лучших учеников.

Судьба была сурова к Королькову, но не столь трагически безжалостна, как к его однокурснику Богатыреву. Главной мотивацией в жизни для него всегда была учеба, постижение нового, открывание истин. Истина не сопрягается с лукавством. Поэтому Корольков был искренен и в своих откровениях, и в заблуждениях, которых было значительно больше и за которые его немилосердно били. Но он был боец бескомпромиссный, последовательный и смелый, не побоявшийся, пожалуй, ни костра, ни плахи.

Уфу, расположенную так же живописно, как и Васильсурск, на высоких холмах у слияния двух рек – Белой и Уфы, – он считал своей второй родиной. Здесь, говорил он, «прошла моя юность, было заложено начало моим знаниям и началась моя трудовая деятельность» и раз и навсегда сформировались социально-политические убеждения.

«С политической жизнью, – писал он в автобиографии, – мне довелось начать… знакомство… очень рано, примерно с 12 лет, в семье… Уточникова, в которой я проживал в качестве «нахлебника» с 1912 по 1916 год. Старший сын… семьи Виктор… был социал-демократом… У него я иногда читал газету «Правда», которая мне очень понравилась по сравнению с другими… простым языком и тем, что там писалось о бедняках… К этому времени у меня достаточно выросла неприязнь к высокомерным господам потому, что моему отцу приходилось… принижаться перед ними, что меня обижало, и потому, что мне приходилось видеть в реальном училище их заносчивых, самонадеянных и избалованных сынков, пренебрежительно относившихся к плебеям, вроде меня…

С самого начала 1917 года меня, как и многих моих знакомых, стали волновать политические события и я стал жадно читать… политическую литературу левого направления. Примерно с мая 1917 года мои симпатии стали полностью на стороне большевиков и с той поры я… не пропускал ни одной опубликованной речи, либо статьи Ленина.

Октябрьскую революцию я встретил с нескрываемым сочувствием, за что приобрел в училище кличку «большевик»… Весной 1918 года я вступил в Социалистический союз молодежи» и тогда же едва не погиб от разъяренной толпы антисоветски настроенных религиозных фанатиков, когда выступая на одном из митинге, сказал, что декрет о свободе вероисповедания «выводит Россию… на уровень наиболее культурных и свободолюбивых государств мира… Поэтому декрет надо не осуждать, а приветствовать». Звериный рев толпы: «Бей его!!!» он запомнил на всю жизнь. Спасли его от расправы присутствовавшие на митинге матросы-большевики.

Политические события, происходившие в Уфе в 1918–1919 годах, окончательно определили выбор Королькова: «За это время я насмотрелся и вдосталь, какова контрреволюция. Поэтому нет ничего удивительного, что я… 12 марта 1919 года присоединился к многотысячной массе рабочих, оставивших Уфу накануне её сдачи колчаковцам, чтобы вступить в ряды Красной Армии».

Война пощадила Королькова: он не был ни контужен, ни ранен, ни пленен; воевал на Восточном фронте в Уфимском и Кур-

* Продолжаем цикл статей В. В. Филатова. См. : История геофизических исследований на Урале в XVIII-начале XX в. (№ 2 (42), 2016), П. К. Соболевский — основоположник Уральской геофизической школы (№ 4 (44), 2016), Геофизические исследования на Урале в 20–30-е годы XX века (№ 1 (45), 2017) и Они были первые, или дороги, которые нас выбирают (№ 2 (46), 2017).

ском полках, учился на военно-хозяйственных курсах в Саратове и закончил службу в 48-м Отдельном батальоне ВЧК, откуда «выбыл 7 сентября 1921 г., так как был принят, выдержав вступительные экзамены, на геологоразведочный факультет Уральского государственного университета».

Что определило выбор высшего учебного заведения и будущей специальности, неизвестно. Петр Александрович об этом умолчал. Учился он долго и трудно, как и большинство в те годы: родители ничем помочь ему не могли, стипендия – кошкины слезы; приходилось много работать, в частности, руководить организованным им же духовым оркестром Уральского политехнического института. В конце 1925 г. он женился на студентке-медичке Вале Шаровой, ставшей почти на четверть века его ангелом-хранителем. Через год у них родилась дочь Нина. Жизненные трудности усугубились. Немногие могли выдержать такое. Из сорока человек, поступивших вместе с Корольковым в университет, окончили его только восемь человек.

Судьбоносной для Королькова стала встреча с Соболевским. «Соболевский очаровал меня настолько, – вспоминал Петр Александрович, – что я стал искать сближения с ним ещё, будучи студентом, что мне и удалось. Начиная с 1927 г. я стал работать у него сначала лаборантом, а затем руководителем практических занятий… по магнитометрии».

«Очарование» было обоюдным. Рекомендуя Королькова в аспирантуру, Соболевский так характеризовал своего одаренного ученика: «Все работы… Корольков исполнял не шаблонно, всегда весьма осмысленно и деловито…, во всякой работе… Королькова видно сознание принятой им на себя моральной ответственности за исполняемое дело… Корольков при этом обнаружил и… педагогические способности – излагает свои мысли структурно, достаточно сжато… В лице… Королькова (кафедра. – *В. Ф.*)… сейчас уже имеет весьма ценного работника и его необходимо сохранить… в качестве аспиранта… Не безынтересно положение вопроса с иностранными языками… Корольков весьма порядочно знает немецкий язык и ныне усиленно работает над английским… и достиг… хороших результатов, находя возможным самостоятельно переводить иностранную специальную литературу».

Поступив в аспирантуру 11 марта 1931 г. вместе с Богатыревым, Корольков закончил ее 14 сентября 1933 г., представив диссертацию работу, посвященную разрешению проблемы генезиса Алапаевского железорудного месторождения. Соболевский охарактеризовал ее как выдающееся исследование. Высоко оценили диссертацию академики А. Е. Ферсман (1883–1945) и А. Д. Архангельский (1879–1940).

В письме Соболевскому Александр Евгеньевич написал, что считает диссертацию Королькова «очень интересной и желательно скорее её напечатать. Выводы (автора. – *В. Ф.*) весьма вероятны и, думаю, что единственное объяснение генезиса (месторождения. – *В. Ф.*) заключается в развиваемой автором идее гипергенного латеритово-прибрежного изменения подстилающих пород и накопления руд. Геофизический анализ при всей скудности данных, по-видимому, приводит к тому же выводу. Надо приветствовать появление таких основательных… работ».

Академик Архангельский прислал Королькову дружеское письмо: «Уважаемый Петр Александрович, – писал он, – меня очень заинтересовали Ваши предложения относительно способа образования Алапаевских руд… Мне хотелось бы ознакомиться с этим делом подробнее и я готов,… если бы это было в моих силах, помочь в разработке всего вопроса. Если Вам придется быть в Москве, я буду рад увидеться с Вами и побеседовать подробно».

Это был несомненный успех. Диссертация Королькова была первой в истории уральской геофизики, и вопреки поговорке о том, что первый блин всегда выходит комом, оказалась незаурядной работой. Не комом, а румяным пирогом.

Великолепное начало! Да, несомненно. Но ожидаемого блестящего и плодотворного продолжения научных исследований после этого не последовало. «К изумлению моих друзей и знакомых, – вспоминал Корольков, – я изменил своему начальному намерению посвятить себя полностью успешно начатой научно-педагогической работе в институте». Почему? «Уже в 1934 году (точнее 20 июня. – *В. Ф.*) геологи отстранили меня от заведывания кафедрой геофизики потому, что я продолжал следовать Соболевскому в программных вопросах обучения студентов-геофизиков. Со средины 1934 года я поступил на работу по совместительству в Уральское геологическое управление в качестве секретаря районной комиссии по запасам (продолжая до середины декабря работать на кафедре геофизики в должности заведующего лабораторией магнитометрии, читая лекции и проводя практические занятия. – *В. Ф.*). С 15 января 1935 года, будучи уволенным из института «по собственному желанию», я стал работником Уралгеолуправления… а с 1.1–1938 г. – в должности начальника геолфонда, в которой проработал до 10.3–70 г.».

Чем он занимался вторую половину жизни? На этот вопрос ответила его жена, когда он ей сообщил, что в геологическом управлении ему будут платить вдвое меньше, чем в институте: «Работай там, где целесообразно для продолжения твоего самообразования, – сказала она, – и для подготовки к возобновлению научно-педагогической деятельности. Себя и дочь я прокормлю, а твой заработок лишь бы не был ниже минимально необходимого на питание тебе».

И он стал заниматься самообразованием. Каков результат этой упорной многолетней работы? Лучше всего об этом сказал он сам: «С 1950-го года, т. е. года выступления Сталина по вопросам языкознания, стала возможной открытая дискуссия по вопросам естествознания и я стал выступать, насколько позволяли обстоятельства, в прениях, с докладами, лекциями, беседами и т. п. на конференциях, совещаниях, курсах, кружках и т. п.,… с пропагандой понимания процессов в недрах Земли с позиций понимания мира, как спонтанного потока материи…, критикуя геологию… При этой пропаганде я нередко встречаю яростное сопротивление… До ныне (т. е. до 1971 г. – *В. Ф.*), к сожалению, у меня не опубликована суть моей пропаганды потому, что «серьезные» негеологические издательства отсылают меня к геологическим, а последние говорят мне: «Неуч, падежов не знаешь, а лезешь в науку!».

Редакторы журналов, издательств и коллеги-геологи были правы, относясь отрицательно к его трудам, читая в них, что неевклидова геометрия, теория относительности, квантовая механика и кибернетика – это «непостижимо путаная белиберда», контрреволюция, а не революция в науке. При таких «перлах» даже все ценное и разумное, что предлагал Корольков для развития геологической науки, тоже вызывало неприятие и отторжение. Поэтому в суть его работ никто не хотел вникать.

Спустя пять лет после его смерти одна из сотрудниц геологического управления, ставшая при нем весталкой после смерти жены в 1949 г., депонировала в 1980 г. его главный труд «Мир – спонтанный поток материи», частицей которого считал себя и Корольков – непонятый и непризнанный современниками в значительной мере из-за своего ортодоксального менталитета и гипертрофированно-амбициозного самомнения о том, что он один владеет абсолютной истиной, и Творец всего сущего наказал гордеца.

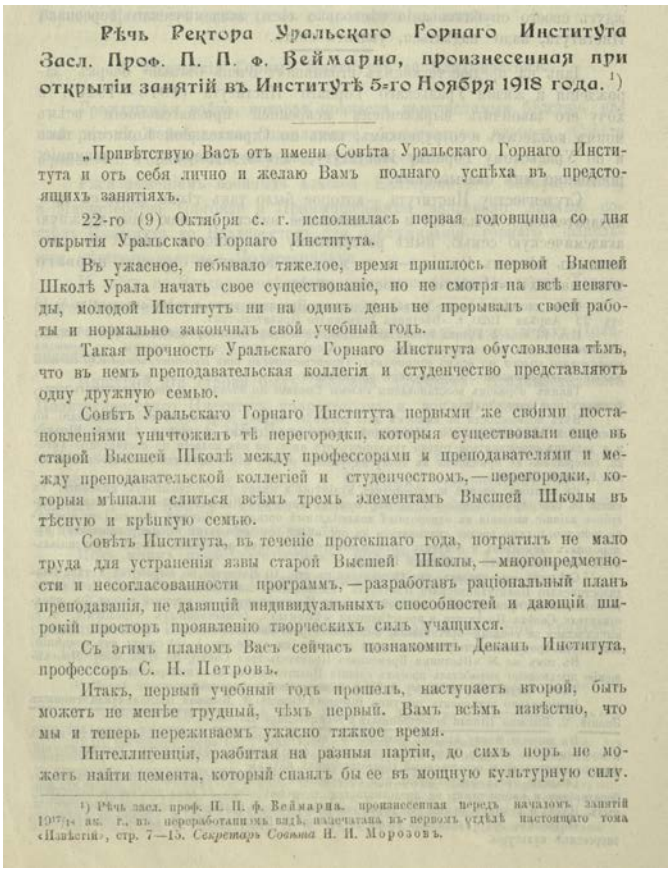
Владимир Викторович Филатов,
filatov47@bk.ru
Владимирский государственный университет
Россия, г. Владимир, ул. Горького, 87

История УГГУ

РЕЧЬ, ПРОИЗНЕСЕННАЯ ПРИ ОТКРЫТИИ ЗАНЯТИЙ 5 НОЯБРЯ 1918 ГОДА

П. П. фон Веймарн

От редакции. Мы сегодня публикуем речь первого ректора Уральского горного института и первого редактора нашего журнала, произнесенную им в годовщину со дня открытия занятий в нашем вузе, которая во многом осталась актуальной и в наши дни. Печатается она по публикации в № 1 журнала «Известия Уральского горного института. 1918–19 ак. г.».



Рѣчь Ректора Уральскаго Горнаго Института Засл. Проф. П. П. ф. Веймарна, произнесенная при открытіи занятій въ Институтѣ 5-го Ноября 1918 года. [1])

„Привѣтствую Васъ отъ имени Совѣта Уральскаго Горнаго Института и отъ себя лично и желаю Вамъ полнаго успѣха въ предстоящихъ занятіяхъ.

22-го (9) Октября с. г. исполнилась первая годовщина со дня открытія Уральскаго Горнаго Института.

Въ ужасное, небывало тяжелое, время пришлось первой Высшей Школѣ Урала начать свое существованіе, но не смотря на всѣ невзгоды, молодой Институтъ ни на одинъ день не прерывалъ своей работы и нормально закончилъ свой учебный годъ.

Такая прочность Уральскаго Горнаго Института обусловлена тѣмъ, что въ немъ преподавательская коллегія и студенчество представляютъ одну дружную семью.

Совѣтъ Уральскаго Горнаго Института первыми же своими постановленіями уничтожилъ тѣ перегородки, которыя существовали еще въ старой Высшей Школѣ между профессорами и преподавателями и между преподавательской коллегіей и студенчествомъ, — перегородки, которыя мѣшали слиться всѣмъ тремъ элементамъ Высшей Школы въ тѣсную и крѣпкую семью.

Совѣтъ Института, въ теченіе протекшаго года, потратилъ не мало труда для устраненія язвы старой Высшей Школы, — многопредметности и несогласованности программъ, — разработавъ раціональный планъ преподаванія, не давящій индивидуальныхъ способностей и дающій широкій просторъ проявленію творческихъ силъ учащихся.

Съ этимъ планомъ Васъ сейчасъ познакомитъ Деканъ Института, профессоръ С. Н. Петровъ.

Итакъ, первый учебный годъ прошелъ, наступаетъ второй, быть можетъ не менѣе трудный, чѣмъ первый. Вамъ всѣмъ извѣстно, что мы и теперь переживаемъ ужасно тяжкое время.

Интеллигенція, разбитая на разныя партіи, до сихъ поръ не можетъ найти цемента, который спаялъ бы ее въ мощную культурную силу.

[1]) Рѣчь засл. проф. П. П. ф. Веймарна, произнесенная передъ началомъ занятій 1917/18 ак. г., въ переработанномъ видѣ, напечатана въ первомъ отдѣлѣ настоящаго тома «Извѣстій», стр. 7—13. *Секретарь Совѣта* Н. Н. Морозовъ.

Приветствую Вас от имени Совета Уральского горного института и от себя лично и желаю Вам полного успеха в предстоящих занятиях.

22(9) октября сего года исполнилась первая годовщина со дня открытия Уральского горного института.

В ужасное, небывало тяжелое, время пришлось первой Высшей школе Урала начать свое существование, но, несмотря на все невзгоды, молодой институт ни на один день не прерывал своей работы и нормально закончил свой учебный год.

Такая прочность Уральского горного института обусловлена тем, что в нем преподавательская коллегия и студенчество представляют одну дружную семью.

Совет Уральского горного института первыми же своими постановлениями уничтожил те перегородки, которые существовали еще в старой Высшей школе между профессорами и преподавателями и между преподавательской коллегией и студенчеством, – перегородки, которые мешали слиться всем этим трем элементам Высшей школы в тесную и крепкую семью.

Совет института в течение прошедшего года потратил немало труда для устранения язвы старой Высшей школы, – многопредметности и несогласованности программ, – разработав рациональный план преподавания, не давящий индивидуальных способностей и дающий широкий простор проявлению творческих сил учащихся.

Итак, первый учебный год прошел, наступает второй, быть может не менее трудный. Вам всем известно, что мы и теперь переживаем ужасно тяжелое время.

Интеллигенция, разбитая на разные партии, до сих пор не может найти цемента, который спаял бы ее в мощную культурную силу.

Вам должно быть понятно, что помимо физического освобождения от врагов, нам не менее важно освобождение от препятствий нашего духовного развития.

Образование, образование и образование, вот девиз, около которого должны сплотиться все интеллигентные силы страны.

Образование снизу доверху, ибо, если мы хотим видеть Россию непорабощенной в культурном отношении соседями, необходимо развитие высшего образования нисколько не менее, чем среднего и низшего.

Нередко приходится слышать, что на образование нет средств, что все деньги пожирает война.

Но, повторю еще раз, если мы хотим видеть Россию не только физически свободной, но и культурно-свободной, то средства, и большие средства, должны быть немедленно даны на образование.

Их надо суметь достать.

Пусть правительство выпустит принудительный заем – «Заем на народное образование», это будет действительно «Заем Свободы» и тогда страна станет свободной в широком и лучшем смысле этого слова.

Нет сомнения, что только культурный народ может быть действительно свободным.

Работайте изо всех сил и будьте уверены, что своей культурной работой вы куете настоящую свободу России.

Поднимая культуру своей родины, вы поднимете и общую культуру всего человечества, и приближаете истинное братство народов, которое, конечно, недостижимо путем насилия, как думают некоторые, и может являться только результатом высшей человеческой культуры.

К культурной работе я призываю вас и еще раз приветствую.

ЗДАНИЯ УРАЛЬСКОГО ГОРНОГО[1]

А. Г. Шорин

Заключительная часть статьи посвящена истории зданий, которые не входят в число учебных корпусов: это общежития, спортивные сооружения, базы практик. Также рассказывается о попытках создания на базе вуза Университетского городка и создания Студенческого городка.

Инфраструктура

Рассказывая о зданиях Горного, нельзя не упомянуть о том, что учебные помещения – это лишь часть общей инфраструктуры вуза. Поэтому в последней главе мы расскажем об общежитиях, спортивных сооружениях и базах практик УГГУ.

А начнем с того, что изначально вуз начинал строиться как единый комплекс по типу европейских «университетских городков», позже тот же принцип был положен в основу создания первого проекта Уральского университета.

Университетский городок: первая попытка

Здание Уральского горного института не случайно строилось на самой окраине. В планах было строительство не только здания с учебными аудиториями и лабораториями, но и полноценный комплекс с жильем для студентов и преподавателей и даже собственным парком с прудом. Например, в планах сохранился фасад дома ректора, где должен был жить П. П. фон Веймарн. Также было получено разрешение на строительство «дома для преподавателей и обслуживающего персонала», который должен был строиться на средства «местных капиталистов».

Уже в феврале 1919 года (в городе – власть Колчака) в городской управе состоялось заседание хозяйственно-строительной комиссии, на котором была создана подкомиссия для разработки условий конкурса по составлению проекта «Города-сада». Согласно предварительным расчетам, должно было быть выделено около 800 га земли около строящегося Горного института, который становился центром пятиконечной звезды в окружности. Этот новый город был рассчитан на 30 000 человек с «условиями дачного спокойного проживания». Ресторан, театр, два парка, две торговые площади, пожарная каланча и водонапорная башня. Чем не университетский городок?

Проект остался утопией. Так и не построили не только городок, но и даже само здание Горного института.

Университетский городок: вторая попытка

Когда в 1920 году начал создаваться Уральский государственный университет, ему было передано больше 20 зданий, однако их «костяк» составляли нынешний 2-й учебный корпус УГГУ (бывшее епархиальное училище), бывший пансион этого епархиального училища, духовное училище, а также бывшее второе женское училище – нынешний главный корпус УГГУ. Все вместе они составляли единый блок, привязанный к бывшему Ново-Тихвинскому монастырю и Щепной (Монастырской) площади, образуя новый университетский городок. Попытка создания университетского городка в конечном итоге не увенчалась успехом, от нее осталось только нынешнее название переулка – Университетский.

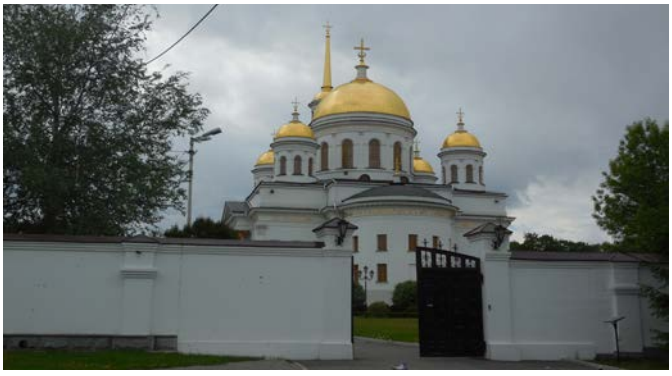
А монастырь достоин небольшого отдельного рассказа так же, как и не существующая сейчас площадь и существующий парк (современная Зеленая роща).

Ново-Тихвинский женский монастырь начался с кладбищенской Успенской церкви и деревянного дома для причта, построенных на деньги купца И. И. Хлепетина (кладбище было на месте нынешнего парка Зеленая роща). В 1789 году в этом доме при церкви был открыт «общежительный призрательный дом» – богадельня для неимущих вдов и девушек-сирот. Созданием монастыря эта богадельня обязана монахине Таисии (в миру – Митрофанова (Костромина) Татьяна Андреевна), которая в 1796 году присоединилась к общине, добилась для нее статуса монастыря

Ново-Тихвинский женский монастырь в конце XIX века

Скорбященский храм Ново-Тихвинского женского монастыря, начало XX века

Монастырь в 1974 году



Современный вид Ново-Тихвинского женского монастыря (фото автора)

[1] Окончание. Начало в № 1 (Изв. УГГУ. 2017. Вып. 1 (45). С. 109–125) и в № 2 (Изв. УГГУ. 2017. Вып. 2 (46). С. 124–137).

Парад войск Чехословацкого корпуса на Щепной площади в 1918 году (открытка)

Стадион «Юность» (1980-е годы)

и стала в нем игуменьей, развернув широкую образовательную и социальную деятельность. В 1809 году монастырь получил статус «штатного», т. е. получавшего официальное финансирование монастыря 3-го класса. В 1822 году император Александр I утвердил преобразование обители в монастырь 1-го класса. Его особенностью было то, что он продолжал влиять на общественную и культурную жизнь города. Его тогдашнее название – Горно-Уральский Ново-Тихвинский девичий монастырь.

В начале XX века в монастыре проживало около 1000 человек, его территория, окруженная стеной, занимала 58 га, а здания составляли 6 храмов, 18 мастерских, а также корпуса келий. В начале 1920 года монастырь был закрыт, монашеские кельи были использованы как общежитие для студентов университета.

В 1994 году Ново-Тихвинский женский монастырь был возрожден, с 2013 года его официальное название – Александро-Невский Ново-Тихвинский женский монастырь.

Многие церковные помещения сейчас восстанавливаются. Например, в заложенном в 1832 году Скорбященском храме (современный адрес – Зеленая Роща, 1б) в советское время был клуб, для чего в нем снесли купол, алтарь, все внутренние стены и даже одну внешнюю – чтобы устроить кинозал. В 2006 году храм был заложен заново. А Введенский храм в советское время стал кабинетом начальника госпиталя. Кстати, Окружной военный клинический госпиталь № 354 до сих пор занимает несколько помещений бывшего монастыря (ул. Декабристов, 87), хотя идут переговоры о том, что и они будут постепенно передаваться церкви.

Если бы в начале 1920-х годов проект университета осуществился, то, скорее всего, вся территория монастыря стала бы частью университетского комплекса.

Щепная площадь, которую из-за близости к Ново-Тихвинскому женскому монастырю также часто называли Монастырской и иногда – Дровяной[2], а в советское время – Университетской: ныне не существующая площадь в Екатеринбурге, по краям которой стояли здания, о которых мы рассказывали, – 2-я женская гимназия, Нуровский приют, епархиальное училище, духовное училище, комплекс Ново-Тихвинского женского монастыря.

Название этой торговой площади родилось из-за специфики продававшегося здесь товара, который был «щепным», то есть деревянным: от гребешков и шкатулок до бочек, сундуков, шкафов и пр. К ней вел Сибирский проспект (ныне – ул. Куйбышева), который в плане Екатеринбурга упоминается с 1785 года, а с 1804 года приобретает упорядоченные очертания.

Интересные воспоминания о Щепной площади оставил нам уральский писатель П. П. Бажов: «*…мы пошли на Щепную площадь, чтоб купить там сундучок. Здесь тогда были лабазы с просторными навесами, под которыми выставлялся такой товар, как телеги, кошевки, санки и горки сундуков. Помню, меня удивило, когда увидел в щепном товаре также зеркала и обои. В одном месте ожесточенно рядились около ямской телеги. У других лабазов народу было не видно. Только ходила группа женщин, «присматривавших горку для невесты».*

Мы не задержались на Щепной: цена на маленькие сундучки была определенной, рядиться не приходилось. Купили окованный в полоску зеленый сундучок…

…Хотя Щепная площадь имела явно выраженный скат с запада на восток, она была не проканавлена и местами тоже трудно проходима. На том месте, где теперь приходится северо-западный угол стадиона, бил ключик, а рядом с ним «зыбун», на котором ребята не без удовольствия качались. Иногда зыбун даже оказывался яблоком раздора между отдельными ватагами, хотя оснований для битв и не было: зыбуна на всех хватало.

Проходя первый раз по Щепной площади, я, разумеется, ничего этого не знал и удивлялся жалкому виду Волчьего порядка, который со своими покосившимися домами приходился на заболоченной низине площади.

– Тоже город называется. Дома-то вон как исковеркало!

Отец по этому поводу заметил:

– По-всякому и в городе живут; не думай, что все на рысаках ездят».

Любопытно, что в октябре 1918 года, когда власть в Екатеринбурге от местного временного правительства переходила к правительству Колчака, именно на этой площади состоялся парад войск Екатеринбургского гарнизона в честь уполномоченного Британского правительства сэра Ч. Элиота. В нем участвовали как русские, так и чехословацкие, а также сербские воинские соединения.

Ныне основную часть бывшей Щепной площади занимает стадион «Юность» (1972), бывший стадион для совторгслужащих (середина 1920-х годов), позже – стадион пионеров и школьников, в 1960-х годах получивший искусственный ледяной каток для конькобежцев.

Этот стадион также мог стать частью университетского комплекса.

Парк Зеленая роща. Как мы уже говорили, парк, который сейчас хорошо известен студентам-горнякам как Зеленая роща, начинался как кладбище, которое в дореволюционном Екатеринбурге называли Монастырским (позже – Монастырская роща), а вот Зеленой рощей называли парковый комплекс близ строящегося нового здания Горного института в нынешнем районе Втузгородка, о чем уже упоминалось.

[2] Из-за этого может возникать путаница, так как название Дровяная вообще-то носила другая площадь в Екатеринбурге – нынешняя площадь Парижской коммуны: часть проспекта Ленина возле бывшего главного здания УрГУ (ныне – корпус УрФУ).

Остатки могильных плит в современном парке Зеленая Роща

Вид на современный парк Зеленая роща (фото автора)

Превращение монастырского кладбища-парка в нынешний парк Зеленая роща тесно связано с историей городского зоопарка. Впервые идея о постоянном зоопарке («зоосаде») в Екатеринбурге рассматривалась на заседании УОЛЕ – Уральского общества любителей естествознания еще в 1912 году по предложению Онисима Егоровича Клера: тогда его предлагалось разместить в Харитоновском саду. Однако дальше предложений дело не пошло. В 1923 году уже Модест Онисимович Клер, занявший должность председателя УОЛЕ, снова поднял этот вопрос на заседании общества, однако тогда общество закрыли, а Модеста Онисимовича арестовали.

В 1926 году эстафету перенял еще один Клер – Владимир Онисимович, брат Модеста, поднявший этот вопрос в горсовете. На этот раз дело сдвинулось – в 1927 году горсовет выделил участок «для зоосада» в Монастырской роще, где было кладбище. И к 1929 году кладбище полностью срыли, подготовив место для новостройки.

Между тем нужно понимать, что зоопарк – это в первую очередь коллекция животных, а не территория. С 1920-х годов коллекция животных существовала в живом уголке «Мирок юнната», созданном орнитологом Валерием Шлезгером на углу современных улиц Крылова и Синяева. Сначала там жили только птицы, но к концу 1920-х годов появились и копытные: лань, бизон, антилопа и лошадь Пржевальского. 10 мая 1930 года в Пионерском саду (бывший сад Филитц) был устроен публичный показ этих животных. Место в саду понравилось, и было решено там, пока строится зоопарк в Монастырской роще, сделать временный зоосад. В этом «временном» месте Екатеринбургский зоопарк работает до сих пор, хотя в 1960-х годах его пытались перенести к Московскому тракту, а в 1980-х – в район Широкореченского кладбища, где даже начинались активные строительные работы…

А вот на месте снесенных могил Монастырского кладбища появился новый большой парк – Зеленая роща, ныне так любимый студентами-горняками. Он тоже мог стать частью университетского комплекса.

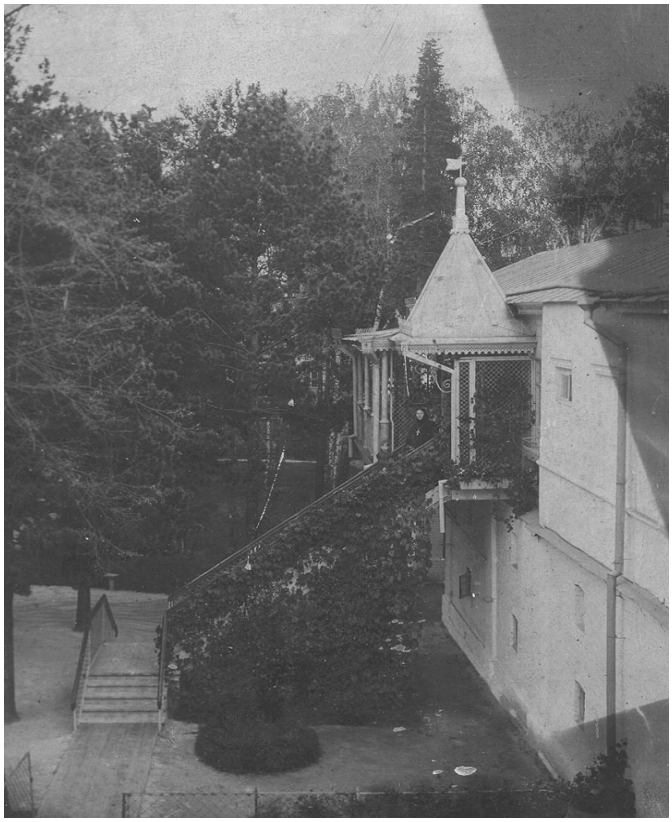
Общежития Горного

Попробуем проследить процесс появления общежитий Горного – от первых съемных помещений до современного студенческого городка.

Первое «общежитие». Иногородние студенты, поступившие учиться в 1917 году в только что открывшийся Горный институт, сразу же столкнулись с жилищной проблемой – в городе, переполненном беженцами (шла Первая мировая война), квартирный вопрос стоял очень остро, и даже «угол» найти было очень сложно. И руководство института договорилось о проживании студентов в гостинице Г. Н. Александрова. По сути, это был скорее «доходный дом» в два этажа на Покровском проспекте (ныне – ул. Малышева, сам дом не сохранился) на 12 «номеров». К слову, самых дешевых в городе. Зато при доме были кондитерская и булочная.

А еще при этом доме была голубятня, где в то время 14-летним пацаном гонял голубей будущий режиссер фильмов «Веселые ребята» и «Волга-Волга» Григорий Александров. Кстати: старший брат будущего режиссера Борис в это время воевал на фронте добровольцем, позже он офицером-белогвардейцем поведет студентов Горного в Белую армию, а после Гражданской войны он станет… оперным певцом под псевдонимом Борис Сергеев.

Съемные квартиры и «учебно-жилые» помещения. Даже не обладая собственными учебными помещениями, Горный институт был вынужден заботиться о жилье для преподавателей: это было частью контракта. Как мы уже упоминали, П. П. фон Веймарн жил в доме своего институтского товарища Барабошкина (ныне – завод ОЦМ на просп. Ленина), но при этом оплачивал проживание из служебных средств. Таким же образом поступали и другие преподаватели.



Кельи монашек Ново-Тихвинского монастыря, выходящие на Монастырскую рощу (начало XX века)

Вид на Покровский проспект в начале XX века, где находилась гостиница Г. Н. Александрова (до нашего времени здание не сохранилось)

Здание по ул. Малышева, 144 полностью перестроено, теперь это одно из самых новых и современных общежитий УрФУ (фото автора)

Общежитие, корпус Д, пр. Ленина 54/6 (фото автора)

С приходом Советской власти ситуация изменилась: теперь и преподаватели и студенты могли рассчитывать на жилье, предоставленное государством. Про этот период известно, что преподаватели жили часто в тех же зданиях, где работали: в доме бывшего начальника горных заводов (ныне – областная больница № 2 на набережной Рабочей молодежи), а также в здании второй женской гимназии (ныне – главный корпус УГГУ). Студенты жили в бывших кельях Ново-Тихвинского монастыря.

Также бывало и такое, что квартиры для преподавателей и студентов снимались за счет института – как правило, на какой-то срок. Например, сохранились сведения, что адрес одной из таких «студенческих» квартир был такой: ул. Февральской революции, 22 (ныне здание не сохранилось).

Первое «собственное» общежитие Горного. В 1930-е годы, когда начали строиться Втузгородок и здание индустриального института (позже – УПИ, а ныне УрФУ), для Горного института там было построено собственное студенческое общежитие – 5-й студенческий корпус (ул. Малышева, 144) на 1200 мест. Однако всем мест не хватало, и около 400 студентов жили на съемных квартирах.

В годы Великой Отечественной войны в общежитии разместили госпиталь № 427, поэтому студентам приходилось жить в нынешнем 2-м учебном здании (пер. Университетский, 9).

Из-за недостатка жилья вопрос об общежитии встал в институте очень остро, и в 1944 году студенты и преподаватели построили на проспекте Ленина новое общежитие на 400 мест – это современный ***корпус Д*** (просп. Ленина, 54/6).

Студенческий городок. Современный студенческий городок УГГУ близ перекрестка улиц Большакова и 8 Марта начал строиться в 1950-х годах. Причем в отличие от учебных зданий нумерация корпусов общежитий сейчас не соответствует тому порядку, в котором они строились.

Первым в – 1958 году – был сдан современный ***корпус Б*** (8 Марта, 84/Большакова 78а), рассчитанный на 960 мест, в крыле которого в 1960 году разместилась поликлиника, ставшая межвузовской. Вторым – в 1960 году – был сдан ***корпус А*** (8 Марта, 82) на 860 мест.

Если вы посмотрите внимательно на архитектуру этих зданий, то почувствуете последствия знаменитого «постановления 1954 года». На самом деле речь идет о постановлении № 1871 ЦК КПСС вообще-то от 4 ноября 1955 года, но называют его «постановлением 1954 года», потому что оно стало последствием того, что в декабре 1954 года на Всесоюзном совещании строителей острой критике была подвергнута «практика украшательства в архитектуре». Таким образом, был завершен период советского монументального классицизма, который в просторечье часто зовется «сталинским», а ему на смену пришел «хрущевский» минимализм. Так вот, по архитектуре первых двух общежитий студгородка УГГУ заметно, что корпус Б строился еще по сталинским стандартам, и там можно видеть колонны, а вот в корпусе А, который был сдан всего двумя годами позже, уже нет подобных «украшательств».

А вот пятиэтажные ***корпуса В и Г*** (8 Марта, 82а и 82б) – это уже период «брежневского» строительства, они построены в 1970-х годах.

Осталось упомянуть об одном нюансе, о котором хорошо знают все бывшие студенты-горняки. Место для студгородка Горного оказалось очень удачным в том смысле, что недалеко находилось общежитие пединститута, где учились в основном девочки. Это способствовало заключению такого количества браков, что остряки расшифровывали аббревиатуру педагогического института – СГПИ – как «совместно горно-педагогический институт»[3].

Спортивные сооружения

До постройки Дома спорта спортзал располагался во 2-м учебном здании института (пер. Университетский, 9), а занятия на свежем воздухе проходили в парке Зеленая роща.

Еще в 1956 году, когда строились первые корпуса будущего студгородка, студенты и преподаватели кафедры физвоспитания (которая работает с 1929 года) построили возле общежитий футбольное поле, три баскетбольные площадки, гимнастический и боксерский городки, легкоатлетические площадки.

[3] Филатов В. В. «Отечества пользы для…». Екатеринбург: УГИ, 1992. С. 51.

Общежитие, корпус Б, ул. 8 Марта, 84/Большакова 78а (фото автора)

Общежитие, корпус А, ул. 8 Марта, 82 (фото автора)

Общежитие, корпус А, фото 80-х годов

Общежития Горного (корпуса А, Г и В), фото 80-х годов

Общежитие, корпус Г, ул. 8 Марта, 82б (фото автора)

Общежитие, корпус В, ул. 8 Марта, 82а (фото автора)

Дом спорта (ул. 8 Марта, 84а) был открыт в 1971 году. Шесть тренировочных залов позволили по итогам 1976–1977 годов кафедре физкультуры Горного института стать лучшей в смотре-конкурсе кафедр физического воспитания вузов Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР.

Базы практик. Не для всех специальностей практические занятия могли проходить в лабораториях, поэтому еще в 1935 году при институте (в 1-м учебном корпусе) была открыта учебная механическая мастерская, а во дворе 3-го учебного корпуса была, например, даже учебная буровая вышка. Однако этого было мало, поэтому у вуза появились собственные учебно-методические базы практик по геологии, геодезии и геофизике.

База практики по общей геологии и геодезии была создана в Сухоложском районе, на берегу р. Пышмы (120 км от Свердловска) в 1946 году – там одновременно могли проходить практику до 600 студентов.

Занятия студентов-горняков спортом, фото 70-х годов

Дом спорта УГГУ, ул. 8 Марта, 84 а (фото автора)

База практики по геофизическим методам разведки начиналась с практик, на которые профессор П. К. Соболевский начал вывозить учеников с 1928 года (первый выезд – на месторождение Лешачьи Лога возле Верх-Нейвинского поселка)[4]. Практики потом проходили в разных местах: в Сухом Логу, Полевском, Кыштыме и Свердловске.

В 1962 году началось строительство собственной постоянной базы института – под Сысертью, возле села Косой Брод. База продолжала строиться и расширяться на протяжении десятков лет. Многие преподаватели и студенты знают эту базу не только как место проведения учебных практик, но и как место отдыха.

Практика в Сухом Логу (фото 1949 года)

База практик УГГУ в п. Верхняя Сысерть, современное фото

Заключение

Рассказывая историю зданий Горного, я в очередной раз убедился в том, что обо всем рассказать невозможно, так как любая история – лишь часть других историй, которых бесконечное количество, и все они заслуживают внимания. Надеюсь, что удалось добиться главного – показать в этой мозаике не только историю Горного, но и историю Екатеринбурга, Урала, да и всей нашей страны. Так что интересные факты для себя здесь может найти не только тот, кто интересуется историей нашего вуза, но и любой, кто вообще интересуется своими корнями.

Александр Георгиевич Шорин,
sandy_blood@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

[4] Учебная геофизическая практика в Уральской горно-геологической академии. Екатеринбург: УГГГА, 2003. С. 207.

Анонс

Библиотека Я. Б. Кальницкого в УГГУ

Уральский государственный горный университет совместно со Свердловским областным краеведческим музеем планирует провести встречу с Еленой Кальницкой – автором книги «Век горного инженера. К 100-летию Якова Борисовича Кальницкого».

Яков Борисович Кальницкий

Яков Борисович Кальницкий (1915-1989) – специалист по механизации горных работ, доктор технических наук, профессор, один из создателей научной части научно-исследовательского института Гипроникель. Родился в семье горного инженера Б. И. Кальницкого, окончил в 1936 году Ленинградский горный институт, после чего начал свою трудовую деятельность в Союзникельголовпроекте (ныне – Гипроникель). В годы Великой Отечественной войны работал на золотодобывающих и угольных предприятиях Урала, а после войны – в Ленинградском горном институте, где создал лабораторию горнотранспортной техники. В 1955 году создал в институте Гипроникель лабораторию (с 1962 года это научно-исследовательский отдел) по отработке схем и параметров новых горнорудных машин. В среде ленинградской интеллигенции о Якове Борисовиче осталась память не только как о крупном инженере и педагоге, но и как о собирателе книг, театрале, поэте, острослове, ценителе искусства.

Автор этой книги – известный искусствовед и музеевед, генеральный директор государственного музея-заповедника «Петергоф», Елена Яковлевна Кальницкая. Книга издана в издательстве «Европейский дом» (Санкт-Петербург) в 2015 году, к 100-летнему юбилею со дня рождения Я. Б. Кальницкого, однако интерес к ней не пропал. Выходя за рамки воспоминаний об одном человеке, Елена Кальницкая рассказывает в ней и об истории горного дела, и о технической интеллигенции советского периода.

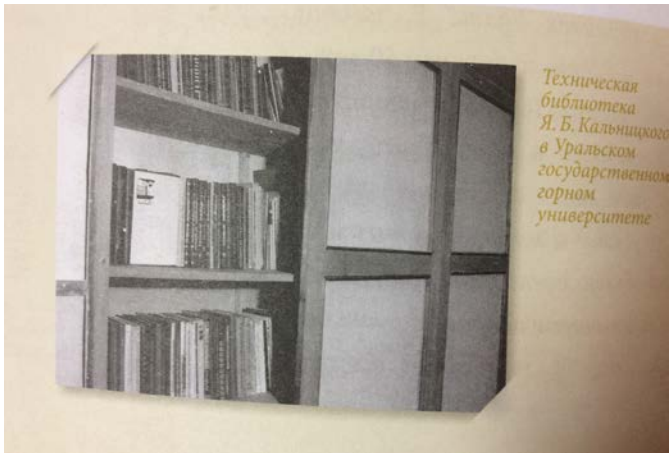
Я. Б. Кальницкий имел отношение и к Свердловскому горному институту (ныне – УГГУ), являясь близким другом и коллегой Александра Михайловича Мальцева – доктора технических наук, профессора, лауреата Государственной премии СССР, специалиста в области самоходного проходческого монорельсового оборудования, который с 1976 по 1991 гг. был заведующим кафедрой рудничного транспорта нашего вуза.

Елена Кальницкая в своей книге вспоминает, как Александр Михайлович вместе со своей женой Тамарой Алексеевной у них дома в Ленинграде продемонстрировали Кальницким «мастер-класс» по изготовлению уральских пельменей, совершенно посрамив модную в те годы «пельменницу», позволявшую автоматизировать этот процесс.

В 1977 году Кальницкий передал в дар кафедре рудничного транспорта личную библиотеку из 730 книг, посвященных теме рудного транспорта. В книге Елены Кальницкой опубликован снимок этой библиотеки.

У Елены Кальницкой сохранилась копия письма Якова Борисовича Мальцеву, которое было приложено к этому дару. «*Глубокоуважаемый Александр Михайлович!* – писал Кальницкий в Свердловск. – *Как Вам известно, годы моей ранней юности прошли в Свердловске (Я. Б. Кальницкий с семьей родителей жил в Свердловске подростком – с 1926 по 1929 гг. – А. Ш.), а производственная работа – на шахтах и рудниках Урала. В память об этом и в связи со славным 60-летием Свердловского*

Александр Михайлович Мальцев



Снимок библиотеки Я. Б. Кальницкого из книги «Век горного инженера»

Современный снимок библиотеки Я. Б. Кальницкого на кафедре ГМК

Личная печать Я. Б. Кальницкого на книгах

горного института прошу принять в фонд Вашей кафедры в виде моего скромного подарка подборку книг и материалов из моей личной библиотеки. Все они посвящены в основном вопросам рудничного транспорта, подземной погрузке и комплексной механизации горных работ. Среди этих материалов в количестве 730 единиц имеются книги, оттиски и авторефераты с дарственными надписями их авторов, имеются первые в СССР издания книг по рудничному транспорту – труды А. М. Терпигорева, Г. Банзена, А. И. Малиованова, Л. Д. Шевякова, В. И. Геронтьева и др.

Буду рад, если эти материалы принесут какую-либо пользу в учебной и научно-исследовательской деятельности коллектива Вашей кафедры. С искренним уважением и приветом, Я. Б. Кальницкий. 28 ноября 1977 года. Ленинград».

Сохранились также и стихи Кальницкого, посвященные Мальцеву:

Среди событий, очень важных,
Не можем пропустить одно:
Наш Мальцев для НИПИГормаша
В Европу прорубил окно!

Поблек приезд Жискар д'Эстена
И форум девушек в Москве
Когда сегодня КПНы,
Пыхтя совместно с КПВ,

Опять сработали достойно
И под ритмичный реек стук
Был соискателем спокойно
И честно грыз гранит наук.

И пью за Мальцева, ребята,
И пью за весь НИПИГормаш,
Где был он первым кандидатом,
А ныне – первый доктор ваш!

Несмотря на то, что кафедра, которую возглавлял Мальцев, ныне реорганизована, став частью кафедры горных машин и комплексов УГГУ, там хорошо помнят А. М. Мальцева, а библиотека Кальницкого до сих пор хранится на этой кафедре.

Также в Горном университете до сих пор работают люди, которые помнят Мальцева и знают о его дружбе с Кальницким. Это профессора А. В. Юдин, возглавивший кафедру после Мальцева, и А. Г. Попов, работавший вместе с ним.

Если кто-то из наших читателей был знаком с Я. Б. Кальницким или А. М. Мальцевым, то просим Вас связаться с нашей редакцией, и мы пригласим Вас на встречу с Еленой Яковлевной Кальницкой.

Подготовил А. Шорин

Уважаемые авторы!

Журнал «Известия УГГУ» публикует результаты научных исследований российских и зарубежных авторов на русском или английском языках.

К публикации принимаются статьи, снабженные следующими необходимыми компонентами.

1. Текст статьи на русском или английском языке (либо двуязычный) в электронном виде. Статьи принимаются на электронную почту редакции: **iuggu-journal@yandex.ru.** Не допускается направление в редакцию статей, уже публиковавшихся или посланных на публикацию в другие журналы. Необходимо указывать номер УДК.

2. Список литературы на русском и английском языках. Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3. В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в списке. Упоминания ГОСТ, СНиП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов рекомендуется приводить в тексте статьи, не вынося в список литературы. Обязательно отражение в статье мирового опыта по рассматриваемому вопросу, список литературы должен содержать современные зарубежные статьи (не ранее 2010 года издания). Самоцитирование не приветствуется, список литературы должен содержать не более 2–3 собственных работ автора. Наличие в списке литературы учебников, учебных и методических пособий, указаний по курсовому и дипломному проектированию, конспектов лекций дял студентов не допускается.

3. Аннотация и ключевые слова. Объем аннотации должен составлять 200–250 слов. По аннотации читатель должен определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации. Стоит воздержаться от второстепенной информации и выражать мысли возможно более лаконично.

В аннотации должны быть отражены: предмет, тема, цель работы; метод или методология проведения работы; результаты работы и область их применения; выводы. Перевод аннотации, ключевых слов и списка литературы на английский язык осуществляется авторами, только если они уверены в качестве перевода, если же нет – перевод осуществляется редакцией. Перевод с помощью электронных переводчиков не рекомендуется.

4. Сведения об авторах. Необходимо указать на русском и английском языках ФИО, должность, ученую степень и звание, место работы (учебы) с указанием полного почтового адреса, контактный e-mail, контактный телефон.

5. Рекомендация кафедры, или члена редколлегии, или редактора по разделу (в случае, если автор не имеет ученой степени).

6. Экспертное заключение о возможности опубликования. В сканированном или распечатанном виде.

7. Согласие на обработку персональных данных. Можно как прислать в сканированном виде, так и принести в редакцию. Бланк можно взять в редакции.

Статью необходимо по возможности структурировать (разбивать на отдельные разделы) для более удобного восприятия материала. Объем статьи вместе с иллюстрациями не должен превышать 10 стр.

Плата за публикацию с авторов научно-технических статей, включая аспирантов, в порядке общей очереди не взимается.

Оформление статей

1. Редактор Microsoft Word, гарнитура Times New Roman. Поля документа: левое 3 см, остальные – 2,5 см. Кегль 11, одинарный интервал. Абзацный отступ 0,63. Страницы нумеруются. Не допускаются пробелы между абзацами.
2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.
3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры – прямым шрифтом. Кегль шрифта в формулах должен совпадать с кеглем шрифта основного текста. Тригонометрические знаки (sin, cos, tg, arcsin и т. д.), знаки гиперболических функций (sh, ch, th, cth и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, In, arg, grad, const и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал (°C – градусы Цельсия и т. д.) набираются прямым шрифтом.
4. Физические единицы приводятся в системе СИ.

Графический материал

Рисунки, карты, чертежи предоставляются в электронном и бумажном виде, в цветном и/или черно-белом исполнении. Изображения должны быть четкими, контрастными. Таблицы и схемы должны быть пригодными для правки. Таблицы и схемы, сканированные как изображения, не принимаются.

На картах обязательно указывается масштаб. На чертежах, разрезах, картах должно быть отражено минимальное количество буквенных и цифровых обозначений, а их объяснение – в подрисуночных подписях. Ксерокопии и сканированные ксерокопии фотографий не принимаются. Рисунки с нечитаемыми или плохо читаемыми надписями, с подписями «от руки», слишком тонкими линиями не принимаются.

Подрисуночная подпись должна быть набрана 7 кеглем, основной текст в таблице – 7 кеглем, шапка таблицы – 7 кеглем. Гарнитура текста в рисунках и таблицах – Arial, кегль 7.

Все статьи подлежат рецензированию, мнение рецензента всегда доводится до сведения автора.

Примеры оформления списка литературы

Монографии

Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. М.: Мир, 1981. 280 с.

Статьи в периодических изданиях

Абатурова И. В., Грязнов О. Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. 2014. № 6. С. 160–168.

Авторефераты, диссертации

Овечкина О. Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: автореф. … дис. канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2013. 24 с.

Сушко А. Е. Разработка специального математического и программного обеспечения для автоматизированной диагностики сложных систем: дис. … канд. техн. наук. М.: МИФИ, 2007. 170 с.

Зарубежные исследования

Hudson J. A. The Scattering of Elastic Waves by Granular Media. Quart Journal Mech. and Applies Math. 1968. Vol. XXI. Pt. 4. pp. 487–502.

Rudd K. Paris Can't Be Another Copenhagen. New York Times. Retrieved 26 May 2015.

Сетевые источники

Биржевой навигатор. URL: http://stock-list.ru/natural-gas.html

Памятка для авторов

Научный журнал не может (и не должен) развиваться только силами редакции. Поэтому, предъявляя новые требования к себе, мы предъявляем их и к авторам, которые хотят публиковаться в нашем журнале.

Требования к оформлению высылаемых рукописей мы публикуем на нашем сайте, а также на последней странице каждого нового выпуска. Здесь мы не будем повторять все это, лишь расскажем о нововведениях, которые нам представляются наиболее важными.

Аннотация. Как на русском, так и на английском языках аннотации сейчас принимаются только расширенные – не менее 200 слов. Делается это для того, чтобы читатель (в том числе иностранный) мог в считанные минуты понять, о чем данная статья и представляет ли она для него интерес.

Список литературы. К сожалению, публикации в советских журналах традиционно отличались от иностранных меньшим числом источников. Кроме того, отечественные ученые зачастую не утруждают себя изучением иностранных публикаций на интересующую тему. Также часты использования в качестве источников различных учебников, методичек и пр. Все это значительно снижает уровень публикаций. Поэтому мы взяли за правило рекомендовать авторам расширять список литературы до 10–15 источников с обязательным использованием зарубежных публикаций. Исключения возможны, но они должны быть обоснованными.

DOI. Помимо ставшего уже привычным для авторов присваиваемого каждой статье номера УДК, начиная со второго номера нынешнего года (№ 2 (42), 2016) каждой статье в обязательном порядке присваивается номер DOI.

DOI (*англ.* Digital object identifier) – классификатор цифрового объекта для создания постоянных гиперссылок, которые позволяют сохранять информацию о конкретной статье в сети Интернет, даже если изменилась структура сайта, где эта статья изначально была сохранена.

Проще говоря, номер DOI позволяет научной статье гарантированно открываться и быть доступной для поиска в сети, что совершенно необходимо для того, чтобы статья могла цитироваться с помощью Интернета, не затрудняя авторов поисками ее в библиотеках и архивах – своего рода дань современным IT-технологиям.

Редакцией «Известий УГГУ» заключен договор с Некоммерческим партнерством «Национальный Электронно-Информационный консорциум» (НП НЭИКОН), которое предоставляет в России посреднические услуги по присвоению DOI от регистрационного агентства (DOI Registration Agency) CrossRef. Это самый современный центр регистрации Международной организации документации, основной задачей которого является организация доступа пользователей к первичным публикациям, содержащим научный контент, и содействие коллективной работе издателей по всему миру. Эту кооперативную справочную систему сейчас используют большинство научных журналов в мире.

DOI обязательно указывается при цитировании статьи. В журнале «Известия УГГУ» DOI сейчас присваивается каждой вновь вышедшей статье. Также номер DOI может быть присвоен любой из статей, которые ранее публиковались в нашем журнале – но уже не в обязательном порядке, а по желанию авторов. Для желающих достаточно сделать заявку в редакцию.

Качество перевода. Нас не устраивает перевод аннотаций (и уж тем более – статей) с помощью электронных переводчиков. Если вы не уверены в своем переводе, лучше обратитесь за помощью в редакцию. Лучше не предоставить никакого перевода, чем перевод низкого качества.

Качество рисунков. Рисунок должен оставаться качественным при увеличении. Не забывайте о том, что статья будет опубликована не только в бумажной, но и в электронной версии.

Качество текстов. При рассмотрении рукописи авторитет и заслуги автора статьи во внимание не принимаются – только качество присланного текста. Для этого введено двойное слепое рецензирование.

Слепое рецензирование. Два рецензента оценивают качество статьи, не зная, кто ее автор. В случае, если рецензент узнает автора, то рукопись автоматически передается другому рецензенту – из числа экспертов, сотрудничающих с журналом. Делается это для того, чтобы личные отношения не влияли на качество рецензии. Автор также не знает своего рецензента.

Помимо этого, правила публикации текстов предполагают их разнообразие. Поэтому **недопустима публикация двух статей одного автора в одном номере журнала.** То же правило распространяется и на соседние номера. Так мы поддерживаем разнообразие тем и авторов, исключая превращение журнала в издание, где постоянно публикуется десяток одних и тех же авторов. Исключение составляют статьи вне научных разделов, а также статьи, продолжающиеся из номера в номер. В качестве альтернативы публикации в нашем журнале мы можем предложить автору опубликоваться в другом журнале, с которым у нас заключен договор по обмену статьями.

Очередь. Сроки публикации зависят от количества (и качества) статей, предложенных редакции. Если статей много, они публикуются в порядке очередности, однако редакция оставляет за собой право печатать вне очереди те из них, которые считает наиболее значимыми.

Автор должен также подписать согласие на использование редакцией журнала "Известия УГГУ" его персональных данных.

Потери науки

Памяти Владимира Францевича Рудницкого (22.01.1949–27.06.2017)

27 июня 2017 г. ушел из жизни профессор кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых доктор геолого-минералогических наук Владимир Францевич Рудницкий.

Владимир Францевич родился 22 января 1949 г. в с. Краснокаменка Кокчетавской области Казахской ССР. После окончания школы поступил в Свердловский горный институт им. В. В. Вахрушева, который закончил в 1971 г. по специальности «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений» с присвоением квалификации горный инженер-геолог.

Свою трудовую деятельность В. Ф. Рудницкий начал на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых в должности инженера, в 1973–1976 гг. обучался в аспирантуре и в 1976 г. защитил кандидатскую диссертацию «Метаморфическая зональность пород колчеданных месторождений Красноуральского рудного района (Средний Урал)».

В 1973–1976 гг. – младший научный сотрудник, в 1977–1983 гг. – старший научный сотрудник кафедры, с 1983 г. – на преподавательской работе в должности доцента. Главным направлением его научных работ являлось исследование геологии уральских колчеданных месторождений. Одним из первых он обратил внимание на цикличное строение колчеданоносных разрезов и стратифицированное залегание ореолов околорудных изменений, указав на взаимосвязь цикличности вулканизма и гидротермальной деятельности. Главным достижением являлось оригинальное объяснение зональности строения колчеданных залежей за счет гравитационной дифференциации рудного вещества. Выполнив петрогеохимические расчеты, установил заимствование рудных элементов из вмещающих пород и показал участие в рудообразовании вадозных вод, обосновав, таким образом, квазиэлизионную модель формирования медноколчеданных месторождений уральского типа. Все эти научные идеи были положены в основу докторской диссертации «Палеовулканические и палеогидротермальные условия формирования уральских колчеданных месторождений», защищенной в 1988 г.

С 1989 по 1992 г. Владимир Францевич Рудницкий – профессор, а с 1992 г. – заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых, с 1999г. в связи со слиянием кафедр – профессор кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Его главными учебными курсами являются «Геология полезных ископаемых» и «Методы изучения МПИ». В 2015 г третьим изданием, исправленным и дополненным, выходит учебное пособие «Основы учения о полезных ископаемых», одно из немногих в России.

Итогом научных исследований становятся научная монография «Палеовулканический анализ как метод изучения месторождений полезных ископаемых» (2008) и многочисленные научные статьи в изданиях самого высокого ранга. Своими знаниями он щедро делился как со студентами, выпускниками кафедры, так и аспирантами и соискателями: под его руководством защищены несколько кандидатских диссертаций.

Заслуги В. Ф. Рудницкого в области геологии отмечены МПР РФ знаком «Отличник разведки недр» (2009); памятной медалью «В. И. Смирнов. 100 лет» (2010).

Светлая память о замечательном учителе и большом ученом Владимире Францевиче Рудницком сохранится в сердцах и делах его коллег и учеников.

Коллектив кафедры ГПР МПИ

Ответственный секретарь Шорин А. Г.
Перевод Шиварёва Е. П., Удачиной Н. А.
Редакторы Шорина Э. В., Безруких А. П.
Верстка Шориной Э. В.
Корректура Пихтовниковой О. Г.

Подписано в печать 01.09.2017. Формат 60 × 84/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 16,28. Тираж 500. Заказ № 20.

Почтовый адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,
Уральский государственный горный университет, к. 3142.
Тел.: (343)251-15-95
E-mail: iuggu-journal@yandex.ru
http://iuggu.ru

Отпечатано в типографии
ООО "Издат-Принт"
394033, г. Воронеж, пр-т Ленинский, 119а

В октябре 2017 года исполняется 100 лет со дня начала занятий в Уральском горном институте

На обложке: первое здание городской публичной библиотеки им. В.Г . Белинского (ныне – областная библиотека для детей и молодежи им. В. П. Крапивина, адрес: г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 8), где 9 (22) октября 1917 года первый ректор Уральского горного института П. П. фон Веймарн провел заседание Совета института и Строительной комиссии, посвященное началу занятий. В этом номере читайте заключительную часть статьи А. Г. Шорина «Здания Уральского Горного»

На задней стороне обложки – фото П. П. фон Веймарна и страница из первого номера журнала «Известия Уральского горного института» (ныне – «Известия УГГУ»), где была опубликована речь фон Веймарна, произнесенная в Екатеринбурге 5 ноября 1918 года при открытии занятий в Уральском горном институте. Полный текст речи читайте в этом номере, в разделе "История УГГУ".